4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
S MEĐUNARODNIM SUDJELOVANJEM

HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA ~IZAZOVI I MOGUĆNOSTI

4th CROATIAN CONFERENCE ON WATER WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION

CROATIAN WATER AND EUROPEAN UNION ~CHALENGES AND POSSIBILITIES

ZBORNIK RADOVA/PROCEEDINGS

UREDNIK/EDITOR
DRAGUTIN GEREŠ

OPATIJA - CROATIA
Svibanj/May 17 - 19, 2007

Izdavač

HRVATSKE VODE
Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

Glavni i odgovorni urednik
Prof. dr. sc. DRAGUTIN GEREŠ

Likovno rješenje omota
Vladimir Buzolić-Stegu

Fotografija Opatije
Foto Luigi

Priprema i tisak
SVEUČILIŠNA TISKARA
Zagreb, Trg m. Tita 14

ISBN 978-953-96455-9-3
CIP zapis dostupan u računalnom katalogu
Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu
pod brojem 633362

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
4th CROATIAN CONFERENCE ON WATER

HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA
- IZAZOVI I MOGUĆNOSTI

CROATIAN WATER AND EUROPEAN UNION
- CHALENGES AND POSSIBILITIES

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

UREDNIK
EDITOR
DRAGUTIN GEREŠ

OPATIJA 2007.

SADRŽAJ

Uvod ..... **XV**

REFERATI PO POZIVU

P 01. Zdravko Krmek, Slavko Rajnović, Siniša Širac, Danko Biondić
Strategija upravljanja vodama **19**

P 02. Nikola Ružinski
Vode u Hrvatskoj i približavanje Europi **27**

P 03. Philip Weller
Lessons for Croatia from River Basin Management in the World's Most International River -The Danube **33**

P 04. Ognjen Bonacci
Odnos antropogenih djelatnosti i globalnih promjena **37**

P 05. Hermann H. Hahn
Life-long education - water specialists will not survive without **47**

TEMA 1 - SUSTAVNO PRAĆENJE VODNOG REŽIMA SLATKIH VODA I STANJA MORA

R 1.01. Tahir Arbneshi, Naser Troni, Liridon Berisha
The surface water quality in Kosova **61**

R 1.02. Tahir Arbneshi, Fatos Rexhepi, Albana Veseli, Hilmi Hasimja
Heavy metals concentration (Pb, Cd, Zn and Cu) in water samples of Iber river **69**

R 1.03. Sunčica Bosak, Sonja Hrestak, Zrinka Burić, Katarina Caput-Mihalić, Damir Viličić, Senka Terzić, Marina Carić
Raspodjela fitoplanktona u uvjetima limitiranosti dušikom u estuariju Zrmanje **75**

R 1.04. Elvira Bura-Nakić, Irena Ciglenečki, N Bošković, Zrinka Burić, Božena Ćosović
Sezonska i okomita raspodjela organske tvari i reduciranih sumpornih vrsta u vodenom stupcu Rogozničkog jezera **85**

R 1.05. Dalibor Carević, Damir Bekić, Neven Kuspilić
Mjerenje morskih struja akustičkim strujomjerom s čamca **91**

R 1.06. Srđan Čupić, Nenad Domijan, Hrvoje Mihanović, Nenad Leder, Goran Strinić, Zvonko Gržetić
Novi pristup mjerenju razine mora: primjer mareografske stanice Split-luka **99**

R 1.07. Željka Cvrković, Damir Krznarić, Vera Santo, Marijan Šeruga, Božena Ćosović
Karakterizacija organskih tvari u vodama rijeka Drave i Dunava **107**

R 1.08. Jelena Dautović, Vibor Roje, Sonja Kozar, Željka Fiket, Nevenka Mikac
Otopljeni tragovi metala u nekim rijekama i jezerima s područja Republike Hrvatske **115**

R 1.09. Tanja Ecimović, Sanja Sever, Krešimir Maldini, Marija Marijanović Rajčić
Koncetracija dušikovih spojeva na 3 mjerne postaje na rijeci Savi **123**

R 1.10. Goran Gjetvaj, Zvonimir Tomašić, Diana Šustić
Infiltracija vode iz odteretnog kanala Odra u zagrebački aluvij **129**

R 1.11. Bojana Horvat, Ognjen Bonacci
Površinska tempeteratura kao ulazni parametar pri određivanju stvarne evapotranspiracije **137**

R 1.12. Vlatko Kadić, Darko Barbalić, Tina Miholić
Hidromorfološki utjecaji na stanje vodotoka - sliv Kupe **145**

R 1.13. Neven Kuspilić, Damir Bekić, Dalibor Carević
Praćenje hidromorfoloških parametara prokopa na Dravi kod Nemetina **153**

R 1.14. Zlatko Mihaljević, Mladen Kerovec i Ivančica Ternje
Maločetinaši (Oligochaeta) kao pokazatelji trofije akumulacija na rijeci Dravi **163**

R 1.15. Marina Mlakar, Željko Kwokal
Važnost točnog određivanja prirodnih koncentracija tragova ekotoksičnih metala u vodama Republike Hrvatske **171**

R 1.16. Nataša Nimac, Borivoj Terek
Uvođenje novog sustava prikupljanja podataka s udaljenih hidroloških stanica u DHMZ-u **177**

R 1.17. Goran Olujić, Hrvoje Mihanović, Marina Carić, Zvonko Gržetić
Izmjena vode u stratificiranom estuariju Zrmanje **185**

R 1.18. Mladen Petričec, Mirjana Švonja, Ksenija Cesarec, Vedrana Ričković, Tanja Lubura Matković, Renata Vidaković Šutić, Ivana Ivanković
Male vode Dalmacije **193**

R 1.19. Robert Precali, Tamara Đakovac i Danilo Degobbis
Stanje i mehanizmi eutrofikacije otvorenih voda sjevernog Jadrana **203**

R 1.20. Josip Rubinić, Bojana Horvat, Mladen Kuhta, Andrej Stroj
Analiza izdašnosti priobalnih izvora na poručju opatije korištenjem termalnih infracrvenih satelitskih snimaka **211**

R 1.21. Tomislav Rukavina
Važnost monitoringa mikrobioloških indikatora u vodama priobalnih izvora **217**

R 1.22. Dagmar Šurmanović, Marija Jokić
Monitoring bioloških pokazatelja stanja u kopnenim vodama **223**

R 1.23. Emir Temimović
Režim tekućica u poriječju Sane **231**

R 1.24. Damir Viličić, Ingrid Ivančić, Sunčica Bosak
Toksični dinoflagelati u Limskom kanalu **241**

R 1.25. Vjeročka Vojvodić, Elvira Bura-Nakić, Božena Ćosović, Jelena Dautović
Utjecaj onečišćenja organskom tvari voda rijeke Krke i srednjeg Jadrana **253**

TEMA 2 - POSEBNOSTI U ZAŠTITI OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA - POPLAVE, SUŠE

R 2.01. Marina Barbalić
Poplavne površine i potencijalne štete od poplava na slivu Krapine **263**

R 2.02. Čedomir Benac, Josip Rubinić, Igor Ružić, Ivan Celija
Geomorfološka evolucija riječnih ušća na Istarskom poluotoku **273**

R 2.03. Aleksandra Bensa, Željko Vidaček, Matko Bogunović, Mario Sraka
Pedološka suša na vodnim područjima primorsko istarskih i dalmatinskih slivova **281**

R 2.04. Ksenija Cindrić
Wet and dry spells over the Drava upstream in Croata **289**

R 2.05. Ranko Crmarić, Mladen Juračić , Čedomir Benac, Igor Ružić
Sedimentacija na ušću Dubračine i Novljanske Ričine, Vinodolski kanal **297**

R 2.06. Marjana Gajić-Čapka
Short-term heavy rainfalls and their causes, Istra, Croatia **303**

R 2.07. Stjepan Husnjak, Danijela Vrhovec
Opasnost erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištvu zapadne Panonske regije **309**

R 2.08. Marina Mileta
Maglena voda: količine i primjena **315**

R 2.09. Josip Petraš, Danko Biondić, Danko Holjević
Upravljanje, kontrola, ublažavanje, zaštita i obrana od poplava **321**

R 2.10. Lidija Tadić, Marija Šperac, Zdenko Tadić, Davor Haničar
Hidrološka analiza poplava na Dunavu 2006.godine **329**

R 2.11. Mijo Vranješ, Damir Vidoš, Berislav Glavaš
Stanje sedimenata u donjoj Neretvi **337**

R 2.12. Ranko Žugaj, Krešimir Plantić, Željko Štefanek
Velike vode Medvednice **345**

TEMA 3 - SUSTAVI VODOOPSKRBE I ODVODNJE OTPADNIH VODA - ODNOS KOMUNALNOG I VODNOGOSPODARSKOG SEKTORA

R 3.01. Branka Beović
Benchamirking u vodoopskrbi i odvodnji **355**

R 3.02. Bojana Hajduk Černeha, Josip Rubinić, Nataša Mihelčić
Akumulacija Butoniga - problemi bilance i kakvoće vode **361**

R 3.03. Višnja Hinić, Alenka Turković-Juričić, Ervino Mrak
Upravljanje vodoopskrbom sliva izvorišta do slavine potrošača u vodovodnom sustavu Liburnije i zaleđa **371**

R 3.04. Andreja Ivezić
Primjena međunarodne norme ISO 22000 u sustavima vodoopskrbe **379**

R 3.05. Suvada Jusić
Novi tokovi u vodovodnoj praksi filtriranja **385**

R 3.06. Krešimir Košutić, Davor Dolar, Branko Kunst
Ukljanjanje novih organskih mikrozagađivala iz voda primjenom nanofiltracije i reverzne osmoze nanofiltracije i reverzne osmoze **393**

R 3.07. Goran Lončar, Vladimir Andročec, Goran Gjetvaj
Prilog određivanju koeficijenta odumiranja fekalnih koliforma za uvjete Jadrana **399**

R 3.08 Zijah Mahmutspahić
Razdvojena naknada za vodnu uslugu odvodnje i pročišćavanaj otpadnih voda **407**

R 3.09. Tatjana Mijušković-Svetinović, Siniša Maričić, Dražen Vouk
Kontrola urbanog zagađenja **413**

R 3.10. Branka Pivčević, Ivana Skukan, Tvrtko Smital
Određivanje koncetracije ksenoestrogena u otpadnim vodama grada Čakovca biotestom „Yes“ **419**

R 3.11. Ivica Popović, Sandra Šturlan Popović, Sanja Barbalić
Određivanje aglomeracija prema direktivi o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda u Republici Hrvatskoj **427**

R 3.12. Nenad Ravlić, Marijan Babić, Ivica Plišić, Branka Beović
Optimizacija korištenja regionalnog sustava vodoopskrbe u Istarskoj županiji **439**

R 3.13. Josip Rubinić, Tatjana Travica, Igor Ružić, Maja Oštrić
Hidrologija krških priobalnih izvora s područja Novog Vinodolskog i Podvelebitskog primorja **447**

R 3.14. Josip Rubinić, Maja Oštrić, Bojana Horvat
Primjena geostatističkih analiza na primjeru krške akumulacije Ponikve **455**

R 3.15. Ivan Senta, Senka Terzić, Marijan Ahel
Farmaceutski spojevi - zanemarena kategorija zagađivala u komunalnim otpadnim vodama **465**

R 3.16. Božidar Stilinović, Jasna Hrenović, Goran Gjetvaj, Vladimir Andročec, Nikola Ružinski, Aleksandra Anić-Vučinić
Ammonia removal from wastewaters of Zagreb in a pilot scale constructed wetland **473**

R 3.17. Branka Trček, Josip Rubinić, Tatjana Travica, Mladen Nežić
Usporedba režima izvora Hubelj (Slovenija) i Gradole (Hrvatska) i mogućnosti razvoja korištenja **483**

R 3.18. Boško Varićak-Keranović
Kaptirani izvor u selu krš **491**

R 3.19. Dražen Vouk, Davor Malus
Smjernice pri odabiru optimalnog sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda u ruralnim naseljima **497**

R 3.20. Mihaela Zamolo
Uporabljivost cijevi za vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda u skladu sa zahtjevima EU i RH **505**

TEMA 4 - ULOGA VODNOGA GOSPODARSTVA U RAZVITKU OSTALIH GOSPODARSKIH GRANA

R 4.01. Nihada Ahmetović, Husejin Keran, Ademir Ahmetović
Higijenska ispravnost vode za kupanje u Panonskom slanom jezeru Tuzla **513**

R 4.02. Damir Kapetanović, Marija Tomec, Emin Teskeredžić
Kontrola kakvoće vode u uzgoju kalifornijske pastrve (Oncorhynchus mykiss walbum) **519**

R 4.03. Katerina Donevska, Angelco Panov
Climate change impact on irrigation water requirements in Pelagonia region **527**

R 4.04. Robert Kartelo, Hrvoje Meštrović, Davor Delić
Integralni sustav upravljanja projektima na poslovima održavanja i obnavljanja vodnogospodarskih sustava i objekata - pilot projekt **537**

R 4.05. Elvis Kešetović
Kvaliteta vode za navodnjavanje **547**

R 4.06. Elvis Kešetović, Ivica Mustač
Plan navodnjavanja Međimurske županije i Pilot projekt navodnjavanja u Međimurju **559**

R 4.07. Zorko Kos, Senko Vlah
Navodnjavanje i organizacija poljoprivredne proizvodnje u Hrvatskoj i Europskoj uniji **571**

R 4.08. Maja Lamza - Maronić, Jerko Glavaš
Vodno gospodarstvo u funkciji razvoja Osječko-Baranjske županije **579**

R 4.09. Josip Marušić, Berislav Brkić, Ivan Kolovrat
Višenamjenski kanal Dunav-Sava u sustavu europske mreže unutarnjih plovnih putova **587**

R 4.10. Josip Marušić, Davor Romić 1
Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama **595**

R 4.11. Nevenka Ožanić, Barbara Karleuša, Josip Rubinić, Danko Holjević
Posebnosti planiranja navodnjavanja u priobalnim područjima - primjer Primorsko-goranske županije **607**

R 4.12. Dragutin Petošić, Frane Tomić, Ivan Mustać, Dragutin Dolanjski, Ivo Stričević, Davor Dević
Monitoring vodnog režima poljoprivrednih tala u području VKDS-a **617**

R 4.13. Aco Šikanić, Stanislav Ružić, Goran Zrinski
Prijedlog zaštite vodotoka od neželjenog onečišćenja **627**

R 4.14. Ivan Šimunić, Stjepan Husnjak, Ankica Senta, Krešo Pandžić, Franjo Tomić, Tanja Likso
Potreba i mogućnosti navodnjavanja poljoprivrednih kultura uz područje rijeke Drave **639**

R 4.15. Željko Vidaček, Matko Bogunović, Stjepan Husnjak, Mario Sraka, Aleksandra Bensa
Hidropedeološka karta vodnih područja primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova **647**

R 4.16. Mijo Vranješ, Igor Ljubenkov, Hrvoje Gotovac, Roko Andričević
Zaslanjivanje donje Neretve - monitoring i modeliranje **657**

R 4.17. Branko Vujasinović
Vodograđevni radovi u Hrvatskoj od 16. do polovine 18. stoljeća **665**

R 4.18. Željka Zgorelec, Milan Mesić, Ferdo Bašić, Ivica Kisić, Anđelko Butorac, Ivan Gašpar
Utjecaj gnojidbe i biljnog pokrova na gubitak dušika vodom iz tla **671**

TEMA 5 - PROBLEMATIKA ZAŠTIĆENIH PODRUČJA - KRITERIJI, MONITORING I RJEŠENJA

R 5.01. Sanja Barbalić, Đorđa Medić
Osjetljiva i ranjiva područja **681**

R 5.02. Blanka Bobetko-Majstorović
Kakvoća voda u Sisačko-Moslavačkoj županiji i parku prirode Lonjsko polje **687**

R 5.03. Hasija Busuladžić, Haša Bajraktarević-Dobran
Kvaliteta vode izvorišta Sarajevsko polje i prijedlog monitoringa **697**

R 5.04. Emina Hadžić
Problematika izvorišta podzemnih voda u Sarajevskom polju **705**

R 5.05. Sanja Iveglija Čorak , Nives Klobučar, Barbara Karleuša,Velimir Labinac
Dispozicija oborinskih voda s prometnica u vodotoke u uvjetima ograničenja **713**

R 5.06. Maja Kerovec,Stjepan Mišetić, Melita Mihaljević, Koni Čargonja - Reicher
Pristup revitalizaciji vlažnih staništa donjeg toka rijeke Drave **723**

R 5.07. Axel Luttenberger
Legal requirements for special areas and particulary sensitive sea areas **729**

R 5.08. Karolina Maduna Valkaj, Stanka Zrnčević
Katalitička obrada otpadnih voda zagađenih fenolom **735**

R 5.09. M Mandić, D Bojić, HO Lutz, Sanja Kapelj, Z Roller-Lutz
Hrvatski laboratorij za analizu izotopnih omjera lakih elemenata (H,O,C,...) **745**

R 5.10. Melita Mihaljević, Jasna Vidaković, Irella Bogut, Dubravka Čerba, Goran Palijan, Filip Stević
Zaštićeno područje Križnice-ekološko stanje i mogućnosti revitalizacije stare Drave **751**

R 5.11. Palma Orlović-Leko, Elvira Bura-Nakić, Marta Plavšić, Zlatica Kozarac i Božena Ćosović
Organska tvar u oborinama priobalnog i kontinentalnog područja **763**

R 5.12. Dinka Pašić-Škripić, Izet Žigić
Uticaj promjene nivoa podzemne vode na slijeganje terena uslijed eksploatacije ležišta soli **771**

R 5.13. Natalija Pavlus, Andrijana Brozinčević, Maja Stojanovska
Praćenje biokemijskih parametara u vodama Plitvičkih jezera u 2006. godini **779**

R 5.14. Želimir Pekaš, Željka Brkić
Crpilište Regionalnog vodovoda istočne Slavonije - rezultati tridesetogodišnih istraživanja **787**

R 5.15. Zdenko Tadić, Ivan Radeljak, Antonija Barišić - Lasović, Eldar Ibrahimović
Revitalizacija područja Križnice **797**

R 5.16. Zdenko Tadić, Ivan Radeljak, Barbara Županić, Lidija Tadić, Željko Duić
Mogućnosti navodnjavanja u zonama sanitarne zaštite izvorišta vodoopskrbe na području Osiječko-Baranjske županije 805

R 5.17. Izet Žigić, Dinka Pašić-Škripić
Prirast nivoa podzemne vode prestankom eksploatacije soli u Tuzli 813

TEMA 6 - VODNOGOSPODARSKO PLANIRANJE I RAZVOJ - MEĐUNARODNA SURADNJA, OBRAZOVANJE KADROVA I SUDJELOVANJE JAVNOSTI U ODNOSU NA SMJERNICE EUROPSKE UNIJE

R 6.01. Roberta Abdulaj, Dane Ličina
Ustrojstvo hidrološke GIS baze podataka DHMZ-a 823

R 6.02. Darko Barbalić, Tina Miholić, Marina Barbalić
Tipizacija površinskih voda sliva rijeke Save.....831

R 6.03. Darko Barbalić, Danko Biondić, Sanja Barbalić
Doprinos metodologiji određivanja cjelina površinskih voda u Hrvatskoj.....839

R 6.04. Hans Bruins, Gorana Ćosić-Flajsig, Davorin Singer
Usklađivanje s Europskom direktivom o pročišćavanju otpadnih voda u Hrvatskoj 847

R 6.05. Neven Bujas, Jasmina Antolić, Đorđa Medić, Alena Vlašić
Direktiva o ispuštanju opasnih tvari u vode.....857

R 6.06. Toni Carević, Damir Jukić, Mirjana Švonja
Proces otvorenog planiranja kao dio integralnog pristupa gospodarenju vodnim resursima.....863

R 6.07. Ksenija Cesarec, Sandra Jurela
Suradnja sa susjednim zemljama na vodotocima od zajedničkog interesa.....869

R 6.08. Daria Čupić, Alena Vlašić
Potencijalni pritisci od gospodarskih djelatnosti i njihov utjecaj prema WFD.....879

R 6.09. Ružica Ćurić-Batan, Tomislav Madžar
Prihodi i rashodi Hrvatskih voda- usklada sa EU direktivama.....889

R 6.10. Katarina David, Ross Best
Case study: remediation and prevention of contaminated water discharging into a tidal waterway at Tempe, NSW 897

R 6.11. Aleksandra Deluka-Tibljaš, Barbara Karleuša, Nevenka Ožanić
Bolonjski studiji i nastava hidrotehnike na građevinskom fakultetu u Rijeci 905

R 6.12. Olivera Gavrilović, Milena Bečelić
Metodologija naplate naknade kao instrument upravljanja kvalitetom voda - novi pristup.....913

R 6.13. Dragutin Gereš
Održivi razvoj vodnih resursa i vodnog gospodarstva Hrvatske 921

R 6.14. Damir Jukić, Toni Carević, Mirjana Švonja
Prijedlog plana upravljanja slivnim područjem rijeke Krke 931

R 6.15. Barbara Karleuša, Boris Beraković, Nevenka Ožanić
Primjena ekspertnih sustava u gospodarenju vodama.....937

R 6.16. Miron Kovačić, Dušan Rajver
Zaštita geotermalnih voda u Hrvatsko-Slovenskom graničnom području.....**946**

R 6.17. Duška Kunštek, Eva Ocvirk, Carević Dalibor, Kristina Novak, Ivan Halkijević
Implementacija znanja i tehnika informatičke znanosti u „CRRS“ modele.....**953**

R 6.18. Josip Marušić
Novi sveučilišni studiji građevinarstva na hidrotehničkom smjeru Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu od akad.god. 2005./06. .....**961**

R 6.19. Ivo Mijoč, Dražen Ćućić, Krešimir Belčić
Neke implikacije oko primjenjivosti međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja u Hrvatskim vodama.....**971**

R 6.20. Norman Sheridan
Transposition of the Water Framework Directive into Croatian Legislation.....**977**

R 6.21 Ljudevit Tropan, Branka Beović
Odnosi s javnošću u vodnom gospodarstvu.....**983**

R 6.22. Gordan Vukelić, Danilo Dolinar, Meta Gorišek
Iskustva Slovenije i tvrtke Hidroinženiring na implementaciji EU bespovratnih sredstava **991**

R 6.23. Davorin Žugčić, Zvonko Varga, Dejan Kovačević
Usklađivanje s europskim normizacijskim sustavom u području vodoopskrbe i odvodnje.....**1003**

KAZALO AUTORA **1009**

UVOD

Četvrta hrvatska konferencija o vodama s osnovnom temom HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI, održana je od 17. do 19. svibnja 2007. godine u Opatiji. U šest znanstvenih i stručnih tema konferencije raspravljalo se o vodi, vodnom bogatstvu, integralnom upravljanju vodama slivnog područja, dinamici ostvarenja prilagodbe vodnoj politici Europske unije, pitanjima međunarodne suradnje u vodnom sektoru, demokratizaciji upravljanja vodama, ulozi znanosti te o pitanjima uloge javnog i privatnog partnerstva u gospodarenju vodnim resursima.

Konferencija je omogućila sveobuhvatnu i interdisciplinarnu raspravu o svim pitanjima voda između korisnika voda i onih koji upravljaju vodama, znanstvenika i stručnjaka, tj. raspravljalo se o strateškim, taktičnim i operativnim smjerovima upravljanja vodnim bogatstvom Republike Hrvatske. Naredni je cilj konferencije bio otvorena rasprava o izboru okvira nacionalne vodne politike u svjetlu Acquis communautaire - pravne stečevine Europske unije. Konferencija o vodama se obratila širokom krugu zainteresiranih za pitanja voda, vodnom gospodarstvu, inženjerskim tvrtkama, stručnim udrugama, poljoprivrednom energetskom i industrijskom sektoru, javnom i privatnom sektoru, istraživačima i praktičarima svih područja koji se bave vodama te cjelokupnoj javnosti. Konferencija je omogućila izmjenu novih saznanja o upravljanju vodama, kao procesu djelovanja političkih, ekonomskih i administrativnih sustava društva, koji na bilo koji način sudjeluju u razvoju upravljanja i iskorištavanja vodnih resursa, te koji pružaju ili primaju vodne usluge opskrbe vodom, zaštite voda i zaštite od štetnog djelovanja voda.

Primarna poruka 4. hrvatske konferencije o vodama je o stanju voda i vodnoga gospodarstva u Hrvatskoj i putu u europsku budućnost. Na četvrtoj konferenciji smo konkretizirali naše napore u Hrvatskoj za osiguranjem održivog razvoja društva i ulogu vode u tom razvoju.

Osim znanstvenika i stručnjaka iz Hrvatske na konferenciji su sudjelovali i eksperti iz europskih zemalja, koji su iznijeli vlastita iskustva i stavove o problematici upravljanja vodama, te time doprinijeli značenju i uspjehu konferencije.

Organizatori konferencije:

Hrvatski savez građevinskih inženjera, Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje, Hrvatsko biološko društvo, Hrvatsko društvo kemičara i tehnologa, Hrvatsko društvo za velike brane, Hrvatsko društvo za zaštitu voda, Hrvatsko ekološko društvo, Hrvatsko geografsko društvo, Hrvatsko geološko društvo, Hrvatsko hidrološko društvo, Hrvatsko ihtiološko društvo, Hrvatsko meteorološko društvo, Hrvatsko tloznanstveno društvo, Hrvatska udruga sanitarnih inženjera.

Pokrovitelji konferencije:

Konferencija se održava pod visokim pokroviteljstvom Predsjednika Republike Hrvatske gospodina Stjepana Mesića. Konferenciju podupiru kao pokrovitelji Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva i Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa. Glavni i tradicionalni pokrovitelj su Hrvatske vode, Zagreb.

Znanstveni odbor konferencije:

Prof. dr. sc. Dragutin Gereš - predsjednik, dr. sc. Danko Biondić, dr. sc. Nenad Domijan, dr. sc. Marjana Gajić-Čapka, dr. sc. Zlatica Kozarac, prof. dr. sc. Davor Malus, prof. dr. sc. Jure Margeta, prof. dr. sc. Josip Marušić, prof. dr. sc. Darko Mayer, doc. dr. sc. Zlatko Mihaljević, prof. dr. sc. Nevenka Ožanić, doc. dr. sc. Mladen Petričec, prof. dr. sc. Davor Romić, dr. sc. Siniša Širac, prof. dr. sc. Lidija Tadić, prof. dr. sc. Damir Viličić, doc. dr. sc. Tatjana Vlahović i prof. dr. sc. Ranko Žugaj.

Organizacijski odbor konferencije:

Mr. sc. Danko Holjević, Marko Ćorić, mr.sc. Gorana Ćosić-Flajsig, Stjepan Kamber, Željko Mažar, Ervino Mrak i mr.sc. Ivica Plišić.

Glavni tajnik:

Ljudevit Tropan

Zbornik radova sadrži 120 radova, izlaganih na 4. hrvatskoj konferenciji o vodama, koje je prihvatio Znanstveni odbor Konferencije. Članovi Znanstvenog odbora recenzirali su prihvaćene radove. Radovi su podijeljeni u referate po pozivu te u šest konferencijskih tema:

Referati po pozivu: 5 radova, voditelj i recenzent Dragutin Gereš.

Tema 1: Sustavno praćenje vodnog režima slatkih voda i stanja mora - 25 radova, voditelji i recenzenti: Nenad Domijan, Zlatica Kozarac, Zlatko Mihaljević, Damir Viličić i Ranko Žugaj.

Tema 2: Posebnosti u zaštiti od štetnog djelovanja voda - poplave, suše - 12 radova, voditelji i recenzenti: Marjana Gajić-Čapka, Lidija Tadić i Ranko Žugaj.

Tema 3: Sustavi vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda - odnos komunalnog i vodnogospodarskog sektora - 20 radova, voditelji i recenzenti: Davor Malus, Jure Margeta i Siniša Širac.

Tema 4: Uloga vodnoga gospodarstva u razvitku ostalih gospodarskih grana - 18 radova, voditelji i recenzenti: Dragutin Gereš, Josip Marušić i DavorRomić.

Tema 5: Problematika zaštićenih područja - kriteriji, monitoring i rješenja - 17 radova, voditelji i recenzenti: Darko Mayer, Zlatko Mihaljević i Tatjana Vlahović.

Tema 6: Vodnogospodarsko planiranje i razvoj - međunarodna suradnja, obrazovanje kadrova i sudjelovanje javnosti u odnosu na smjernice Europske unije - 23 rada, voditelji i recenzenti: Danko Biondić, Nevenka Ožanić i Mladen Petričec.

Organizatori 4. hrvatske konferencije o vodama i izdavač Zbornika radova zahvaljuju visokom pokrovitelju, pokroviteljima te glavnom i tradicionalnm pokrovitelju. Organizatori zahvaljuju cijenjenim autorima radova, voditeljima tema i recenzentima, sponzorima te ostalim sudionicima na njihovom doprinosu uspjehu 4. hrvatske konferencije o vodama.

Prof. dr. sc. ***Dragutin Gereš***

predsjednik Znanstvenog odbora konferencije i
glavni i odgovorni urednik Zbornika radova

REFERATI PO POZIVU

Voditelj i recenzent teme:
prof. dr. sc. Dragutin Gereš

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

P 01.

STRATEGIJA UPRAVLJANJA VODAMA

Zdravko Krmek, Slavko Rajnović, Siniša Širac, Danko Biondić

SAŽETAK: U radu se opisuje Strategija upravljanja vodama, temeljni strateški dokument vodnoga gospodarstva kojim su definirani legislativni, organizacijski, financijski, tehnički, znanstvenoistraživački i informatički okviri njegova djelovanja u sadašnjim društveno-gospodarskim okolnostima pristupnog procesa Republike Hrvatske Europskoj uniji, te u budućim okolnostima punopravnog članstva.

KLJUČNE RIJEČI: Strategija upravljanja vodama, zaštita od poplava i drugih oblika štetnoga djelovanja voda, javna vodoopskrba i drugi oblici korištenja voda, odvodnja i pročišćavanje komunalnih otpadnih voda, zaštićena područja.

WATER MANAGEMENT STRATEGY

SUMMARY: The paper describes The Water Management Strategy, a basic strategic document of water management defining the legislative, organizational, financial, technical, scientific-research, and IT aspects of water management activities in the present socio-economic circumstances of the accession process of the Republic of Croatia to the European Union, and in future circumstances of full membership.

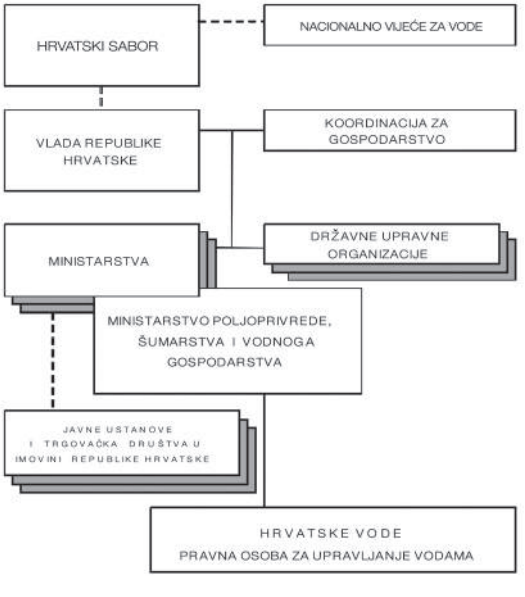
KEYWORDS: Water Management Strategy, Protection against floods and other adverse effects of water, Public water supply and other forms of water use, Sewerage and treatment of urban wastewater, Protected areas.

1. Uvod

Na temelju odredbi Zakona o vodama (NN 107/95, NN 105/05) Strategija upravljanja vodama dugoročni je planski dokument kojim se utvrđuju vizija, misija, ciljevi i zadaće državne politike u upravljanju vodama. Ona daje strateška opredjeljenja i smjernice razvoja vodnoga gospodarstva polazeći od zatečenog stanja vodnog sektora, razvojnih potreba, gospodarskih mogućnosti, međunarodnih obveza, te potreba za očuvanjem i unapređenjem stanja voda, te vodnih i o vodi ovisnih ekosustava. Njezin je sadržaj usklađen s relevantnim direktivama Europske unije, te stoga čini osnovnu podlogu za pripremu pregovaračkih stajališta za pristupne pregovore, ali isto tako i jednu od podloga za pripremu aplikacija

za korištenje sredstvima iz pretpristupnih fondova Europske unije. Strategija upravljanja vodama dokument je na temelju kojeg će se provoditi reforme vodnog sektora kako bi se dostigli europski standardi u upravljanju vodama, pa stoga čini osnovnu podlogu za postupne izmjene i dopune Zakona o vodama i Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva i pripadajućih podzakonskih akata, čije se konačno donošenje prema dinamici pristupnih pregovora s Europskom unijom očekuje do kraja 2008. godine. Strategija upravljanja vodama također je okvir za pripremu strategija i planova prostornog uređenja, zaštite okoliša, zaštite prirode i razvoja ostalih sektora koji ovise o vodama ili utječu na stanje voda (poljoprivreda, šumarstvo, ribarstvo, industrija, energetika, promet, turizam, javno zdravstvo i drugo). Donosi je Hrvatski sabor, a vrijedi sve dok su na snazi pretpostavke pod kojima je donesena, uz uvažavanje razdoblja pravne prilagodbe do kraja 2008. godine i trajanja prvog petnaestogodišnjeg investicijskog ciklusa do kraja 2023. godine.

Prijedlog Strategije upravljanja vodama izradili su djelatnici svih ustrojbenih jedinica Hrvatskih voda u suradnji s djelatnicima Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva, te uz sudjelovanje osamnaest relevantnih znanstvenih i stručnih institucija i devet uglednih konzultanata. Prijedlog dokumenta bio je dovršen i prvi puta službeno predstavljen zainteresiranoj javnosti u srpnju 2005. godine. Nakon toga njegovi su pojedini dijelovi korigirani na temelju primjedbi i sugestija dobivenih tijekom vladine procedure i prvog saborskog čitanja u veljači godine 2006., te tijekom javnih rasprava, javnih uvida i javnih prezentacija provedenih širom Hrvatske tijekom 2006. godine. Radne verzije prijedloga dokumenta se od sredine prosinca 2005. nalaze na web stranicama Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva i Hrvatskih voda, čime se osiguralo maksimalno moguće uključenje zainteresirane javnosti u postupak njegova konačnog usklađivanja. Tijekom srpnja i kolovoza 2006. godine dokument je recenziralo 11 uglednih stručnjaka i znanstvenika. Namjera je da se poradi iznimne važnosti problematike u konačnici donese kvalitetan dokument širokim konsenzusom u redovitoj saborskoj proceduri.



Slika 1.: Upravljanje vodama u državnom ustroju

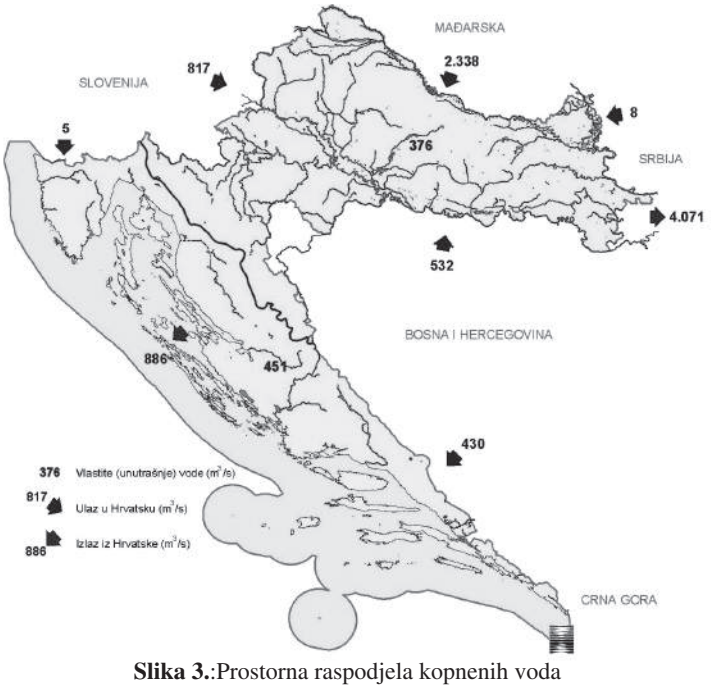
Vodnogospodarska ispostava za slivno područje:		
1.1	Bić-Bosut	ZV
1.2	Brodska Posavina	ZP
1.3	Orljava-Londža	ZO
1.4	Šumetlica-Crnac	ZC
1.5	Subocka-Strug	ZN
1.6	Ilova-Pakra	ZI
1.7	Česma-Glogovnica	ZČ
1.8	Zelina-Lonja	ZL
1.9	Lonja-Trebež	ZT
1.10	Banovina	ZB
1.11	Kupa	ZK
1.12	Krapina-Sutla	ZS
2.1	Vuka	OV
2.2	Baranja	OB
2.3	Karašica-Vučica	OK
2.4	Županijski kanal	OŽ
2.5	Bistra	OĐ
2.6	Plitvica-Bednja	OP
2.7	Međimurje	OM
3.1	Mirna-Dragonja	RM
3.2	Raša-Boljunčica	RB
3.3	Kvarnersko primorje i otoci	RK
3.4	Lika, Podvelebitsko primorje i otoci	RL
3.5	Gorski kotar	RG
4.1	Zrmanja-zadarsko primorje	SZ
4.2	Krka-šibensko primorje	SK
4.3	Cetina	SC
4.4	Srednje dalmatinsko primorje-otoci	SS
4.5	Vrljika	SV
4.6	Matica	SM
4.7	Neretva-Korčula	SN
4.8	Dubrovačko primorje	SD

Slika 2.:Teritorijalni okvir upravljanja vodama

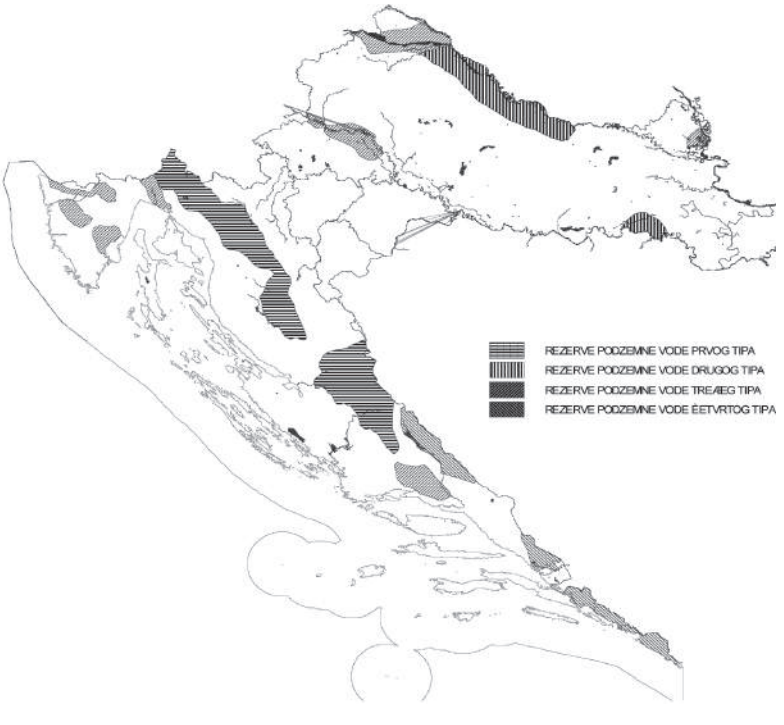
2.Stanje vodnih resursa

Provedene analize postojećega stanja i razvojnih potreba pokazale su da Hrvatska raspolaže dovoljnim količinama vode za svoje potrebe, te da vodni resursi svojom količinom i kakvoćom nisu ograničavajući čimbenik gospodarskoga razvoja. No, zbog izražene vremenske i prostorne neravnomjernosti vodnog režima, učinkovito i ekološki prihvatljivo upravljanje vodama zahtijeva sustavna ulaganja u razvoj i redovita održavanja funkcionalnosti vodnogospodarskih sustava. Analize su također pokazale da je zbog dijelom nesaniranih ratnih šteta, te zbog duljeg razdoblja nedovoljnih ulaganja u razvoj i redovita održavanja zaštitnih sustava u znatnoj mjeri smanjena sigurnost stanovništva i dobara na mnogim područjima koja su potencijalno izložena poplavama.

Podzemne vode, kao jedna od komponenata ukupne vodne bilance, imaju posebnu važnost jer su najvažnija izvorišta javne vodoopskrbe. Obnovljive zalihe podzemne vode u Republici Hrvatskoj procjenjuju se na oko 9 milijardi m^3/godišnje.



Slika 3.:Prostorna raspodjela kopnenih voda



Slika 4.:Strateške rezerve podzemnih voda

3. Stanje upravljanja vodama i strateški ciljevi

Temeljni cilj Strategije upravljanja vodama jest postizanje cjelovitog i usklađenog vodnog režima na državnom teritoriju i na svakom od četiriju vodnih područja, što uključuje:

- osiguranje dovoljnih količina kvalitetne pitke vode za vodoopskrbu stanovništva,
- osiguranje potrebnih količina vode odgovarajuće kakvoće za različite gospodarske namjene,
- zaštitu ljudi i materijalnih dobara od poplava i drugih oblika štetnoga djelovanja voda,
- postizanje i očuvanje dobrog stanja voda zbog zaštite vodnih i o vodi ovisnih ekosustava.

Strateški ciljevi sistematizirani su po osnovnim vodnogospodarskim djelatnostima od javnog interesa, zaštiti od poplava i drugih oblika štetnoga djelovanja voda, javnoj vodoopskrbi i zaštiti voda, što je omogućilo procjenjivanje troškova implementacije pojedinih mjera i predlaganje načina njihove provedbe. Kao osnovica za planiranje realno ostvarivih ciljeva odabran je uobičajeni investicijski ciklus od 15 godina (5 godina ulaganja i 10 godina povrata zajmova). Razvojne platforme za ostala korištenja voda najvećim dijelom od tržišnog interesa (proizvodnja električne energije, navodnjavanje, unutrašnji plovni putovi, uzgoj riba i školjaka, šport, kupanje i rekreacija na vodi, korištenja mineralnih i geotermalnih voda, korištenja voda za hlađenje, korištenja voda za prodaju na tržištu) definirat će za to nadležne institucije. Vodnogospodarski sektor pri tome će surađivati vodeći računa o višenamjenskom značenju pojedinih sustava, te o njihovim utjecajima na vodni režim, vodne ekosustave i ekosustave ovisne o vodi.

Strateški cilj zaštite od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda jest obnova zaštitnih sustava u državi do 2010. godine na stanje na kojima su bili 1990. godine prije ratnih razaranja i smanjenja financijskih sredstava za njihova redovita održavanja i daljnji razvitak. Do 2025. godine sustavi će se kapitalnim razvojnim ulaganjima dograđivati i dovesti do stanja koje je primjereno europskim standardima.

Slika 5.: Stanje zaštite od poplava

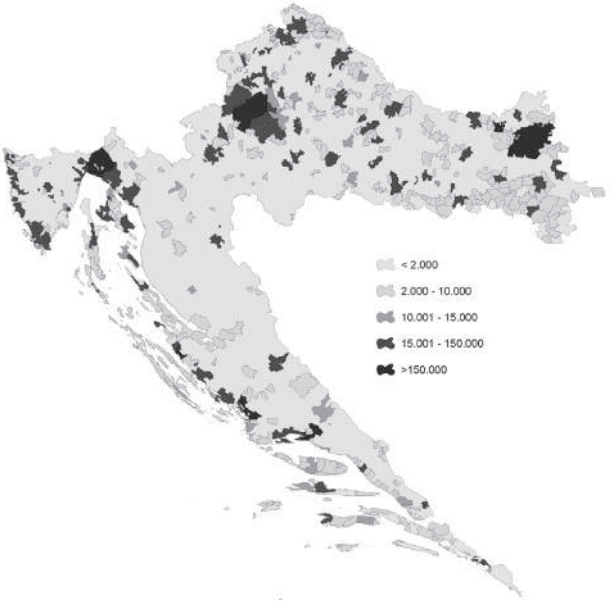
Strateški cilj razvoja javne vodoopskrbe jest povećanje stupnja opskrbljenosti stanovništva vodom iz javnih vodoopskrbnih sustava sa sadašnjih 76% na 85 do 90% do 2020. godine, što je primjereno europskim standardima. Također je predviđeno intenziviranje aktivnosti na utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta i provedbi odgovarajućih zaštitnih mjera, zatim intenziviranje aktivnosti na unaprjeđivanju kondicioniranja vode za piće sukladno zahtjevima Direktive o vodi za piće Europske unije, te intenziviranje aktivnosti na sanaciji gubitaka iz distribucijskih vodoopskrbnih mreža. S obzirom na problematiku vezanu uz postojeće stanje vodnokomunalnog gospodarstva, intenzivno će se raditi na njegovu okrupnjavanju, odnosno na određivanju distribucijskih/uslužnih područja kao tehnološko-ekonomski održivih cjelina.

Slika 6.:Stanje javne vodoopskrbe

Strateški cilj zaštite voda jest intenzivno građenje i rekonstrukcije sustava javne odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda čime će se do 2020. godine u potpunosti riješiti navedena problematika na:

- oko 70 % sustava kojima gravitira od 2.000 do 10.000 stanovnika,
- oko 77 % sustava kojima gravitira od 10.000 do 15.000 stanovnika,
- oko 100 % sustava kojima gravitira više od 15.000 stanovnika.

Uglavnom se planira izgradnja II. stupnja čišćenja otpadnih voda, osim u priobalnim područjima manje osjetljivosti na kojima je predviđen I. stupanj. Time će se razina priključenosti stanovništva na sustave javne odvodnje povećati s današnjih oko 43% na ukupno oko 60%, čime će se ispuniti ključni zahtjevi Direktive o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda Europske unije. Preostali zahtjevi te direktive koji se odnose na manje sustave ispuniti će se u drugom investicijskom ciklusu nakon 2020. godine.



Slika 7.: Prostorni obuhvat postojećih i planiranih sustava odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda

Strategijom su posebno definirana područja posebne zaštite voda, odnosno zaštićena područja:

- područja namijenjena za zahvaćanje vode za ljudsku uporabu,
- vode (područja) namijenjene uzgoju gospodarski važnih vodenih vrsta,
- vode namijenjene rekreaciji, uključujući i područja određena za kupanje,
- „ranjiva“ područja i „osjetljiva“ područja,
- područja namijenjena zaštiti staništa i vrsta (NATURA 2000),
- strateške rezerve podzemnih voda.

Njihova ukupna površina relativno je velika i procjenjuje se na oko 28% državnoga kopnenog teritorija. Iako je postojeće stanje tih područja relativno povoljno, njihova adekvatna zaštita također zahtijeva znatna ulaganja.

4. Troškovi provedbe

Ukupni troškovi provedbe Strategije upravljanja vodama za razvojne vodnogospodarske projekte od javnog interesa u prvom investicijskom ciklusu do 2023. godine procjenjuju se na oko 24,4 milijarde kuna, od čega oko 10 milijardi kuna za projekte javne vodoopskrbe, oko 11,5 milijardi kuna za projekte odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda, te oko 2,9 milijardi kuna za projekte zaštite od poplava i drugih oblika štetnoga djelovanja voda. Ukupni troškovi redovitih gospodarskih i tehničkih održavanja vodotoka, vodnog dobra i regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, za što je zaduženo vodno gospodarstvo, procjenjuju se na oko 915 milijuna kuna godišnje. Dio potrebnih financijskih sredstava za provedbu ove Strategije može se dobiti iz sadašnjih pretpristupnih i kasnijih strukturnih i kohezijskih fondova Europske unije. Procjenjuje se da su planirana ulaganja maksimalna s obzirom na financijske mogućnosti hrvatskih građana.

Preostali troškovi vezani uz provedbu financijski najzahtjevnijih europskih direktiva (Direktiva o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda i Direktiva o vodi za piće) procjenjuju se na oko 11,5 milijardi kuna i realizirati će se u petnaestogodišnjem investicijskom ciklusu nakon 2023. godine. Predložena dinamika ulaganja biti će podloga za izradbu pregovaračkih stajališta, dok će u konačnici dinamika provedbe potrebnih mjera ovisiti o rezultatima pristupnih pregovora s Europskom unijom. Preostali troškovi vezani uz daljnji razvoj sustava zaštite od poplava i drugih oblika štetnoga djelovanja voda procjenjuju se na oko 5,8 milijardi kuna i također će se realizirati u investicijskom ciklusu nakon 2023. godine.

5. Privatizacija u vodnom sektoru

Strategijom je predviđeno da se u djelatnosti javne vodoopskrbe isključuje mogućnost neizravne privatizacije prava na vodni resurs. Izravna je privatizacija izričito isključena Ustavom i zakonima, koji vodu određuju kao dobro od općeg interesa. Koncesije za korištenje vodnih resursa za potrebe javne vodoopskrbe dodjeljuju se isključivo jedinicama lokalne/područne samouprave na uslužnim područjima, te se isključuje mogućnost privatizacije postojeće vodnokomunalne infrastrukture (sustavi javne vodoopskrbe, te sustavi odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda). Za druge oblike korištenja voda od tržišnog interesa privatnom se sektoru ne uskraćuje pravo na stjecanje koncesija. Poštujući odrednice nove europske vodne politike, Strategijom je promovirano načelo „korisnik / onečišćivač plaća“, odnosno ekonomska cijena vode, te ekonomska cijena zaštite od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda.

6. Zaključak

Glavni partneri vodnoga gospodarstva pri provedbi ove Strategije biti će komunalni sektor, prostorno planiranje, zaštita okoliša, zaštita prirode, poljoprivreda, šumarstvo, energetika, turizam, vodeni promet, ostalo gospodarstvo, znanost, obrazovanje i mediji. Sukladno odredbama Okvirne direktive o vodama Europske unije, očekuje se da će se u provedbu Strategije značajno uključiti i različite zainteresirane nevladine udruge.

Provedbom Strategije upravljanja vodama Republika Hrvatska će kao i sve ostale države članice Europske unije postupno doseći propisane norme u upravljanju vodama, što je od velikog značenja za njeno stanovništvo i gospodarstvo.

7. Izvori

1. Prijedlog Strategije upravljanja vodama, Hrvatske vode, 2006., (http://www.voda.hr, http://www.duv.hr)

Autori:

Zdravko Krmek, dipl. ing.[1],

Slavko Rajnović, dipl. ing. [2],

dr. sc. Siniša Širac[2]

dr. sc. Danko Biondić[2]

[1]Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva, *Zdravko.Krmek@voda.hr*

[2]Hrvatske vode, *Slavko.Rajnovic@voda.hr;* Sinisa.Sirac@voda.hr; *Danko.Biondic@voda.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

P 02.

VODE U HRVATSKOJ I PRIBLIŽAVANJE EUROPI

Nikola Ružinski

SAŽETAK: U radu je analizirana pozicija Hrvatske glede vodoopskrbe i odvodnje i skorog pridruživanja Europskoj uniji. Sa stanovišta zaliha pitke vode visoke kvalitete Hrvatska stoji izuzetno dobro, ali istaknut je problem zaostajanja izgrađenosti komunalne infrastrukture u odvodnji u odnosu na vodoopskrbu. Slaba pokrivenost stanovništva sustavom odvodnje i obrade otpadnih voda ocjenjena je kao velika prijetnja okolišu pa tako i kvaliteti vode u prirodi pa je logičan strateški pristup problemu planiranjem velikih investicijskih ulaganja upravo u ovom području. Na primjeru nitrata i arsena napravljena je usporedba sa Europskom direktivom o kvaliteti pitke vode te rastumačen regionalni pristup poboljšanju situacije.

KLJUČNE RIJEČI: zalihe vode, pitka voda, monitoring, regionalni pristup

WATER IN CROATIA AND THE EU ACCESSION

SUMMARY: The current state of water supply and sewage system in Croatia with regard to the EU accession is analysed in this paper. The potable water supply in Croatia is on the satisfactory level, but there is a problem of insufficient development of sewage infrastructure. That has been recognised as serious threat to environment and consequently to the quality of the water recourses. Therefore strategic investment has been planed in the field of waste water collection and treatment. Besides, the comparison of European and Croatian regulation on water quality matters on the examples of nitrates and arsenic has been made. Additionally, regional approach to the problem has been discussed.

KEYWORDS: water supply, drinking water, monitoring, regional approach

UVOD

Vjerojatno najčešća tvrdnja koja se danas javlja u javnosti je isticanje bogatstva u količinama i kvaliteti pitke i sirove vode u Hrvatskoj. Uspoređuje se sa crnim zlatom, sa naftom u predviđanju budućnosti. Predviđanja idu tako daleko da se procjenjuje opasnost od budućih svjetskih sukoba zbog izvorišta pitke vode.

Procjenjuje se da Hrvatska raspolaže s izuzetnim zalihama pitke vode visoke kvalitete i često se ističe da tu zalihu, ta izvorišta moramo čuvati. Istraživanja zaista i potvrđuju da možemo računati sa velikim zalihama, odnosno istraženim i potencijalnim izvorištima pitke vode. Činjenica je i da se ova izvorišta uglavnom nalaze u veoma osjetljivim kraškim područjima i da zalihe pitke vode moramo čuvati kroz sustave kanalizacije i obrade otpadnih voda.

Međutim, s druge strane, kad analiziramo sustav opskrbe pitkom vodom, koji sa cca 75 % pokrivenosti stanovništava, predstavlja visoke svjetske standarde, svega 35 % stanovništva pokriven sa odvodnjom, a daleko manji postotak i adekvatnom obradom otpadnih voda, moramo se zapitati da li polažemo dovoljno pažnje tim našim „zlatnim“ zalihama pitke vode. Isto tako, pregled vodoopskrbe pitkom vodom ukazuje nam da svi dijelovi Hrvatske nisu u istom položaju. Dio stanovništva se gotovo bez ikakve tehnološke obrade, samo uz dezinfekciju, direktno snabdijeva visokokvalitetnom pitkom vodom (npr. Zagreb). U nekim drugim dijelovima, kao što su Podravina, Posavina ili Slavonija, nema izvorišta javnog vodovoda koji nema probleme s otopljenim željezom, manganom, amonijakom, uz povišeni sadržaj organskih tvari. Sve je to posljedica prirodnog opterećenja, a ne zagađenja izvorišta. Međutim postupno se sve više i više širi opasnost od povećanog sadržaja nitrata kao posljedice agronomskih aktivnosti - prekomjernog zagađenja poljoprivrednih površina umjetnim gnojivima.

Sve manje se u vodoopskrbi koriste površinski izvori, a oni koji se koriste postaju ozbiljno ugroženi otpadnim vodama (Jadro, vodoopskrba Splita npr.) ili akcidentima uslijed nekontroliranog ispusta zagađivajućih tvari u vodotokove (Krka - vodoopskrba Šibenika, npr.).

U procesu pripreme Hrvatske za ulazak u članstvo Europske unije, detaljno je analiziran naš sustav vodoopskrbe i odvodnje, analizirana je usklađenost zakonske regulative s europskim sustavom i postojećim direktivama, a posebno mogućnosti i vrijeme potpune prilagodbe europskom zakonodavstvu. Ne ulazeći u detalje, pokazala su se dva osnovna problema, a to je izgradnja sustava odvodnje i izgradnja velikog broja uređaja za obradu otpadnih voda, ali i usuglašenost naših pravilnika o kakvoći pitke vode, kao i praksa vezana uz monitoring izvorišta pitke vode. Pokazalo se da je naš pravilnik o kakvoći pitke vode u potpunosti usklađen sa EU Direktivom o kvaliteti pitke vode, ali da nemamo izgrađen sustavni monitoring kvalitete i količina pitke vode u državi.

MONITORING

Promatrajući kartu izvorišta pitke vode RH mogao bi se steći dojam da je čitavo područje pokriveno stalnim praćenjem količina i kvalitete sirove vode, dakle potencijalno pitke vode. To, međutim nije u potpunosti tako, bar ne na način kako to zahtjeva europska praksa i zakonodavstvo. Mi imamo dosta podataka, ali tu se uvijek radi o analizama kakvoće pitke vode na postojećim vodovodima, a ne monitoring kvalitete podzemnih ili površinskih sirovih voda. Na prvi pogled moglo bi se zaključiti da raspolažemo velikom bazom kvalitetnih podataka, ali radi se praktički samo o kontroli kakvoće iz poznatih izvora. To ni u kom slučaju nije dovoljno bar za dvije osnovne namjene:

- kontrolu postojećih i potencijalnih izvorišta od zagađenja, i
- istraživanja novih i alternativnih izvora pitke vode

Ne ulazeći u obvezu propisanog monitoringa što moramo preuzeti samim prihvaćanjem europskog zakonodavstva, već zbog naših vlastitih potreba, moramo promijeniti odnos prema monitoringu. Takova dva razloga su, npr problem otopljenog arsena u sirovoj vodi u nekim dijelovima Hrvatske, kao i problem povišenog sadržaja nitrata u podzemnim izvorištima koja se nalaze u području poljoprivrednih zemljišta.

Nitrati

Javna vodoopskrbna mreža sve se više razvija u Hrvatskoj, tako da je danas više od dvije trećine stanovništva priključeno na javne vodovode koji se nalaze pod organiziranom kontrolom kvalitete vode za piće. Ovo je visoki postotak, ali ne u tako davnoj prošlosti, veliki broj kućanstava, naročito na selu snabdijevao se iz plitkih zdenaca, podložnih izravnom zagađenju iz okolice. Najčešći primjer bio je zagađenje fekalnim vodama zbog blizine staja i većeg broja domaćih životinja. Sadržaj nitrita u pitkoj vodi bio je uglavnom pokazatelj albuminoidnog amonijaka u vodi, kao i njegovog oksida nitrita. Nitriti, a u pojedinim slučajevima su i nitrati bili indikatori fekalnog zagađenja, a time i apsolutne zabrane upotrebe takve vode za piće.

Postupnim razvojem tehnologija obrade sirovih voda, započelo je i korištenje izvorišta pitke vode iz dubokih slojeva, iz područja gdje je izvorište zahvaljujući nepropusnim slojevima tla na nižim dubinama bilo zaštićeno od povremenog površinskog zagađenja. Ova voda je, posebice u Podravini, Posavini i Slavoniji gotovo u pravilu opterećena velikim sadržajem organskih tvari, ali i amonijakom, uz otopljeno željezo i mangan. Velika potreba kisika u procesima aeracije zbog oksidacije željeza i mangana, često nije bila dovoljna za potpunu oksidaciju amonijaka u nitrat (na posebnim „biološkim“ pješčanima filtrima), pa se u pitkoj vodi javljaju i nitriti, uz povećani sadržaj nitrata. Dosta dugo trajalo je znanstveno dokazivanje i uvođenje promjena u pravilnik o kakvoći vode za piće zbog povećane koncentracije nitrata u pitkoj vodi, ali koji je posljedica oksidacije amonijaka prirodnog a ne antropogenog porijekla, dakle od amonijaka koji nije posljedica fekalnog zagađenja.

U zemljama Europske unije isto tako je prisutan problem povećanog sadržaja nitrata koji nisu indikator fekalnog zagađenja. Zahvaljujući intenzivnoj poljoprivredi i prekomjernom korištenju umjetnog gnojiva na bazi dušika, tlo je postalo prezasićeno nitratima i tijekom godina je penetriralo duboko u podzemlje, u područje vodozahvata kod arteških i subarteških zdenaca. Bio je to razlog izrade tzv. Nitratne direktive u okviru EU zakonodavstva. Hrvatska, jasno, mora prilagoditi svoje zakonodavstvo i ovoj direktivi. To nije poseban problem. Problem je u implementaciji ove direktive. Hrvatska mora napraviti svoj plan, financijski i operativni kao i za sve druge preuzete obveze prije ulaska u EU. Međutim, kroz razne mehanizme predpristupne pomoći EU,kao i u suradnji sa agencijama UN i razvojnim bankama (EBRD, IEB, WB) pokreće pojedinačne projekte koji će Hrvatskoj pomoći u prilagodbi zakonodavstvu, ali i implementaciji posebno složenih direktiva. Što se tiče projekta implementacije Nitratne direktive, u Hrvatskoj je pokrenut poseban projekt. Preliminarna istraživanja pokazala su nekoliko zanimljivih stvari. Prva je da uz niskoučinkovitu poljoprivrednu proizvodnju, hrvatski farmeri troše bitno previše umjetnog gnojiva. Druga konstatacija, na temelju analiza pitkih voda - dakle ne iz sustavnog monitoringa - da je problem nitrata u pitkoj vodi izrazito prisutan, ne samo u Međimurju i Zagorju (Varaždinsko područje), već i u Slavoniji, Podravini i Posavini. Organizirani monitoring, uz pripadajuće ekspertnu obradu podataka, ukazao bi na činjenicu, da su nitrati

kao posljedica poljoprivredne aktivnosti zaista prisutni u sirovoj pitkoj vodi varaždinskog područja. No, uprkos visokoj opterećenosti poljoprivrednog zemljišta nitratima iz umjetnih gnojiva, prisutnosti nitrata u pitkoj vodi vodovoda Osijek, Slavonski Brod ili Vukovar nije posljedica prodora nitrata iz gnojiva do vodoopskrbnog sloja vodozahvata i bunara javne vodoopskrbe, već se radi o prirodnom amonijaku prisutnom u bunarskim vodama. To znači da povišen sadržaj nitrata u pojedinim područjima intenzivnije primjene umjetnih gnojiva ne treba uvijek miješati sa sadržajem nitrata koji nastaje kao produkt nitrifikacije uglavnom prirodnog, ili geološkog amonijaka iz sirove bunarske vode kao što je to slučaj kod navedenih vodovoda u Slavoniji.

Jasno, sam proces dokazivanja ove činjenice, poznate relativno malom broju stručnjaka, zahtjeva posebne napore, jer radi se o izrazito posebnoj i za europske prilike neuobičajenoj situaciji. To znači i da se ovaj projekt približavanja stečevini EU mora voditi u posebnom smjeru.

Arsen

Iako arsen nije abiotički element, te je za normalno održavanje životnih funkcija nužan u organizmu (doduše u vrlo malim količinama), njegova prisutnost u vodi je posve nepoželjna. Danas se već prilično dobro znaju brojne nepovoljne posljedice prekomjernog unosa arsena u organizam, a istraživanja su pokazala da je upravo voda, naravno u područjima s povišenim koncentracijama, jedan od najvažnijih načina unosa arsena u organizam. Ipak, u Hrvatskoj se tek u posljednjih 15-20 godina ovom problemu posvećuje veća pažnja.

Uvođenjem redovitog praćenja sadržaja arsena u sustavu vodoopskrbe identificirane su brojne sredine s povišenim sadržajima arsena u izvorišnoj vodi. Radi se o podzemnim, odnosno bunarskim vodama s povišenim sadržajem arsena u obliku trovalentnog arsenita ili peterovalentnog arsenata. Važno je spomenuti da se radi o prirodnom arsenu, odnosno arsenu prisutnom uslijed geološke građe vodonosnika, a ne antropogenom, odnosno industrijskim onečišćenjem. Od crpilišta s izraženim povišenim sadržajem arsena mogu se navesti crpilišta Vinogradi i Cerić, zatim crpilišta na području Valpova, Vinkovaca, te mnoge druge lokacije lokalnog značaja.

Svakako najznačajnija crpilišta su Vinogradi i Cerić, s kojih se sirova bunarska voda dovodi na uređaje za pripremu pitke vode u Osijeku (crpilište Vinogradi) i Vukovaru (crpilište Cerić).

Sljedećom tablicom daju se osnovni podaci o ovim crpilištima.

Tablica 1 Značajnija crpilišta bogata arsenom u RH

	Korisnik	Koncentracija arsena µg/l	Kapacitet crpilišta l/s
Crpilište Vinogradi	Vodovod Osijek	150-200	600
Crpilište Cerić	Vodovod Vukovar	60-140	300

Prvi značajniji pomak bio je Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće iz 1994. godine (NN 46/94) kojim je postavljena maksimalna dozvoljena koncentracija od 50 µg/l (MDK). Kao moguća rješenja za postizanje ovih vrijednosti bilo je moguće:

- Izmjena tehnološkog procesa uvođenjem dodatne oksidacije, koagulacije te adsorpcije, ili
- Miješanje obrađene bunarske vode s vodom drugog izvorišta (npr. riječna voda) s ciljem smanjenja sadržaja arsene.

Rezultat u oba slučaja bio bi da je sadržaj arsena< 50 μg/l.

Novim Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, iz 2004. godine (NN 182/04), izrađenim na temelju svjetskog trenda i EU direktive, postavlja se nova, daleko stroža granica za arsen od svega 10 μg/l. Za ovako niske vrijednosti arsena, nužne su bitne preinake tehnološkog procesa, što često iziskuje veća investicijska ulaganja. Nužna je upotreba jačeg oksidanta, više adsorbenta, te više kontaktnog vremena.

Kao rješenje za postizanje svega 10 μg As/l moguće je

- Bitna izmjena tehnološkog procesa, ili
- Veliki omjeri miješanja s vodom drugog izvorišta, ili
- Nova izvorišta - regionalno povezivanje.

Ovdje navedena treća varijanta rješenja posebna je važna za mnoge manje uređaje i crpilišta gdje uvođenje složene tehnologije često nije ekonomski opravdano. Posebni problem kod manjih objekata je nepostojanje osoblja koje bi se bilo kadro nositi se sa složenom i osjetljivom tehnologijom, pa nužna automatizacija i daljinsko upravljanje dodatno poskupljuje takva postrojenja. Veliki objekti, poput Vodovoda Osijek ili Vukovar bitno lakše podnose osjetljiva tehnološka rješenja te su preinake na procesima puno podnošljivije.

Osnovni preduvjeti za regionalizaciju kao rješenje ovog problema su:

- postojanje izvorišta visoke kvalitete vode i dovoljne izdašnosti za regionalni karakter
- ulaganje u infrastrukturu - crpilišta, magistralni cjevovodi, NUS.

U području Slavonije imamo danas primjer i jednog i drugog pristupa. U okviru vodoopskrbe osijeka testira se već nekoliko godina posebna tehnologija smanjenja sadržaja arsena u pitkoj vodi dogradnjom posebnih dijelova u sustav tehnološke obrade pitke vode. Rezultati su obećevajući.

Drugi primjer za ovakav pristup kod rješenja problema zadovoljenja strogih zakonskih propisa za sadržaj arsena u pitkoj vodi je Vodoopskrbni sustav Istočne Slavonije i crplište Sikirevci. To je pristup rješavanja problema izgradnjom potpuno novog, regionalnog vodoopskrbnog sustava. Naime, prema dosadašnjim istražnim radovima, sadržaj arsena u bunarskoj vodi na području crpilišta Sikirevci kreće se ispod 5 μg/l, te uz izdašnost koja se procjenjuje na oko 1000 l/s, crpilište Sikirevci već sada predstavlja izvrsnu osnovu za postavljanje regionalnog sustava. Naravno gradnja magistralnih cjevovoda duljina i preko 50 km ima ekonomskog opravdanja tek kod ovako velikih kapaciteta jer se time isključuju iz upotrebe mnogi manji lokalni problematični uređaji. Lokalno stanovništvo sredina manje kvalitetnom vodom ili neadekvatnom preradom, što je upravo kod arsena čest slučaj, u pravilu najviše profitira ovakvim regionalnim pristupom.

Kao konačni zaključak možemo reći da će prilagodba europskim standardima za Hrvatsku u području zaštite okoliša, posebice u vodoopskrbi i odvodnji zahtjevati izuzetne napore i velika ulaganja. Ali, to će donijeti i izuzetnu korist. Iz samo dva bitno različita primjera uplivnih faktora na kvalitetu pitke viode (nitrati ili arsen), vidljivo je da ćemo i u jednom i u drugom primjeru imati bitno kvalitetniju, bitno zdraviju pitku vodu, uz popratne pozitivne utjecaje na poljoprivredu.

LITERATURA

1. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, Narodne novine 182/04
2. Water Frame Directive (2000/60/EEC)
3. Urban Waste Water Treatment Directive (91/271/EEC)
4. Integrated Pollution Prevention and Control Directive (96/61/EEC)
5. Osobna korespodencija

AUTOR:

Prof. dr. sc. Nikola Ružinski, Državni tajnik
Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Ulica Republike Austrije 16, 10000 Zagreb, Hrvatska, phone: + 385 1 3782 413; fax: +385 1 3717 149
e-mail: *nikola.ruzinski@mzopu.hr*
www.mzopu.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

P 03.

LESSONS FOR CROATIA FROM RIVER BASIN MANAGEMENT IN THE WORLD'S MOST INTERNATIONAL RIVER -THE DANUBE

Philip Weller

INTRODUCTION: The Danube is the most international river in the world. Fourteen countries together comprise 99% of the territory of the basin and a further five countries have small amounts of land area in the basin. Thirteen major countries and the European Union signed the Danube River Protection Convention in 1994 (the fourteenth Montenegro is currently working on signing of the Convention), that committed them to coordinated management of water resources. To coordinate the work under the Convention the International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR) was founded. The ICPDR has established a secretariat based in Vienna and developed a work group structure involving the input of experts from each of the countries.

The commitment to work together under the Convention obliges the countries to undertake specific actions in support of coordinated management of water resources. First and foremost, the countries have obliged themselves to exchange information about water quality. As a result, the Trans-National Monitoring Network(TNMN) has been created. They have also established an Accident Early Warning System that provides warning of accidental pollution. In addition they have committed themselves to measures aimed at reducing the pollution inputs to the Danube and its tributaries. A five-year Joint Action Programme, adopted in the year 2000, outlined the specific commitments. Further, they have committed themselves to coordinated actions to minimise and respond to floods.

In recent years the work undertaken under the Convention, and in the structures established, has been reinforced by the adoption of a commitment to utilise the EU Water Framework Directive as a basis for organising water management efforts. All the Contracting Parties of the Convention have committed themselves to implement the EU Water Framework Directive although just over half of the parties are EU member states. This commitment has been made with a political objective of legally harmonising the countries of the Danube more closely with the European Union, and in recognition of the value of this comprehensive legislation in providing a framework for further assessment and identification of measures needed by Danube countries to ensure the basis for sustainable water management.

The maturing institutional arrangements under the Convention and the legal and methodological advancement provided by the EU Water Framework Directive have been assisted by the financial support provided to Danube countries by the United Nations Development Programme /Global Environment Facility

(UNDP/GEF) Danube Regional Project. This 17 million USD project, which began in

November 2001, supported transboundary cooperation in reducing nutrient pollution and in strengthening water resources management. This project provided important financial and intellectual resources that have reinforced the work of the ICPDR and helped facilitate the implementation of the EU Water Framework Directive, particularly in those countries outside the EU Accession process.

These elements combined, a strong institutional commitment, the legal and methodological framework of the EU WFD, and the financial support of the UNDP GEF have provided a solid basis for achieving integrated river basin management in the most international river basin in the world. To date, considerable progress has been made, but much remains to be done.

The ongoing challenge of implementing the EU Water Framework Directive and other new challenges that are faced in the region have been discussed by the Danube countries during a Ministerial meeting in Bucharest in February 2007. It was noted that the UNDP Danube Regional Project is concluding this year and this major support will no longer be available, the continued financing of pollution control measures by countries (particularly those countries outside the EU) is required, reducing non-point source pollution is needed everywhere, and climate change will in future pose additional challenges to water quantity management.

Within the Danube River Basin the countries of the Danube have cooperated effectively within the framework of the ICPDR and it is hoped that continued progress can be made. Of importance, and helpful to the actions needed at the basin wide level, efforts are underway at a sub-basin level to develop more detailed and regional specific actions in support of the Danube River Protection Convention. These efforts are most developed in the Sava and Tisza River Basins.

Croatia has always been an actively cooperating country in the framework of the ICPDR. This has brought benefits to Croatia but also involved a commitment of people and resources. As ES of the ICPDR it my hope that this active and engaged support of Croatia can continue. Croatia has been able to benefit from implementation of the EU Water Framework Directive through its activities as part of the ICPDR.

The future challenges of the Danube region (developing a Programme of Measures , sub-basin initiatives, implementing flood prevention, and climate change) present Croatia with an opportunity to further make important contributions to effective water management in the Danube river basin and to have this work provide important benefits to Croatia. Of particular importance is the cooperation in the framework of the Sava River Basin Commission and the development of a Sava River Basin Management Plan. Support from Croatia for neighbouring countries, particularly Bosnia-Herzegovina, in implementing the EU Water Framework Directive have been helpful and will need to continue.

All together the countries of the Danube are going to have to commit to measures that reduce the problems with pollution such as building of sewage treatment works and introducing industrial pollution control buta alsoincluding such actions as introduction of phosphate free detergents. These measure will have to be complimented by actions to address hydromorphological alterations.

CONCLUSION

Despite the difficulties of cooperation among the large number of states within the Danube region there has been important progress in establishing the necessary mechanisms for

coordination and cooperation under the framework of the Danube River Protection Convention. The EU Water Framework Directive has added strength to the efforts to coordinate actions in support of integrated river basin management. Added to these elements has been the increasingly positive cooperation at the sub-basin level.

The mechanisms for cooperation exist and agreement on the nature of the problems has been reached. It will nonetheless be important that many individual actions are taken that in total will add up to a cleaner and healthier Danube.

The future of the Danube Region will be dependent upon the solutions to the challenges that exist. Those challenges are many and varied:

- Achieving agricultural development that protects the waters.
- Adopting industrial strategies that prevent pollutant releases.
- Providing flood control that maintains and improves the hydromorphology of rivers and responds to the challenges of climate change
- Ensuring energy needs and transportation that does not undermine the naturalness of rivers.

We have had significant success in efforts to achieve cooperative management, but these efforts will be tested in future by the challenges above. It is the responsibility of each and every one of us, people within Croatia and elsewhere in the Danube basin, to ensure our actions and activities benefit the maintenance and sustainability of the ecosystem that supports us. The International Commission for the Protection for the Danube River is assisting in providing a forum for the necessary dialogue, understanding and action needed to meet these challenges and the support of Croatia for these efforts is greatly appreciated.

This paper has used information and built upon text from the following documents: Dr Ursula Schmedtje and Philip Weller, Development of a Danube River Basin Management Plan in line with the requirements of the EU Water Framework Directive, Paper presented at IWA World Water Congress, Marrakech, September 2004; to be published in 'Water Science & Technology'; and Strategic Paper for Development of a Danube River Basin Management Plan, ICPDR. May 2002.

AUTHOR:

Philip Weller,

Executive Secretary of the International Commission for the Protection of the Danube River, *icpdr@unvienna.org*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

P 04.

ODNOS ANTROPOGENIH DJELATNOSTI I GLOBALNIH PROMJENA

Ognjen Bonacci

SAŽETAK: U radu se raspravlja problematika dosega antropogenih aktivnosti na globalne klimatske promjene. Posebno se razmatra fenomen globalnog zagrijavanja i njegova pretpostavljena posljedica podizanje razine oceana na Zemlji. Napominje se da je utjecaj čovjekovih djelatnosti na povećanje koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi neznatan u usporedbi s njegovom prirodnom emisijom. Stoga čovjek ne može biti odgovoran za globalne promjene klime. To se posebno odnosi na globalno zagrijavanje čije postojanje još uvijek nije definitivno potvrđeno. Doseg antropogenih utjecaja lokalnog je karaktera i osobito se osjeća u velikim urbanim sredinama. Jedno poglavlje tretira problematiku pouzdanosti mjerenja temperature zraka i površinskog sloja mora na osnovi čega se donose zaključci o posljedicama globalnog zagrijavanja koje će nastupiti tijekom 21. stoljeća. Posebna je pažnja usredotočena na analizu pouzdanosti i upotrebljivosti globalnih cirkulacijskih modela koji služe za procjenu ponašanju klime u budućnosti. Naglašeno je da su oni još uvijek nesavršeni te da se njihovim korištenjem za sada ne može predviđati razvoj klime i s njom vezanih procesa ni u bliskoj, a kamo li u daljoj budućnosti.

KLJUČNE RIJEČI: klimatske promjene, utjecaj ljudskih aktivnosti, globalno zagrijavanje, globalni cirkulacijski modeli, podizanje razine mora

RELATIONSHIP BETWEEN ANTHROPOGENIC ACTIVITIES AND GLOBAL CHANGES

SUMMARY: Paper treats reaches of anthropogenic activities on the global climate changes. Special attention is paid on global warming and its assumed consequence to sea level rising. It is stressed that influence of human activities on increasing of carbon dioxide concentration in atmosphere is negligible in comparison with its natural emission. This is main reason why human activities and human beings are not responsible for global warming. The fact is that existence of global warming is not scientifically definitely confirmed. Anthropogenic activities can cause local climate changes primarily in large urban areas so called urban warming. One chapter treats issues dealing with reliability of air and sea water temperature, which serve as a basic data for making conclusions about global warming which is expected during 21st century. Special attention is concentrated on reliability and accuracy of global circulation models. It is stressed that the best existing sophisticated models are not good enough to describe all complex and unknown natural processes. Using them it is not possible make reliably assessment of global climate development in the future as well as all processes connected with it.

KEYWORDS: climate changes, anthropogenic influences, global warming, global circulation models, sea level rising

UVOD

Živimo u vremenu u kojem nas prvenstveno mediji vrlo agresivno uvjeravaju u to da se klima, a s njom i sve ostale komponente bitne za održivi razvoj života na planeti Zemlji drastično brzo i u krajnje opasnom smjeru mijenjaju. Pri tome se čovjeka proziva kao glavnog, često i isključivog, krivca za takovo negativno i dugoročno gledano neodrživo stanje. Posebno se insistira na postojanju opasnog procesa globalnog zagrijavanja planete uzrokovanog tzv. učinkom staklenika. Za to se sva odgovornost prebacuje na čovjeka i njegovim djelatnostima izazvanu emisiju tzv. stakleničkih plinova.

Mediji očigledno nisu izmislili ove probleme. Oni su im dobro došli jer s njima privlače pažnju javnosti povećavajući svoj značaj i razumije se profit. Glavni izvor informacija za novonastalu „paniku“ predstavljaju određeni znanstveni krugovi, militantni ekolozi i danas sve više određeni ekonomski i politički interesni lobiji koji žele bolje plasirati određene proizvode. Nažalost, stvari su zbog toga iz domene ozbiljne znanosti prešle u područje interesa moćnih lobija i politike pa sve češće predstavljaju dio „prljave“ dnevnopolitičke borbe za profit i moć u kojem znanstvena istina nije dobro došla i nema što tražiti.

Neki zaključci ključni za budućnost čovječanstva kao da su već doneseni, a da nezavisna i nazovimo je „čista“ znanost, neopterećena bili čijim interesima, nije do sada niti shvatila suštinu problema, a najmanje je dala definitivne i pouzdane odgovore koji bi omogućili donošenje tako bitnih zaključaka.

Čovjek je svojim radom utjecao na mnoge promjena na planeti, ali se a priori ne može zaključiti da je i odgovoran baš za sve negativne posljedice koje su one izazvale. Međutim ostaje i dalje potpuno otvoreno pitanje koliko je čovjek stvarno kriv za promjene i negativne trendove koje se javljaju na Zemlji, a i veliko je pitanje da li su sve promjene koje se svrstavaju u negativne doista i samo negativne te da li bi se one zbile i bez njegovog utjecaja.

Ostaje ogroman broj pitanja na koje bi isključivo nezavisna znanost trebala odgovoriti prije nego što se pristupi „izricanje konačne osude“ te na osnovi toga poduzimanju globalnih, skupih i dugoročnih mjera. Nastavno se navode samo neka od pitanja koja se čine bitnim:

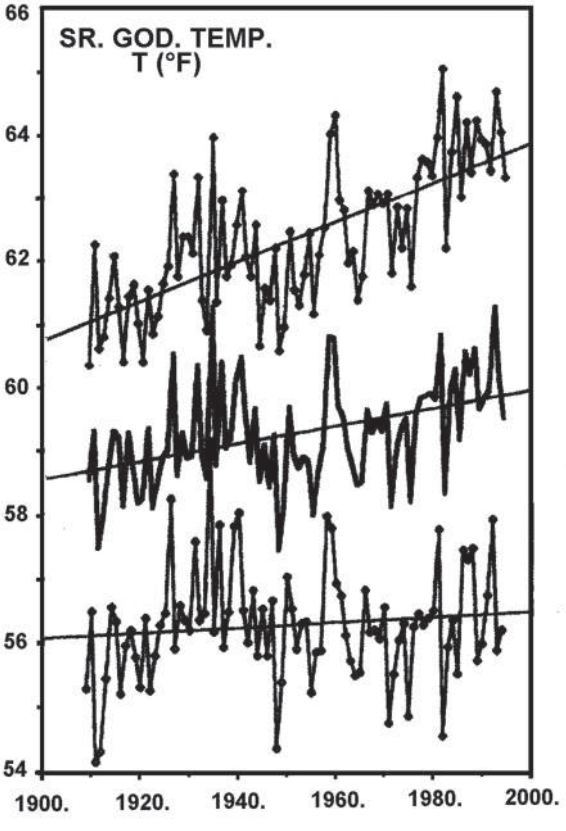
1) Da li i koliko čovjek može utjecati na promjenu klime, tj. da li su dometi njegovih djelatnosti lokalnog, regionalnog i/ili globalnog područja obuhvata?
2) Da li klima na Zemlji postaje sve toplija ili se Zemlja nalazi neposredno pred početkom novog ledenog doba?
3) Kolika je prirodna varijabilnost klime na Zemlji?
4) Kako se brzo može mijenjati klima na Zemlji?
5) Kako će globalno zagrijavanje, ako se ono stvarno javlja, promijeniti život na Zemlji? Da li će te promjene biti isključivo negativne?
6) Što je stvarno potrebno za osiguravanje održive budućnosti?

Razumljivo je da se u ovako kratko izlaganje nema pretenziju davanja odgovora na bilo koje od prethodno navedenih ključnih pitanja. Cilj je jedino da se stručnu i znanstvenu javnost upozori da postoje i drugačija razmišljanja od onih koja se agresivno plasiraju u javnost i koja uglavnom prevladavaju u medijima.

GLOBALNO ZAGRIJAVANJE ILI ZAHLAĐENJE!?

Klima se i do sada tijekom geološke prošlosti kao i u novijoj povijesti često i značajno

mijenjala na Zemlji. Problem je da naša saznanja o tome kako, koliko i gdje se ona stvarno mijenjala nisu pouzdana jer nisu zasnovana na izravnim mjerenjima. Jedino što je sigurno je da promjene klime do ove posljednje nisu bile uzrokovane antropogenim čimbenicima. Pred samo oko 20 tisuća godina, dakle u geološkom smislu nedavno, završilo je posljednje ledeno doba i započelo je zagrijavanje naše planete koje je uzrokovalo podizanje razine mora za oko 100 m. Rezultat tog procesa su potopljeni i glavninom boćati priobalni krški izvori i vrulje na našoj obali Jadranskog mora. Tko je bio odgovoran za tadašnje globalno zagrijavanje? Pravi odgovor znanost još uvijek traži.



Slika 1: Primjer koji ilustrira urbani efekt staklenika

Uzroci klimatskih promjena i/ili varijacija u povijesti Zemlje mnogobrojni su i s različitim trajanjima. Znanost je do sada detektirala slijedeće moguće uzročnike: 1) Evolucija sunca; 2) Gravitacijski valovi u svemiru; 3) Galaksijska prašina; 4) Sastav zraka isključujući vodenu paru, ugljični dioksid i ozon; 5) Mijenjanje položaja polova Zemlje; 6) Vodoravno gibanje kopnenih masa; 7) Uspravno gibanje (dizanje i spuštanje) kopna; 8) Količina stakleničkih plinova u atmosferi; 9) Elementi orbite Zemlje; 10) Međudjelovanje atmosfere, oceana, kopna, biogenetskih čimbenika i ledenih masa na planeti; 11) Varijabilnost zračenja sunca; 12) Emisija u atmosferu ljudskim djelatnostima proizvedenih čestica i plinova; 13) Varijacije u odnosu oceana i atmosfere; 14) Vlastite varijacije atmosfere; 15) Erupcije mega vulkana. Već sam pogled na navedene moguće uzroke globalnih promjena

uz napomenu da vjerojatno postoje i neki koje nisu ili navedene ili prepoznati jasno govori o tome da antropogeni čimbenici teško mogu biti njihovim pokretačem.

Leroux (2005) naglašava da je netočno identificirati atmosferu sa staklenikom i da je nažalost i ozbiljna znanost pod pritiskom javnosti prihvatila koristiti krivi termin efekt staklenika umjesto efekta atmosfere. Uz to se nerijetko zanemaruje, ili čak i ne zna, da postojeći oblici života na Zemlji egzistiraju isključivo zbog postojanja efekta atmosfere. Kad ne bi postojala atmosfera oko naše planete temperatura na njoj bi bila tridesetak stupnjeva niža, a život bi bio značajno siromašniji.

Nesumnjivo je da povećanje koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi pridonosi globalnom zagrijavanju. Problem je da ne postoji konsenzus oko toga što uzrokuje povećanje njegove koncentracije. Za neke znanstvenike to je kombinacija periodičnih varijacija orbite Zemlje i njene osi rotacije dok je za druge za to isključivo odgovoran čovjek.

Sanchez-Sesma (2003) je varijacije koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi objasnio utjecajem slijedeće tri komponente koje nisu bitno antropogene: tlom, vegetacijom i oceanima. On je proračunao da je više od 97 % povećanja koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi uzrokovano reakcijom tla na globalno povećanje temperature. Leroux (2005) naglašava da emisija ugljičnog dioksida uzrokovana antropogenim djelatnostima predstavlja samo 5 % njegove prirodne emisije u atmosferu. Ovu tezu podupire i Harte (2002) svojim eksperimentima. Po njenu je nesumnjivo da koncentracija ugljičnog dioksida pridonosi efektu globalnog zagrijavanja, ali on smatra da je pokretač ovog procesa kombinacija periodičnih varijacija orbite Zemlje i njene osi rotacije. Postoji povratna sprega ugljika i klime. Izravan učinak zagrijavanja površine naše planete je povećanje oslobađanja ugljičnog dioksida u atmosferu što povećava efekt staklenika. Osnovni je problem da znanost još uvijek nije otkrila mehanizam koji uzrokuje spomenutu povratnu spregu te da se ne zna kako brzo i koliko dugo će ona djelovati.

Iz neznanja, a sve češće i iz drugih razloga se navodi da je glavni tzv. stakleničkі plin ugljični dioksid što nije točno jer je to vodena para. Leroux (2005) samo dijelom prihvaća prethodno iznesene stavove. On smatra da je uloga ugljičnog dioksida u procesu globalnog zagrijavanja daleko precijenjena. Po njemu efekt staklenika je nastao najvećim djelom uslijed učinka vodene pare. Što više Carlowitz (1996) doslovno navodi da vodena para predstavlja jedinu komponentu atmosfere sposobnu da zagrije ili ohladi Zemlju.

Vezano s globalnim klimatskim promjenama jedno od ključnih pitanja je koliko se one brzo odvijaju. Weart (2003) navodi da je znanost u kratkom vremenu od posljednjih pedeset godina drastično izmijenila svoj stav o brzini klimatskih promjena na Zemlji. Pedesetih godina dvadesetog stoljeća općenito se smatralo da je za značajniju promjenu klime potrebno razdoblje od nekoliko tisuća godina. Tijekom sedamdesetih godina to je vremensko razdoblje smanjeno na nekoliko stotina godina. Saznanja do kojih se došlo osamdesetih i devedesetih godina skratila su odvijanje ovog procesa na jedno stoljeće dok su najnovija istraživanja pronašla neke dokaze da su globalne klimatske promjene moguće i u razdoblju od samo nekoliko desetaka godina. U uzorcima leda izvađenim 1993. godine u Camp Century na Grenlandu iz dvije bušotine udaljene 30 km na dubini od oko 3 km ustanovljeno je da se temperatura zraka tijekom posljednje oledbe digla za 7 ºC u vremenskom razdoblju od samo 50 godina.

Bard (2002) je svojim modelom dokazao da su zbog nelinearnog ponašanje sustava ocean-atmosfera moguće nagle promjene klime. On koristi termin „klimatskog iznenađenja“ za označavanje brzog prijelaza iz toplog u hladno stanje i obratno. Čak je najavio i mogućnost da se Zemlja nalazi neposredno pred početkom novog ledenog doba.

Utjecaj čovjekovih aktivnosti na promjene klime, a preko nje i na ostale promjene u okolišu

za sada je, a vrlo će vjerojatno tako biti još dugo vremena, ograničen na lokalne prostore. Pri tome su posebno snažno, izravno i brzo involvirani veliki urbani prostori. Promjene klime u njima očigledne su. Leroux (2005) taj fenomen naziva „urban warming “.

Posljedice tzv. urbanog zagrijavanja nedvosmisleno se mogu uočiti na slici 1 (Goodbridge, 1996). Na donjem djelu slike ucrtan je niz uprosječenih srednjih godišnjih temperatura zraka izmjerenih u Kaliforniji (SAD) na 27 meteoroloških stanica koje su smještene u naseljima s manje od sto tisuća stanovnika izmjeren u razdoblju 1909.-1994. Linearni trend ovog niza praktično ne pokazuje nikakav porast temperatura tijekom dvadesetog stoljeća. Srednji niz prikazan na slici 1 je formiran mjerenjima temperatura zraka u meteorološkim stanicama smještenim u 51 naselju koja imaju između sto tisuća i milijun stanovnika. Uočava se postojanje određenog trenda porasta koji iznosi oko 1 °F tijekom spomenutog razdoblja opažanja. Gornji niz predstavlja grafički prikaz uprosječene srednje temperature zraka izmjerene na 29 meteorološkoj stanici smještenoj u velikim gradovima u kojima živi više od milijun stanovnika. Trend je u ovom slučaju značajan, a porast temperature zraka u razdoblju opažanja iznosi više od 2 °F. Važno je uočiti da je temperatura zraka u malim gradovima za oko 2,5 °F niža od temperature zraka u srednjim gradovima, a čak oko 6 °F niža nego u velegradovima.

POUZDANOST MJERENJA I MODELA

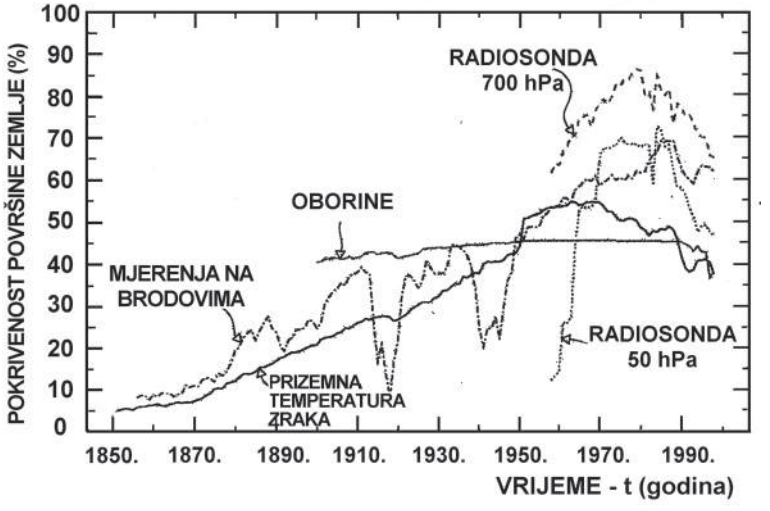
U svijetu postoji mreža klimatoloških stanica formirana prvenstveno iz pragmatičnih razloga. Na slici 2 je dan prikaz pokrivenosti površine Zemlje stanica za mjerenje oborina, prizemne temperature zraka, mjerenja klimatoloških parametara na brodovima te dvjema vrstama radio sondi u razdoblju od 1850. do 1998. Slici 1 gotovo da i nije potreban komentar. Potrebno je samo postaviti pitanje: „Da li ovakav sustav omogućuje donošenje pouzdanih zaključaka o globalnim promjenama klime?“ Posebni problem nije broj stanica koliko njihov raspored u prostoru Zemlje. Zanimljivo je ukazati na opći i začuđujući trend smanjenja postotka pokrivenosti površine Zemlje stanicama za mjerenje pojedinih parametara ili vrsti mjerenja koja je započela između sedamdesetih i devedesetih godina prošlog stoljeća. Ta činjenica sigurno ne pridonosi boljem shvaćanju i praćenju globalnih klimatoloških procesa na planeti.

Problemi se javljaju i pri samoj interpretaciji postojećih mjerenja temperature vode na površinama mora i oceana. Od početka mjerenja pred nešto više od stotinjak godina ove su se temperature mjerile krajnje različitim instrumentima od kojih su neki bili samo priručni i vrlo nesavršeni čime su i mjerenja bila nepouzdana i nedovoljno točna. Općenito se može reći da je kakvoća mjerenja vršenih krajem 19. i početkom 20. stoljeća upitna. Bez obzira na to ona se koriste za donošenje dalekosežnih zaključaka.

Niti suvremena mjerenja nisu oslobođena grešaka iako su instrumenti bitno točniji i pouzdaniji, a postupci mjerenja stroži i bolje usklađeni. Neki teoretičari smatraju da se mjerenja površinske temperature vode u morima i oceanima trebaju korigirati zbog izmjene topline mjernih posuda s okolinom. Ove se korekcije zavisno o zemljopisnom položaju i godišnjem dobu kreću između +0,2 ºC i +0,6 ºC. Treba uočiti da spomenute vrijednosti potrebnih korekcija odgovaraju po redu veličina tzv. utvrđenim vrijednostima globalnog zagrijavanja Zemlje.

Bitno je naglasiti da se globalna promjena klime na Zemlji ne može ustanoviti isključivo mjerenjem prizemne temperature zraka i oborina palih na površinu terena. Klimatske promjene odražavaju se u troposferi i nižom slojevima stratosfere kao i u dubinama oceana. O zbivanjima u ovim prostorima mjerenja su rijetka, uglavnom nisu kontinuirana i datiraju tek od pred nekoliko desetljeća pa su i saznanja o procesima koji se tu zbivaju

apsolutno nedovoljna da bi se moga donijeti bilo kakav pouzdaniji zaključak.



Slika 2 : Prikaz pokrivenosti površine Zemlje mjerenjima oborina, prizemne temperature zraka, mjerenja klimatoloških parametara na brodovima te dvjema vrstama radio sondi u razdoblju od 1850. do 1998.

US National Research Council (NCR) je u izvještaju objavljenom 13. siječnja 2000. navodi da je površinska temperatura Zemlje u posljednjih dvadeset godina porasla za oko 0,25 do 0,4 °C dok je temperatura u srednjem dijelu troposfere narasla najviše do 0,2 °C. Navedeno predstavlja ozbiljno nesuglasje između stvarnosti i modela koji uglavnom tvrde da se donji i srednji slojevi troposfere mnogo brže zagrijavaju.

O klimi u razdoblju prije početka sustavnog mjerenja klimatskih parametara koje je započelo sredinom devetnaestog stoljeća prosuđuje se na osnovi paleoklimatoloških i paleogeoloških istraživanja, ali i pomoću drugih metoda. Svi ovi postupci su od velikog značaj, ali se na njih treba gledati s odgovarajućom i dužnom mjerom znanstvene sumnje. Mann i sur. (2006) iznosi zaključke radionice „Past millennia climate variability: proxy based reconstructions, modeling and methodology - synthesis and outlook“ održane u Wengenu (Švicarska) od 7. do 10. lipnja 2006. Preporuka tog skupa vodećih znanstvenika koji se bave problematikom klimatskih promjena je da je neophodno povećati napore za boljim dokumentiranjem klime u prošlosti. Pokazalo se naime da do nedavno gotovo opće prihvaćeno mišljenje da je klima na Zemlji u Srednjem vijeku bila vrlo vruća, te je to razdoblje nazvano „Medieval warm period“, u najmanju ruku nedovoljno točno. Istraživanje koralja na tropskom djelu Pacifika sugerira da je na tim prostorima tada klima bila vrlo hladna što sugerira da se nije radilo o globalnim već o regionalnim klimatskim karakteristikama.

Postoji još jedna kriva pretpostavka kod laika, a ta je da su modeli svemogući i da oni mogu dati odgovore na sva pitanja. To jednostavno nije točno. Modeli vrlo korisno služe za provjeravanje hipoteza. Unošenjem krivih i nepouzdanih ulaznih podataka oni daju netočne rezultate i navode na krive zaključke. Modeli ne služe za dugoročno prognoziranje razvoja dinamičkih, složenih i interaktivnih procesa. Pouzdano prognoziranje vremena moguće je za najdulje 24 do 48 sat. Prognoza klimatskih procesa za slijedećih pedeset ili duže godina nema veze sa znanošću.

Većina bitnih zaključaka o budućim globalnim klimatskim promjenama donesena je na osnovi rezultata modela globalne cirkulacije atmosfere ili globalnih cirkulacijskih modela (GCM). Činjenica golemog i brzog razvoja GCM-a kao i njihovog sve češćeg korištenja u brojnim područjima znanosti rezultirala je osim neosporivo vrijednim znanstvenim dostignućima i nizom na prvi pogled zbunjujućih zaključaka. Njihovim razvojem i sve masovnijom primjenom istraživači dolaze do potpuno suprotnih zaključaka o budućem globalnom ponašanju procesa na Zemlji.

Općenito se može zaključiti da sve veći broj sve složenijih GCM-a ne donosi ni jednoznačne niti konačne odgovore na ključna i složena pitanje budućnosti našeg planeta. Ta činjenica ne treba nikoga obeshrabriti. Ona samo znači da treba još intenzivnije nastaviti s istraživanjima. Harte (2002) kao moguće prevladavanja trenutačnog stanja ukazuje na potrebu sinteze Newtonovih i Darwinovih znanstvenih pristupa. Za procese modeliranja predlaže primjenu slijedećih postavki: 1) Treba koristiti jednostavne modele koje je lako provjeriti; 2) Potrebno je tražiti zakone u prirodi na osnovi uzoraka iz nje; 3) Znanost se mora razvijati na osnovi terenskih istraživanja. Leroux (2005) kao glavni razlog nepouzdanosti suvremenih GCM-a koji promoviraju zaključak o globalnom zagrijavanju navodi činjenice da nisu zasnovani na determinističkim osnovama Usprkos svim navedenim slabostima potrebno je definitivno potvrditi i naglasiti značaj i sve veću važnost modela u suvremenoj zanosti. Bez njih danas jednostavno nema znanstvenog napretka. U cilju poboljšanja njihove učinkovitosti Harte (2002) predlaže sintezu Newtonovih i Darwinovih principa.

Treba se suočiti s činjenicom da su sustavi mjerenja te praksa upravljanja i obrade podataka manjkavi pa stoga ne pružaju mogućnost donošenja nedvosmislenih zaključaka o globalnim promjenama klime, a posebno nije moguće predvidjeti razvoj klime u budućnosti. Očigledno je da je postojeće modele neophodno značajno poboljšati. Ma kako oni složeni bili priroda još uvijek funkcionira bitno kompleksnije.

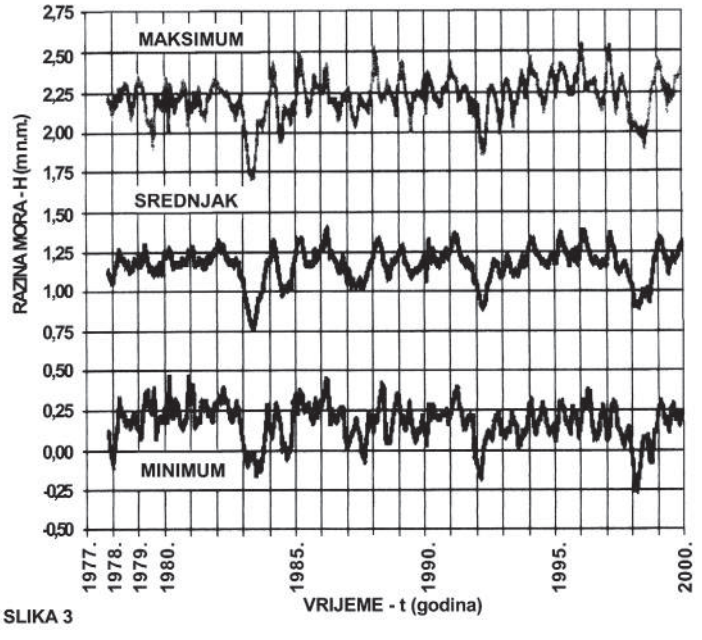
PODIZANJE MORSKE RAZINE

Kao najočitiju i najgoru posljedice globalnog zagrijavanja spominje se podizanje razine mora. Spominju se podaci o podizanju razine između 1 i 4 m (ali i više) u razdoblju od slijedećih 50 do 100 godina. Kad bi do toga došlo bile bi potopljeni brojni otoci i obali, a struktura svjetske privrede bi se drastično pogoršala. Kako se većina stanovništva planete nastanjena uz morske obale, a taj se proces još intenzivira, podizanje razine mora bi moglo izazvati neslućenu humanitarnu katastrofu.

Globalna razina mora rezultanta je brojnih vidova hidrološkog ciklusa. Ona zavisi o toplinskoj strukturi cjelokupne mase vode u oceanima čija su čak i osnovna svojstva slabo poznata. Smatra se da bi globalno zagrijavanje podiglo razinu vode u oceanima zbog slijedeća dva razloga: 1) Termalne ekspanzije zagrijane oceanske vode; 2) Otapanja leda, ali prvenstveno onog uskladištenog na Antarktiku

Pred dvadesetak godina u znanstvenoj zajednici prevladavalo je mišljenje da će globalno zagrijavanje uzrokovati masovno otapanje leda uskladištenog na kopnu što će izazvati podizanje razine oceana. Neki noviji modeli pokazali su da bi globalno zagrijavanje moglo rezultirati upravo suprotnim efektom. Prema njihovim proračunima globalno zagrijavanje uzrokovat će promjenu cirkulacije zračnih masa u atmosferi što će rezultirati povećanjem oborina nad Antarktikom na koji danas prosječno godišnje padne između 50 i 100 mm krutih oborina. Pošto se temperatura većine leda koji se nalazi na Antarktiku kreće između -70 i -50 °C porast globalne temperature čak i do 5 °C malo će utjecati na smanjenje količine

leda na ovom prostoru. Pri tome se još jednom napominje da značajnijeg podizanja razine oceana nema bez otapanja leda na Antarktiku gdje je uskladišteno skoro 90 % cjelokupnih svjetskih rezervi. Tome treba dodati podatak da je pretežni dio mase leda na Antarktiku isti od vremena njegovog formiranja prije 60 milijuna godina (Postel-Vinay, 2002).



Slika 3: Nizovi karakterističnih (maksimalnih, srednjih i minimalnih) razina oceana mjerenih na stanici Funafuti (5 º J, 175ºI) na otoku Tuvalu u razdoblju između 1978. i 2000

Pirazzoli (1996) konstatira da je proces spuštanja morskih obala mnogo češći od njenog podizanja te da su razlozi nalaze u lokalnim i regionalnim prirodnim geološkim, geofizičkim, hidrogeološkim i hidrološkim procesima koji mogu manje ili više biti ubrzani ili pokrenuti antropogenim djelatnostima. Tu se prije svega misli na prekomjerno crpljenje podzemne vode iz priobalnih vodonosnika i na eksploataciju nafte i plina iz podmorja nedaleko od obale. Ovi procesi nemaju apsolutno nikakve veze s globalnim zagrijavanjem i promjenom klime. O nizu takovih konkretnih slučajeva pisali su Douglas i Peltier (2002) čiji članak je preveden i objavljen na hrvatskom jeziku (Bonacci, 2002).

Stanovnici malog otoka Tuvalu na Pacifiku prestravljeni zbog prijetnje „sigurnog“ i „brzog“ potapanja njihovog otoka uslijed dizanja razine oceana uzrokovanog globalnim zagrijavanjem zatražili su od Australije da im organizira preseljavanje na kontinent. National Tidel Facilty (NTL) Australije im je poslije detaljnog razmatranja mjerenja razine oceana na njihovom otoku u mjestu Funafuti doslovno odgovorio „the historical record shows no visual evidence of any acceleration in sea level trends“. Kao prilog ovom zaključku navedena je slika 3 na kojoj su ucrtani nizovi karakterističnih (maksimalnih, srednjih i minimalnih) razina oceana mjerenih na stanici Funafuti (5 º J, 175ºI) na njihovom otoku u razdoblju između 1978. i 2000. Na ovoj slici nije moguće uočiti pojavu bilo koje vrste trenda.

Činjenica je da je na Sjevernom polu, Grenlandu, Aljaski i osobito na visokim planinama umjerenog pojasa došlo do značajnog otapanja pa i nestanka ledenjaka. Leroux (2005)

naglašava da razlozi ovih, svakako zabrinjavajućih, procesa ne trebaju nužno biti povezani s globalnim klimatskim procesima već se može raditi i o nizu drugih lokalnih ili regionalnih prirodnih i/ili antropogenih uzroka. Što više na internetu (http://www.iceagenow.com) je moguće naći podatke o rastu ledenjaka na nekim područjima planete.

ZAKLJUČAK

Osnovni je zaključak da se još uvijek premalo zna o složenim i interaktivnim procesima između oceana, kopna, ledenih masa, biosfere i atmosfere da bi se mogli donositi pouzdaniji zaključci koji bi trebali rezultirati strateškim planetarnim odlukama. Ovaj je zaključak donekle obeshrabrujući, ali je isto tako upozoravajući da se ne treba brzati s donošenjem odluka koje će se pokazati krivima i čije bi ostvarenje moglo izazvati nove, neočekivane i još veće štete.

Stvari se pogoršavaju kad političari, ekonomski lobiji i mediji uvjere laike u nešto što znanost nije bila u stanju niti dokučiti. S druge strane treba naglasiti krajnje važnu ulogu prije svega medija u obavještavanju javnosti i popularizaciji znanosti posebno o tako važnoj problematici kao što je moguća promjena klime i eventualno globalno zagrijavanje. Međutim, tu se dolazi na skliski teren u kojem neznanje i manipuliranje mogu odigrati krajnje opasnu i potpuno suprotnu ulogu od one pozitivne i neophodno potrebne. Očito je da se i sama demokracija, čija je osnovna pretpostavka objektivno obavještavanje javnosti, ovdje našla u procjepu i čini se nerješivim dilemama. Da bi se javnost mogla objektivno obavijestiti o problematici čovjekove uloge u eventualnim promjenama klime potrebno je prvo znanstveno utvrditi koliko je on stvarno odgovoran za te procese te koliko su oni stvarno negativni. Znanost je još uvijek daleko od toga da ima pravi i puni odgovor na to pitanje.

Čovjek nije kriv za globalno zagrijavanje. Time s njega nije skinuta odgovornost za ogoljivanje, moglo bi se slobodnije izraziti i pljačkanje prirode. Oportunisti, među koje nažalost spadaju i brojni znanstvenici, taj neoprostivi i neprihvatljivi stav nazivaju lošim ili neodrživim upravljanjem resursima planeta. Čovjek je kriv za mnogo loše stvari koje se na ovoj planeti dešavaju kao što su: neracionalno korištenje planetarnih resursa, zagađenja okoliša, siromaštvo, kriminal, terorizam, ali je njegova moć ipak i na sreću još uvijek vrlo ograničena. Osuđujući čovjeka za brojna zla na Zemlji nerijetko se zanemaruje da razvoj osim pozitivnih izaziva mora imati i popratne negativne posljedice. Trebalo bi barem pokušati načiniti bilancu pozitive i negative ljudskih aktivnosti te tada pokušati donijeti objektivne odluke. Zaista, tu se radi o ekstremno teškom zadatku koji za sada nitko nije sposoban ni približno dokučiti, a kamo li riješiti.

Leroux (2005) smatra da čovjek nema nikakvu odgovornosti za globalne klimatske promjene. Ljudska rasa na sreću još uvijek ne može utjecati na promjenu klime u globalnom mjerilu. Da li će i kada moći to učiniti tek treba vidjeti. Daly (2004) smatra da nema pouzdanih dokaza o postojanju globalnog zagrijavanja u posljednjih nekoliko desetaka godina.

Doseg čovjekovih aktivnosti lokalnog je karaktera i najviše se osjeća u velikim urbanim aglomeracijama ili uz velike umjetne akumulacije te prilikom poduzimanja masovnih zahvata kao što su sječa šuma, prenamjena zemljišta, masovna izgradnja prometnica, industrijskih objekata, velikih iskopa, rudarenja i posebno masovnog crpljenja podzemnih voda, ali i fosilnih goriva. Na ublažavanje šteta navedenih ljudskih djelatnosti na okoliš trebaju svoje snage udružiti znanstvenicu, ekolozi aktivisti i mediji. Oni trebaju prisiliti ekonomske lobije i političare koji ih zastupaju na razumnije korištenje prirodnih resursa.

Čini se da je potrebno znanosti dati prostora i vremena za nalaženje pravih odgovora na

složena pitanja ključna za budućnost čovječanstva. Svaki pritisak na nezavisnu znanost uzrokuje ne samo nepotrebnu nervozu već i usporava proces otkrivanja istine. Mogli bi se složiti s Leroux-om (2005) da je potrebno rehabilitirati znanost, posebno klimatologiju i hidrologiju. Zaštita okoliša mora se striktno provoditi u praksi. Taj visoki cilj moguće je ispuniti samo ako postupci zaštite bude zasnovani na provjerenim i točnim hipotezama. Za sada treba priznati da se s njima ne raspolaže. Treba se suočiti s činjenicom da rješenja i odgovori neće biti ni brzo niti lagano pronađeni te da će se uskoro otvoriti nove dileme.

LITERATURA

1. Bard, E., (2002): Climate shock: abrupt changes over millennial time scales. Physics Today 55 (12): 32-38.
2. Bonacci, O., (2002): Globalno podizanje morske razine. Hrvatska Vodoprivreda XI (119) : 32-38.
3. Carlowitz, M. (1996): Did water vapor drive climate cooling? EOS, Transactions, American Geophysical Union 77 (33): 321-322.
4. Daly, J. L. (2004): Still waiting for greenhouse. What the stations say. (http://www.john-daly.com)
5. Douglas, B., Peltier, R., (2002): The puzzle of global sea-level rise. Physics Today 55 (3): 31-35.
6. Goodbridge, J. D. (1996): Comments on "Regional simulations of greenhouse warming including natural variability". Bulletin American Meteorological Society 77 (7): 1588-1589.
7. Harte, J., (2002): Towards a synthesis of the Newtonian and Darwinian worldviews. Physics Today 55 (10): 29-34.
8. Leroux, M., (2005): Global Warming - Myth or Reality - The Earring ways of Climatology. Springer Verlag, Berlin & Praxis, Chichester.
9. Mann, M. E., Briffa, K. R., Jones, P., D., Keifer, T., Kull, C., Wanner, H., (2006): Past millennia climate variability. EOS, Transactions, American Geophysical Union 87 (47): 527
10. Pirazzoli, P., (1996): Etat de la mer et niveaux marins. Bull. Ass. Géogr. Fran. 4 : 283-290.
11. Postel-Vinay, O., (2002): Les pôles fondent-ils ? La Research 358 : 34-43.
12. Sanchez-Sesma, J., (2003): Global temperature and atmospheric carbon dioxide: effect-cause or cause-effect relationship? Open e-mail Letter.
13. Weart, S., (2003): The discovery of rapid climate change. Physics Today 56 (8): 30-36.

AUTOR:

Ognjen Bonacci
Građevinsko arhitektonski fakultet, Sveučilište u Splitu, 21000 Split, Matice hrvatske 15
e-mail: *obonacci@gradst.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

P 05.

LIFE-LONG EDUCATION - WATER SPECIALISTS WILL NOT SURVIVE WITHOUT.

Herman Hahn

ABSTRACT: The water field appears to be a particularly rapidly changing discipline. The effectiveness of specialists efforts in this field depends to a large extent upon the validity of their knowledge and their most recent experience. In fact, it appears that water specialists are more dependent upon a renewal of their "half-live-doomed" knowledge than other disciplines. This introductory discussion is intended to identify those sectors of the water field that are relevant in terms of continuing education and then to analyse possibilities and limitations of presently discussed concepts. In particular German efforts in the continuing training of operating personnel and continuing education of engineers and scientists are to be presented and evaluated in their effectiveness. Within the boundaries of university experience and German lifelong learning efforts, the author wants to address the questions as to which content such continuing education should have, who must be addressed in which way and which instruments have proven successful today. - The main players in an effective integrated water resources management are the operating personnel, the planning, designing and constructing engineers and all those specialists that are necessary today in terms of providing the most appropriate framework, like lawyers, economists and administrators. Thus, continuing education offers must cater specifically to these groups of actors and the programmes will have to reflect this diversity of background and commitment. The rate of obliteration of knowledge and know-how in this sector is such, that many conventional methods of training and teaching do not appear suitable. And on top of that in devising concepts for such continuing education one must take into account that the lifelong learning student is no longer a student in terms of age since he is older. He is no longer completely free for learning, since he is usually in a working position. And finally he or she is better prepared for learning due to the fact that the usefulness of new insights into the field are proven daily on the job.

KEYWORDS: contimuing education concepts, water specialist, European education, R&D institutions, German Water Association

TRAJNO OBRAZOVANJE - NEIZOSTAVNO ZA STRUČNJAKE ZA VODE

SAŽETAK: Vode su područje koja se naročito brzo mijenja. Djelotvornost napora stručnjaka u ovom području u velikoj mjeri ovisi o aktualnosti njihovih znanja i najnovijih iskustava. Čini se da stručnjaci za vode znatno više ovise o obnavljanju svojih stalno zastarijevajućih saznanja nego što je slučaj kod drugih disciplina. Ova uvodna rasprava

ima za cilj identificirati sektore na području voda koji su relevantni za kontinuiranu edukaciju, te potom analizirati mogućnosti i ograničenja dosadašnjih koncepata. Konkretno u Njemačkoj, potrebno je prikazati i ocijeniti djelotvornost napora koji se ulažu u kontinuiranu obuku operatera i kontinuirano obrazovanje inženjera i znanstvenika. U granicama sveučilišnih iskustava i trajnog obrazovanja u Njemačkoj autor se želi baviti problematikom potrebnih sadržaja kontinuirane edukacije, različitim pristupima prema različitim grupama, te instrumentima koji su se u ovome pokazali uspješnima. Glavni akteri u djelotvornom integralnom upravljanju vodnim resursima jesu operateri, planeri, projektanti i graditelji, kao i svi oni stručnjaci koji su danas potrebni da bi pružili adekvatan okvir za ovu djelatnost - pravnici, ekonomisti, administratori… Stoga ponuda kontinuiranog obrazovanja mora biti usmjerena na one grupe aktera i programe koji će odražavati ovu raznolikost disciplina i predanosti. Brzina zastarijevanja znanja i vještina u ovom je sektoru takva da mnoge konvencionalne metode obuke i poduke nisu adekvatne. Osim toga, prilikom stvaranja koncepata kontinuirane edukacije u obzir se mora uzeti i činjenica da osoba koja se trajno obrazuje više nije student po godinama, nego starija osoba koja nije potpuno slobodna da se posveti učenju jer obično već sudjeluje u radnom procesu, no koja je time i bolje pripremljena za učenje, jer o koristi novih spoznaja svakodnevno svjedoči u praksi.

KLJUČNE RIJEČI: koncept trajnog obrazovanja, vodni spacijalisti, europsko obrazovanje, istraživačke i razvojne institucije, Njemačko udruženje voda

1 INTRODUCTORY REMARKS.

Education is today's key to a successful and satisfying life. And since much of what is taught in our education, ideas, facts, paradigms, change with time, education itself should be a continuous process. In particular professional education, characterized or even suffering much more from decreasing half-lives of knowledge, demands life-long learning. The fact that the directorate of the European Union, that is responsible for education, has renamed its very successful programme for European education, Erasmus, in "Lifelong Learning Programme" demonstrates this fact most convincingly.

The water field appears to be a particularly rapidly changing discipline. This may be caused on one hand by the ever expanding demand for water. On the other hand, however, the amount of research conducted in this area, for instance on health implications or on the mitigation of water scarcity, as well as the momentous number of technological developments or the frightening amount of necessary legal discussions cause a true explosion of knowledge in the water field.

Specialists working in the field of water, be it scientists, engineers, operators, economists or lawyers are challenged greatly today. And they are in great demand, as all employment statistics show. There are schools, universities and R&D institutions of great fame that deal with the education and training of such specialists. But the effectiveness of the specialists efforts depends to a large extent upon the validity of their knowledge and their most recent experience. In fact, it appears that water specialists are even more dependent upon a renewal of their "half-live-doomed" knowledge than other disciplines. And they need to accept all offers of continuing or life-long education.

This introductory discussion is intended to identify those sectors of the water field that are relevant in terms of continuing education and then to analyse possibilities and limitations of presently discussed concepts. - In particular German efforts in the continuing training of operating personnel and continuing education of engineers and scientists are to be presented and evaluated in their effectiveness. The perspective of the author is one of a (university) teacher and an active member of a professional association. Within these

boundaries, he wants to address the questions “Why” (i.e. which content such continuing education should have), “For Whom” (i.e. who must be addressed in which way) and “How” (which instruments have proven successful today).

2 WHY CONTINUOUS EDUCATION IN THE WATER FIELD IS NEEDED

As mentioned above, the heated discussion on the lack of wholesome water in many areas and the extend of research to alleviate these problems, lead to a host of new concepts, organisatorial and legal developments and new scientific and technical insights. It is agreed in general, that (technical) know-how today has a half-life of about seven years with a tendency to further acceleration of this process. In the water field there is (in Germany) a standard reference book (Imhoff Taschenbuch [5]) that has appeared recently in its 30th edition in exactly one hundred years. The book addresses predominantly practising engineers. On the basis of this book’s turnover on the average every three years, one can conclude that the practising water engineer’s knowledge needs a more intensive re-evaluation than that of other disciplines.

Likewise an inspection of books or material that report and interpret legal developments in the water field in Germany or in Europe shows that we have had changes or improvements or innovations with a rather quick succession in the legal field. Inspecting the history of the German Federal Water Framework Law, the Wasserhaushaltsgesetz, one finds that about every five years this has been adapted to new insights, to new requirements and to international or supranational developments. The latter one is best illustrated with the discussion and then passing of the European Water Framework Directive. Beyond that there are administrative regulations, frequently developed - in Germany - on a more regional basis within the jurisdiction of the sixteen Federal States. These regulations are re-written or newly developed to make the respective water laws function. A typical example is the (German) ordinance to all operators to monitor their operation, i.e. the Eigenkontrollverordnung. There is a booklet issued by the Bavarian State Ministry for the Environment and the Bavarian Section of the German Association on Water and Wastewater that contains all these developments within the legal area. And that booklet has appeared or has been re-issued on the average every three years (see “Sonderdruck [1]) or compare the Internet page of the Baden-Württemberg Ministry for Traffic and the Environment [2]).

If there are technological developments or analytical progress or organisatorial changes then it is the operating personnel that has to test these innovations and will or will not make use of their advantages. It is therefore of utmost importance to reach this sector and to inform, to train, to re-educate or continue to educate them. - Observations over longer periods of time and in many different regions of the world lead however to the impression that it is this group of players in the environmental field, or more specific, the water field, that is mostly forgotten, when one speaks of ´life-long education´. For this clientele there are only few books since most text books are written by scientists for scientists. There are not too many journals that are readable, many are again of a more scientific nature because that appears more reputable. And only recently a rather small number of journals for the practising engineer get recognition. Yet there are few authors from the realm of operators and possibly even fewer places to publish. It is not possible to make a similar statement or “calculation” on the turnover rate of information as in the case of the Imhoff reference book.

3 WHO SHOULD BE ADDRESSED WITH THIS OFFER OF LIFE-LONG EDUCATION

As indicated above the main players in an effective integrated water resources management

are the operating personnel, the planning, designing and constructing engineers and all those specialists that are necessary today in terms of providing the most appropriate framework, like lawyers, economists and administrators.

3.1 Operating personnel

For the personnel that operates all infrastructure and thus makes sure that the investment is used to its best, continuing education or the lack thereof is the most decisive factor. Depending upon the size of the installation, the degree of the original training and education is quite varied. In small plants or less investment-intensive mostly public enterprises it is non-academic personnel, not infrequently trained on the job. In very large installations one finds in addition to the immediate working staff highly trained personnel with engineering and management background.

Frequently this operating personnel comes from other fields, i.e. has a first training for instance as electric or mechanic or laboratory assistant. This is very desirable and advantageous if such operators on top of that have some re-tooling training. - Today's rather perfected curriculum for operating staff of German water and wastewater plants includes such electric and mechanic know-how in addition to the water and wastewater specific knowledge. The daily routines of the operators are as varied as is their background and training. There is the surveillance of the processes, the possibly necessary optimisation of processes, the monitoring of quality parameters and chemicals use and energy input and in addition desk-type of work. Thus, there is not much room for continuing education since the operation is a continuing one and personnel becomes scarcer and scarcer with the financial difficulties of water authorities and municipalities.

The most important question then is, how this rather non-homogeneous group is best addressed and to what extend and when. - The typical approach that scientists would advocate, the consultation of new literature and the attendance of conferences and seminars cannot be taken for obvious reasons. New ways will have to be sought and tried out. And in looking for such new approaches one has to gain the cooperation and motivation of the specialists themselves.

3.2 Engineering specialists

Water supply and, somewhat later, systematic wastewater collection and treatment has been of old a domain of city engineers. Thus, engineers, mostly civil engineers, in some instances today also chemical or process engineers, are still the main actors when it comes to planning, constructing, operating complex systems and supervising water resources installations.

And it is in the area of engineering know-how that the rapid renewal of know-how, respectively the rapid loss of validity of formerly received education has been demonstrated first and published widely. - Concern with developing and offering programmes of continuing engineering education has therefore been of foremost importance in this field as for instance very early international conferences document (FEANI/UNESCO [3]). Recommendations from such meetings influenced to a large degree also the German structure of continuing education. Mostly courses in integrated water management were developed. Professional associations, be it water supply oriented associations or wastewater and pollution control organisations offered courses since the early 1970´s. All kinds of topics embracing the whole spectrum of topics taught in a university curriculum were developed with varying periods of duration from one-day courses to week-long events. And a multitude of instructors, both from practise and universities met and taught at recluse locations. In the United Kingdom, this originally led to the concept and term of "open university".

3.3 Non-Engineering water specialists (lawyers, economists, managers)

The importance of legal framework, economic consideration and administrative aspects for any project of integrated water resources management was recognized early on. This can be illustrated for instance for Germany where from the founding documents of the German ATV, the predecessor organisation of today's DWA. The founding "engineers" organized their association in seven chapters one of which was for trained and practising legal specialists while another one was for natural sciences. Long before DWA was established, the predecessor ATV had enlarged its spectrum of chapters in 1996 by adding one for economic issues and economic specialists.

This non-engineering group of players in the field of water is likely to be the least uniform. It is also the one where nearly all persons concerned have an academic background. Thus, any offer for continuing education should respect this diversity and orientation and therefore furnish rather tailor-made programmes. Even if this was recognized already in the very beginning of ATV; specific programmes are only beginning to be developed now. Until recently these non-engineering specialists participated in water engineering offers to satisfy their needs of continuing education. It must be pointed out, however, that engineering courses always included legal, economic and administrative topics and in that way partly satisfied the need for continuing education of these specialists.

4 HOW?

It has become clear from the preceding analysis that there are different actors in the water sector whose continuing education will therefore also reflect this diversity of background and commitment. Furthermore the rate of obliteration of knowledge and know-how in this sector is so high, that many conventional methods of training and teaching appear not suitable. Finally in devising concepts for such continuing education one must take into account that the lifelong learning student is no longer a student in terms of age; he is older! Furthermore, he is no longer completely free for learning, since he is usually in a working position. And finally he or she is better prepared for learning due to the fact that the usefulness of new insights into the field are proven daily on the job.

4.1 For the operating personnel

With good success we in the German ATV or DWA have developed in integrated water resources management in Germany the so-called "neighbourhood concept", The term neighbourhood is a literal translation of the German term Nachbarschaften. The concept might possibly be better translated as Self-Support-System (SSS) as it was termed in an IWA Foundation project, or it could be called Operators-Support-System (OSS). The OSS, as I will refer to in the following, consists mostly of regular meetings several times per year of a limited number of participants from a not too large a region.

The structure of such OSS meetings and therefore also the (geographic) extension of an OSS relies on invitating some 20 or 30 persons from the operating staff of water works, sewers, treatment plants, landfills, etc. These invitations are issued by a senior from amongst that OSS group. The invited persons reside or work all within a region of not too large an extension which guarantees a short travelling distance; they do travel only on the day of the meeting and should not arrive too late in the morning of these one-day-meetings. The locale of the meeting rotates from one of the plants of the "neighbourhood" to another one for the next occasion. It is self-understood that the operator in charge, i.e. the momentary host ,will have put his plant in the most representable state, one of the noteworthy by-

products of this concept. Then the mentor of that group, by no means a professional teacher or a superior of any kind, will get the question and answering period started, very often with suggestions or questions that arose from within the group. If there are new laboratory or operating or legal developments, then these might also serve for a starting point for the discussions and exchange of opinion and experience. A very important aspect of these presentations and discussions is that they remain strictly confident and that their proceedings do not leave the group itself. Thus, an optimum of open and free exchange of experience and opinion is guaranteed. - One can rightly expect that such education through group dynamics is a very effective one. And we have observed that even without significant further investments into plants and infrastructure, the operation being more optimised will lead to higher efficiency. This concept has meanwhile been applied in other regions of the world such as for instance in Brazil. There, the undeniably social components of such meetings amongst colleagues helps to keep up interest in these lifelong learning programmes.

Table 1: The Operators Support System (OSS) of the German Water Association

Actors	Operating Personnel	Senior	Mentor	Occasional guests (e.g. administrative officers)
Problem definition	Reports on difficulties encountered, i.e. QUESTIONS	Contact person for everything between OSS events	Introducing new concepts, developments requirements	"Listening-in" in order to recognize future challenges
Problem solving	Exchange of solutions developed by individuals, i.e. ANSWERS	Collecting and documenting questions within the group in periods between OSS meetings	Answering questions that cannot be answered from within the group	Feeding suggestions into relevant channels
Contribution towards technological development	Identifying weak points of existing solutions	Possibly collecting and documenting information within the group	Giving suggestions contributing in more generalized form to "outside" institutions	Accelerating needed developments for instance by providing funds

This tabular description of the three main actors (with their occasional guests) in the OSS concept also shows that there is an increase in generalization in questioning and answering as one moves from the actor ´operator´ to the actor ´senior´ and from there to the ´mentor´ or even to the category ´guest´. And the following table might with its illustrating examples of such OSS discussions help to clarify the workings and proceedings of such meetings.

The illustrations shown in table 2 are taken from German experience and must not necessarily be representative for such exchange of know-how and lifelong learning for operating personnel in other regions or in OSS meetings form other infrastructure sectors.

Table 2: Fictitious or possible examples of topics worked on in wastewater treatment plant OSS meetings

Operational measures		Structural/operat.measures		Monitoring measures	
Substituting in part inorganic coagulants by organic ones	Changing the dosing point	Using parts of the primary sedimentation and the activated sludge basin for pre-denitrification	Changing from one pre-thickener and one post-thickener to two pre-thickeners	Determining BOD or COD by testing kit and adjusting operation accordingly	Optimising coagulant dosage or coagulant type by repeated jar-testing
Significance and relevance for plant or technology development					
Higher degree of generalization due to ´input´ into coagulation theory	Insight less generalizable since mostly dependent upon wastewater characteristics	Less generalizable since dependent upon local buildings	Less generalizable since dependent upon sludge characteristics	More generalizable since useful in the operation of every biological treatment plant	More generalizable since useful in the operation of every coagulation plant
Lesser impact on technology development since no new process steps	Effect for future development larger since change of process initiated	Larger effects for future development since denitrification and dephosphatation processes known in principle	Lesser effects for future development since no new processes, only process optimisation	Lesser effects for future development since no changes in results due to changed measurement method	Larger effects if new chemicals (i.e. other process variations) are developed.

4.2 For the engineering specialists

As stated earlier, the characteristics of continuing education offers for engineers will be of a different nature form the ones discussed for the operating personnel. It is understood that there are also instances where engineers operate plants, i.e. are members of the operators group. Or there are also engineers that are active in the administration, i.e. in the licensing, the supervision and the monitoring of water resources infrastructure. However, for this discussion the term ´engineer´ is interpreted as the specialist who predominantly plans and builds such elements of infrastructure.

The German Water Association has started early to develop special courses for the continuing education of engineers. One can discern three types of courses:

- Courses of longer duration that cover the whole field of integrated water resources management (IWRM)
- Short duration courses for the transfer/teaching of new developments (for example new standards for activated sludge plant design and operation)
- One or two day events focussing on one particular issue (such as for instance stormwater runoff)

The offers attempting to reflect the overall field were called rather ambitiously “Continuing Education Courses for Leaders in Integrated Water Resources Management”. Their success can be seen today in the water field in Germany, since many participants of the first courses are today’s leaders or CEO´s of Germany large water companies. They were

started in 1970 and have undergone several modifications that might be of interest for others.

1. From a once per year offered unit of four weeks duration that allowed to teach all aspects to today's complete cycles in six consecutive sub-courses of three daysduration each one focussing on a sub-set of issues such as for instance wastewater collection or another one as wastewater treatment etc.
2. From having mostly university teachers as lecturers to a spectrum of teachers from institutions of higher learning as well as from practise in all its forms
3. From an offering of loose leaflets as support material for some (but by far not all) lectures to providing complete ´books´ for each course, that might be looked at as nearly a complete text book for the whole list of topics presented.
4. From congregating at remove recluses which secured the never-interrupted presence of the students to conference hotel locations that can be easily reached from all points (in Germany)

The success of these courses and in particular the initial need for catching up in the beginning was so large, that many courses were taught in duplicate or triplicate, i.e. repeated two or three times so that the audience would not be too large. An optimum size was then thought to be some 30 to 50 persons in the audience allowing fruitful discussions. There were no pre-requisites or other requirements for enrolling but the courses were meant for academically trained engineers and any one subscribing was expected to bring along this level of training. - Today it is the material (and to some degree the lecturers) of these courses that is included in curricula of the open university offers for the water field such as they are organized by the (Technical) University of Hannover or of Weimar [6]. - The advantage of the interaction of experienced specialists from the field with young newcomers to the field, i.e. students cannot be valued enough and will certainly be a benefit for both sides, the teaching one and the learning one.

In terms of the other course offers, i.e. the more topically oriented ones, one can say that they are structured similarly to the above described item. The course material, though, is not necessarily in textbook form. It is, however, neither presented only in the form of power point presentation because that would appear to be insufficient for the purpose of an open university type of continued education. - These courses are taught in different places mainly with the aim of minimizing the travel effort of the students. The lecturers, the number of which is much smaller, travel as in a firmly organized programme to the place of presentation; occasionally a "regional" or local lecturer joins the group in special locations. In terms of demand for or "popularity" of the various offers the topical courses, frequently one-day events, are on top of the list. This may also result from the fact that they very often address topics that are in the air or that are heatedly discussed in professional circles.

The IWRM courses and the topically oriented offers are advertised in brochures of ever growing volume; the IWRM courses annually, the topical courses at least twice a year which illustrates their timeliness and the demand for them. In addition all theses offers can be found in the Internet which also allows online booking and registration. - At present no testing is done at any of these events; the attendance, however, is recorded and a certificate of attendance is issued at the end of each course if the participant asks for that. Quality control is accomplished in two ways: the programme offered is checked by standing committees of the association or even a non-involved and therefore "objective" sister association and the actual course is evaluated by detailed questionnaires.

The third type of continuing education offer for engineers, the exchange of experience

vents as the literal translation of the German term "Erfahrungsaustausche" would be or possibly better be called Support Meetings for Engineers (SME) or Support Meetings for Decision makers (SMD) is in concept and structure similar to the OSS offer for the operating personnel: strictly limited to the one group it is designed for, confidentially, and structured in its content again by the participants. There are such meetings for the planning, designing and building engineer (SME) and in a similar frequency and structure such meetings for decision makers (SMD), not infrequently subdivided into groups of managers for larger installations and groups of managers for smaller installations. The location for such events is usually selected on the basis of the association's state sub-organisation, i.e. state-wide and not nation-wide. It may, however, in the case of larger states imply two or more places. If there are minutes of such events recorded or written, they are only accessible to the participants. This confidentiality guarantees a very open exchange of experience. The programme or the topics to be discussed, which are determined by the participants, is frequently pre-organized by on-line discussions or by questionnaires sent to all prospective attendants.

4.3 For non-technical specialists

This rather heterogeneous group of actors in the water management field, i.e. natural scientists, economists and business administrators as well as legal specialists have until recently obtained their water-sector relevant continuing education alongside with the engineering specialists in events as described above. However, with the rapidly growing importance of these disciplines as exemplified by discussions on privatisation or public-private-partnership or on developing solutions for the issues of endocrine-like substances, has led to sub-committees, meetings and seminars specifically for and by these specialists. One example in the German Water Association is the formation of a new chapter for economic issues ("Hauptausschuss Wirtschaft"). Another example is the formation of an own group of business administrators within the SMD events for large wastewater treatment plant managers, i.e. having meetings parallel to those of the managing engineers. In all it can be said, that here is still an area that might need further development in terms of what content such continuing education offers should provide and what form might be optimal sectorally separated or interacting with other disciplines. In general, one can state that the necessary and existing interaction and cooperation of engineering specialists with non-engineering specialists should be analysed further in terms of primary education and even more so in terms of life-long learning(see concluding remarks).

Summarizing the above presented descriptions of all these offers of lifelong learning in tabular form shows the specific characteristics of each of the programmes and their main objective. One can see from the comparison (table 3) that all of these offers lead to a transfer of know-how and at the same time contribute to technological development and progress.

Table 3: Lifelong learning as accomplished by the formalized exchange of experience within the German Water Association

	OSS operators support system	SMD support meeting for decision makers	SME support meeting for engineers	SWC Standard Writing Committees
Main actor	Operating personnel	Municipal and State officers in their owners role or in their financing role	Consulting engineer	Water authority Decision maker Consulting engineer R&D representatives
Not participating in meeting	Consulting engineers Manufacturers Water authorities (R&D representatives)	Consulting engineers Manufacturers Water authorities (R&D representatives)	Municipal and State representatives Operating personnel (R&D representatives)	(Operating personnel)
Main result of meetings	Improvements in day to day operation and in monitoring	Sharing of experience in organisatorial, administrative and process oriented problems	New methods, new project solutions, improved consulting procedures	Further development of STANDARDS in the most general sense of the word, i.e. official standards, technology capsules, technical reports
Extrapolated or additional results	Operational optimization of processes and hints for the direction of new developments	Efficiency increase of processes and plants, information on new organisatorial and financial cooperations	Definite improvements in process design and in plant construction	Systematic collection and evaluation of new solutions

5 CONCLUDING REMARKS

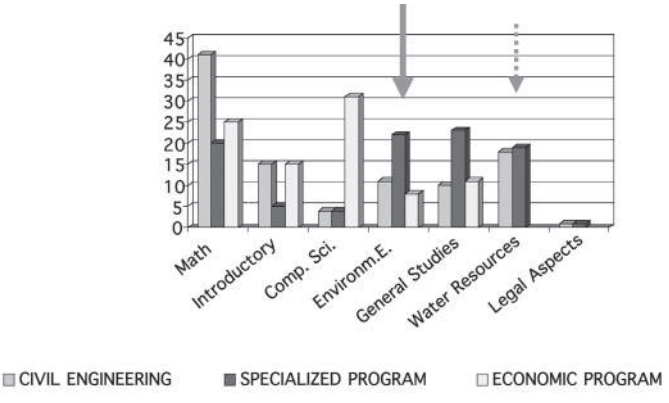
You enter a physicians waiting room and see certificates of training and continuing instruction and you feel confident or in the absence of such documents you may feel tempted to leave. - Does something like this exist already in our water field, in a field that is at least as dynamic as the medical field and therefore as much dependent upon such life-long learning? No! One does not see it in general. The reason may be that it is automatically expected from our specialists. And second, the visibility of our work and working conditions in the area of water and water management is not ye too high.

Beyond that, we must however admit, that there are examples of lacking qualifications, of lacking updates in know-how which manifest themselves in ill-conceived or badly constructed projects, noticeable in our field for instance in insufficient distribution systems, by treatment plants that are mal-functioning or through public waters that present dangers to public health. - We should argue the case of continuing education in the water field for all levels and all specialists such that it is generally accepted that members of that discipline participate in open university type of programmes or in specific discussions and seminars not according to their own liking and their own payment (or even their holiday time). It should rather be seen as an integral part of their job description and working schedule.

Continuing education concepts can also support or compensate lacking curricula development in schools and universities. Not too long ago such a short-coming has been corrected in establishing a successful program of combining engineering education with

economic instruction. The so-called economic engineering is a positive reaction to the ever growing need for simultaneously engineering and economic skills. So far unsolved is the lack of juridical insights and know-how of engineers or the development of a joint program of that might be called "juridical engineering" (see figure 1]). It can be seen from this overview that legal aspects are underrepresented.

Figure 1: Primary education in civil engineering, so-called economic engineering and water resources engineering (such as at the Technical University of Dresden) in institutions of higher learning. Percentage of contributions from engineering, economic and legal disciplines are shown (from Hahn [3]).



6 LITERATURE

[1] ATV-DVWK e.V. Landesverband Bayern, „Sonderdruck des Bayrischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen - Wasser- und Abwasserabgabengesetze", München (2001)

[2] Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt und Verkehr, Information on Legal Aspects, Internet Site: http://www.um.baden-wuerttemberg.de

[3] Hahn, H. H.: Continuing Education: The Recipients Demands of Society with Respect to the Continuing Education of Engineers. In: 1972 FEANI/UNES-CO Seminar of Engineers, Helsinki/Finnland. (1972).

[4] Hahn, H. H.: Erfahrung für die Zukunft. Folgerungen aus fünfzigjähriger erfolgreicher Arbeit. In: Korrespondenz Abwasser. 46. Jhrg., H. 1, S. 20-23 (1999).

[5] Imhoff, K., Imhoff K.R., „Taschenbuch der Stadtentwässerung", 30. Auflage, Oldenbourg Industrieverlag München (2007)

[6] University of Hannover, Internet site: http://www.uni-hannover.de/de/studium/studienfuehrer/bauing/fachstudium/or Bauhausuniversität Weimar, Internet site: http://www.uni-weimar.de/cms/Wissenschaftliche_Weiterbildung.

Author:

Hermann H. Hahn
University of Karlsruhe, Karlsruhe
hahn@iwg.uka.de

TEMA 1.

SUSTAVNO PRAĆENJE VODNOG REŽIMA SLATKIH VODA I STANJA MORA

Voditelji i recenzenti teme:

dr. sc. Nenad Domijan, dr. sc. Zlatica Kozarac, doc. dr. sc. Zlatko Mihaljević, prof. dr. sc. Damir Viličić, prof. dr. sc. Ranko Žugaj

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.01.

THE SURFACE WATER QUALITY IN KOSOVA

Tahir Arbneshi, Naser Troni, Liridon Berisha

ABSTRACT: Water resources in Kosovo are limited. The major ingredients of surface water are rivers excepting of some artificial accumulation lakes. In Kosovo's territory is formed around of 3.6 milliards m^3 of surface water per year or 114.5m^3/s. This entire water amount through four catchments areas flows into three seas, as follows: The Drini i Bardhë River Basin which flow in to the Adriatic Sea, the Ibër and the Morava e Binçës River Basin flow into the Black Sea and River Basin of the Lepenc which flow into the Aegean Sea. Because of morphological characteristic of our country, the overwhelming majority of urban and industrial users are located in middle and down part of the rivers flow. In the same time large urban centers are the main industrial centers too, and are located alongside the flow of the rivers. Besides pollution caused by natural way the surface water are polluted from urban and industrial wastewater discharge too. This is a serious problem because the wastewaters from the urban and industrial areas are directly discharged in the nearest rivers with no preliminary treatment which flows have a high variation during the four seasons. In this way the amount of wastewater discharged exceed the auto purification capacity of the river's bed. Thus, the vulnerability of water quality is followed by serious changes of its properties, resulting undesirable effects, like: lack of oxygen, reduction in pH value, increase of heavy metal complexion capacity, increase of toxicity and hazardous substances accumulated in the food chain, eutrophication of water etc. A considerable amount of Kosovo's surface water is exposed to high level of pollution that actually can not be use for drinking water supply, irrigation and recreation purposes etc. In our country we have to be focused on finding practical solution of this issue, which should be preceded by a deep study that is intensively done in most of the countries dealing with this issue.

KEYWORDS: Kosovo, Surface Water, Water quality, Vulnerability of Water Quality

KAKVOĆA POVRŠINSKIH VODA NA KOSOVU

SAŽETAK: Resursi voda Kosova su ograničeni. Na teritoriji Kosova tokom jedne godine formira se oko 3.6 milijardi m^3 površinskih voda, odnosno 114.5 m^3/s. Cjelokupna količina ovih voda otječe putem četiri rijeke (Drini i Bardhe, Ibar, Morava e Binçës i Lepenac) u tri mora (Jadransko, Egejsko i Crno More). Morfološke karakteristike Kosova uvjetuju da je većina urbanih i industrijskih korisnika voda locirana uzduž srednjih ili donjih tokova vodotoka. Veća urbana mjesta istodobno su i vodeći industrijski centri, koji su također locirani pored riječnih vodotoka. Površinske vode na Kosovu, pored zagađenosti prirodnim putem, izložene su i zagađenosti iz ispuštenih voda urbanih i

industrijskih centara. Ovo predstavlja poseban problem, jer se vode urbanih i industrijskih centara bez ikakve predobrade otpuštaju u najbliže vodotoke. Količine ispuštenih voda su veće od kapaciteta samopročišćivanja voda rijeka. Na ovaj način ugrožava se kakvoća voda pri čemu dolazi do ozbiljnih promjena uvjeta, a kao posljedica mogući su neželjeni poremećaji kao što su: pomanjkanje kisika, smanjenje vrijednosti pH, povećanje kapaciteta kompleksiranja teških metala, povećanje otrovnosti i nakupljanje štetnih tvari u prehrambenim lancima, eutrofikacija voda itd. Određene količine površinskih voda na Kosovu, izložene su zagađenosti do takve mjere da se ta voda ne može više koristiti za vodoopskrbu, navodnjavanje, rekreaciju i šport. Ovakav problem neophodno je riješiti prethodnim studijama koje se intenzivno koriste u mnogim zemljama sa sličnim problemima.

KLJUČNE RIJEČI: Kosovo, površinske vode, kakvoća voda, ugroženost kakvoće voda

Introduction

Global concern for environment is connected to the role it has for existence of the human civilization. Today in whole world more and more is talked about ecological crisis, in spite of fact that efforts were done and are being done to overcome it. Permanent monitoring of polluted waters with pollutants now and in the future is going to be a big challenge for civilization of entire world. Water is a natural resource with general interest, which should be rationally used, and it must be protected from eventual degradation.

Application of several physical-chemical methods for detection of pollutants nature needs a technology with high expenses and high efforts in work. It plays an important role both in development of vital processes and industry. There is no branch of an industry that does not use the water.

Water resources in Kosovo are limited. The major ingredients of surface water are rivers excepting of some artificial accumulation lakes. In Kosovo's territory is formed around of 3.6 milliards m^3 of surface water per year or 114.5m^3/s. This entire water amount through four catchments areas flows into three seas, as follows [8].

1. The Drini i Bardhë river Basin with surface about 4400 km^2, speed average of flowing 70m^3/s, located in west side of Kosovo, flows toward south Albania and ends up in to Adriatic Sea.
2. The Ibër river Basin with surface about 4700 km^2, speed average of flowing 33m^3/s, located in northeast side of Kosovo, flows toward Serbia joining the river Danube and ends up in to Black Sea.
3. The Morava e Binçës river Basin with surface about 1600 km^2, speed average of flowing 7m^3/s, located in east side of Kosovo, flows toward Serbia joining the river Danube and ends up in to Black Sea also.
4. The Lepenci river Basin with surface about 800 km^2, speed average of flowing 8m^3/s, located in south side of Kosovo, flows toward Macedonia joining the river Vardari and ends up in to Aegean Sea.

In general in our Country the main rivers are relatively small and mostly their springs are in the near mountains. Except of the Ibër River, all other spring of the rivers are situated in our Country. In the last period these rivers are conversed in a source of wastewater. The waste waters from the urban and industrial centers spills out in the river without any kind of treatment.

Study field and methodology

In the same time large urban centers are the main industrial centers too, and are located alongside the flow of the rivers. Besides pollution caused by natural way the surface water are polluted from urban and industrial wastewater discharge too. This is a serious problem because the wastewaters from the urban and industrial areas are directly discharged in the nearest rivers with no preliminary treatment which flows have a high variation during the four seasons. In this way the amount of wastewater discharged exceed the auto purification capacity of the river's bed.

The aim of this paper is to study the vulnerability of surface water quality in Kosovo. For this purpose some analyses of water quality indicators in four River Basin of Kosovo were carried out. Samplings place were selected in that manner to be noticed the influence of wastewater discharge from urban and industrial areas in surface water quality in five major rivers of Kosovo like: Drini i Bardhë, Sitnica, Ibri, Lepenci and Morava e Binçës.

Samples were taken in places where you can have clear notice influence of pollutants from factories and large urban cities. All samples are taken in a distance of five hundred meters from discharged place of wastewaters downstream of the river (Figure 1).

Figure 1. Samples Points in the Kosovo's Rivers Flow.

Collecting of samples and performance of analyses were done according to standards methods for surface water [1 and 4]. For determinations of heavy metals atomic absorption spectroscopy methods and anodic stripping voltametry are applied, whereas the quantity of total phenols is determined with UV-VIS spectrophotometer.

Results and Discussion

To estimate the surface water quality in our country's rivers, some of main indicators pollution such as: pH value, dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD5), total phosphorous (TP), ammonia (NH^{4+}), nitrites

Drini i Bardhë River				
Parameters	Unit	Minimum	Maximum	Average
pH	-	7.95	8.5	8.2
DO	mg/L	3.22	7.85	7.05
COD	mg/L	5.25	85.45	16.85
BOD5	mg/L	6.35	16.72	11.8
NO3-	mg/L	0.5	25.55	5
NO2-	mg/L	0.01	3.25	0.045
NH4+	mg/L	0.05	5.45	0.55
TP	mg/L	0.05	6.33	1.75
Pb	mg/L	0.001	0.003	0.0015
Cd	mg/L	0.0001	0.015	0.00035
Cu	mg/L	0.0015	0.008	0.0025
Zn	mg/L	0.0015	0.145	0.0043
TPh	mg/L	0.0048	0.032	0.013
Sitnica River				
Parameters	Unit	Min	Max	Ave
pH	-	4.3	8.95	6.55
DO	mg/L	2.01	5.22	4.65
COD	mg/L	6.45	77.4	13.45
BOD5	mg/L	8.45	25.78	14.32
NO3-	mg/L	7.25	42.05	13.35
NO2-	mg/L	0.2	16.5	5.35
NH4+	mg/L	4.05	21.75	7.42
TP	mg/L	5.42	8.25	6.43
Pb	mg/L	0.025	0.165	0.085
Cd	mg/L	0.003	0.022	0.0055
Cu	mg/L	0.022	0.204	0.124
Zn	mg/L	0.122	0.405	0.225
TPh	mg/L	0.22	0.88	0.33

Ibër River				
Parameters	Unit	Min	Max	Ave
pH	-	5.3	8.65	7.1
DO	mg/L	3.85	7.05	6.2
COD	mg/L	5.05	52.22	12.05
BOD5	mg/L	7.88	14.45	8.82
NO3-	mg/L	5	35.5	12.25
NO2-	mg/L	0.25	12.5	5.25
NH4+	mg/L	0.95	4.05	1.75
TP	mg/L	7.75	8.88	8.25
Pb	mg/L	0.055	0.385	0.185
Cd	mg/L	0.0022	0.021	0.005
Cu	mg/L	0.025	0.315	0.105
Zn	mg/L	0.125	0.505	0.225
TPh	mg/L	0.13	0.45	0.28
Lepenci River				
Parameters	Unit	Min	Max	Ave
pH	-	7.2	8.65	7.75
DO	mg/L	3.45	6.84	5.12
COD	mg/L	7.35	26.75	11.84
BOD5	mg/L	2.21	6.45	3.75
NO3-	mg/L	0.25	3.25	1.05
NO2-	mg/L	0.05	1.5	0.55
NH4+	mg/L	0.25	1.75	0.55
TP	mg/L	3.55	8.85	6.45
Pb	mg/L	0.0025	0.02	0.0055
Cd	mg/L	0.0015	0.021	0.0045
Cu	mg/L	0.155	0.185	0.165
Zn	mg/L	0.145	0.355	0.205
TPh	mg/L	0.0028	0.012	0.0045
Morave e Binçës River				
Parameters	Unit	Min	Aver	Aver
pH	-	6.95	8.6	7.5
DO	mg/L	3.2	7.35	6.55
COD	mg/L	14.45	52.82	18.84
BOD5	mg/L	6.25	21.84	10.4
NO3-	mg/L	0.55	2.05	1.25
NO2-	mg/L	0.05	1.75	0.075
NH4+	mg/L	0.05	2.05	0.15
TP	mg/L	3.05	4.45	3.55
Pb	mg/L	0.0001	0.015	0.00075
Cd	mg/L	0.0002	0.0021	0.00045
Cu	mg/L	0.022	0.325	0.095
Zn	mg/L	0.025	0.125	0.055
TPh	mg/L	0.0018	0.0095	0.006

Table 1. Water quality data

(NO_2-), nitrate (NO_3-), total phenols(TPh), lead (Pb), cadmium (Cd), cupper (Cu) and zinc (Zn) are picked out.

Even in this work has been done investigation of the surface water quality indicators during four seasons of the year (May 2005 - May 2006), their results are presented in brief

way as minimal, maximal and average values for five Rivers of Kosovo in one table form (Table 1).

The gained results in many case shows the emphatic variability of indicators of surface water quality (Table 1). It has been registered a reduced amount of dissolved oxygen in water and especially emphasis in Sitnica and Ibër river as well as in vicinity of industrial and urban wastewater discharge locations in Drini i Bardhë, Lepenc and Morava e Binçës river's.

All of this is ensued with high amount of BOD and COD. In all sampling places after the urban wastewater discharged high values of nitrogen and total phosphorous salinity were registered. It is worth to mention that heavy metals value was more expressed in Ibër River (Pb and Zn) and in the water of Sitnica river (Pb, Cd, Zn, Cu). It is disquiet the fact of phenols level concentration in Sitnica river which has been rather high (Table 1) in surroundings of Thermo Power Plant facilities in Obiliq.

A high level concentration of phenols mainly appears after atmospheric falls, and in this case comes to a rinse of high surfaces of lignite's and ash depositions, and their spills out in the river basin of Sitnica, that flows toward river Ibër causing its pollution.

In many cases the values of nitrogen and phosphorus salts after the urban wastewater discharged have exceed more than allowed values for Kosovo's surface water of third categories (rivers: Drini i Bardhë, Lepenci and Morava e Binçes) and fourth categories (Rivers: Sitnica and Ibër). Impressive fact of this study is that in relatively short distance the capacity auto purification of river is evident yet and also the level of their concentration is reduced.

Experimental results (table 1) shows that some indicator of water quality as are phenols in rivers Sitnicë and Ibër indicates tendency of increasing, whereas some other indicators as are heavy metals in rivers Sitnicë and Ibër have tendency of decreasing comparing with former experimental results [6, 9 and 10]

Concerning of organic compounds, dissolved oxygen DO, BOD, COD, and nitrogen and phosphorus salts are not seemed to be different from former experimental results. [7, 3 and 2].

The surface water quality in Kosovo continually is falling and strongly we can say that this statement is alarming. In last decennia on the contrary that some of capital objects of Kosovo's' industry are out of their function, the water quality of our rivers in urban cities has got serious differences. In this way the water that can be used as drinking water and cleaning supply, from the second category has fall in third category and it may be used only for irrigation and industry.

Aggravation of water quality has got high level in the Ibër river basin where dominates the polluted river Sitnica from entire Obiliq all a way down to Vushtrria, has serious differences. This part of the river is out of every kind of surface water quality categories [5].

Unfortunately "Especial contribute "for the ecological statement of this river have Thermo Power plant facilities Kosovo "A" and "B" in Obiliq and discharge of waste water from Pristine and surrounds. Usually discharged waste waters are polluted with organic substances, oil, heavy metals and the other inorganic substances. Water with high quality (I category and I/II) in Kosovo is rarely and mainly it could be find only in the part of mountains were the sources of Kosovo's rivers.

Pollution with organic substances is more evidenced in the river Sitnica especially near Thermo Power plant facility in Obiliq. Pollution with toxic substances as are heavy metals and phenols are more registered in the rivers Sitnica and Ibër after their exit of industrial centers of Mitrovica and Obiliq. Rivers Drini i bardhë, Lepenci and Morava e Binçës are relatively less polluted due to the high ability of their auto purification.

It is worth to mention that also these rivers are permanent polluted from the wastewaters of urban centers, which are discharged in watercourses without any preliminary treatment. In our country anyone of urban cities (Prishtina, Peja, Gjakova, Prizreni, Mitrovica, Ferizaji and Gjilani) didn't solve yet this problem of treating of wasted waters from sewerage. All water from sewerage systems of urban centers and surrounds discharge in the near river-bed without of any chemical-physical treatment.

The most polluted surface water in Kosovo are the river Sitnica near of Thermo Power plant facility in Obiliq, and the river Ibër near of Mitrovica. The threatening of quality of Lepenci River from pollution is after joining with small river Nerodime near of Lime Plant in Kaçanik and Cement Plant in Hani i Elezit.

The quality of river Drini i Bardhë is threaten from the waste and industrial water of urban centers as are Peja, Gjakova, Prizreni, Klina and Rahoveci.

It is worth to mention that also this river is permanent polluted from the waste and industrial waters which are discharged in watercourses without any preliminary treatment from Brewery of Peja, in Peja, Wine Cellar in Gjakova, Prizreni, Suharekë, and Rahovec etc. The quality of river Morava e Binqës is polluted from the waste and industrial water of urban centers as are Gjilani, Vitia Kamenica, etc, and even the factory of Ni-Cd battery's isn't working, there are still large depository with high potential of pollution.

Seeing generally, the surface waters in Kosovo are under permanent pollution. The fact that our cities have not any preliminary treatment of urban and industrial wastewater let us understand that they end up as natural recipients.

It is last moment to initiate concrete steps how to prevent this alarming statement of natural resources of Kosovo.

Beside this, immediately to initiate with prevent programs, their reconstruction and wherever it's possible to look after their revitalization.

Conclusions and recommendation

After the water quality assessment of five main rivers of Kosovo it can be concluded that surface water of our Country is endangered by the pollution. The surface water quality in Kosovo is continually vulnerable from industrial and urban water, which are discharged in watercourses without any preliminary treatment. Special contribution on this pollution has the Thermo Power Plant of Kosovo with its facilities. Cements Plant in Hani Elezit, Lime Plant in the Kaçanik and some other industrial objects as well. Despite the lack of maintenance, there is still time and the opportunity to reduce this negative behavior on Kosovo's surface waters. As first step further surface water pollution has to stop in order to improve the existing condition.

The measures should be undertaken

Prevention, monitoring and reduce of scale pollution, to ensure the quality level, biological equilibrium and these water ecosystem, and at those places where quality rehabilitation is possible.

Instant initiative of investment in technology fields of industrial water discharge, wastewater and urban water.

Application of environmental standards regarding of using, quality, discharges and integral treatment of water pollution issue.

Literature

1. American Public Health Association. (1992): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition. Washington D.C. (text book).
2. Arbneshi, T., Beqa L.& Zuzaku I. (2004): Water quality vulnerability of the Lepenci river basin. Proceeding of Conference on Water observation and information system for decision support. Edited by M. Morrell (IRD), O. Todorovik (HMS, METEO MAK) and al. - Published by Ministry of education and Science of Republic Macedonia. Skopje. p. 1-9.
3. Beqa, L., Ibrahimi. A., Arbneshi, T. & Rugova, M. (2003): The influence of dry ash disposal site of Kosovo power plants on the surface and ground waters of district Sitnica river, 1st. International Symposium of Environment Management. p.35.
4. Dalmacija, B. (2000): Water Quality Control in Towards of Quality Management. (Text book).
5. Directive 2000&60&EC of the European Parliament and of the Council of the 23 October 2000.
6. Jusufi, S., Arbneshi, T. Shehdula, M. & Bacaj, M. (2004): Phenol Concentration in Sitnica River. Proceedings of the II Congress of Ecologist of the Republic of Macedonia, with International Participation. Special issues of Macedonian Ecological Society, Vol. 6, Skopje, p. 568 - 571.
7. Korça, B., Jusufi, S., Shehdula, M. & Bacaj, M. (2002): Surface Water Pollution in Kosovo, Scientific Conference: Technical-Technological Sustainable Development and Environment. p. 197-202.
8. Ministry of Environment and Spatial Planning. (2003): Kosovo State of the Environment Report. p. 21-24.
9. Rugova M., Jusufi,S., Gjeçbitriqi, T., Hasimja, H. (1989): Heavy Metals Determination (Pb, Cd, Cu and Zn) in Polluted Waters of Kosovo's Rivers, Bulletin of Yugoslav Association for Water Protection. 82-84: p.34-38.
10. Rugova, M., Jusufi, S., Lajçi, A. & Arbneshi T. (2003): Water quality of the Sitnica River.3rd Croatian Conference on Water (Croatian Waters in the 21st Century), p. 883-888.

Authors:

1. Dr. sc. Tahir Arbneshi,

associated professor, University of Prishtina, Faculty of Natural Sciences, Chemistry Department, str. Nëna Tereze nr. 5, 10000 Prishtina, Kosova, tel. +38138244186, e-mail: *tahirarbneshi@fshmn.uni-pr.edu*

2. Dr. sc. Naser Troni, assistant,

University of Prishtina, Faculty of Natural Sciences, Chemistry Department, str. Nëna Tereze nr. 5, 10000 Prishtina, Kosova, tel. +38138244186, e-mail: *naser_troni@yahoo.com*

3. Liridon Berisha,

assistant, University of Prishtina, Faculty of Natural Sciences, Chemistry Department, Nëna Tereze nr. 5, 10000 Prishtina, Kosova, tel. +38138244186, e-mail: *lira092000@yahoo.com*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.02.

HEAVY METALS CONCENTRATION (Pb, Cd, Zn and Cu) IN WATER SAMPLES of IBER RIVER

Tahir Arbneshi, Fatos Rexhepi, Albana Veseli, Hilmi Hasimja

ABSTRACT. Natural water contains very low concentrations of eco-toxic metals and contamination may present a severe hazard to the normal functioning of the aquatic ecosystem. They are not biodegradable and are involved in biogeochemical cycles by which are concentrated in sediment and biota, by very high distribution coefficients. Electrochemical analyses are very sensitive, specific and reproducible and at the same time allow simultaneous determinations of several elements even (at the levels) below 10-9 mol dm $^{-3}$. The aim of this study was to determine the level of concentrations of heavy metals such as lead, cadmium, zinc and copper in Ibër River. Anthropogenic influence on water pollution was examined considering concentration of heavy metals with toxic effect. Assessment of river water pollution with lead, cadmium, zinc and copper made for the Suhodoll, Zhabare, Mitrovica 1 and Mitrovica 2 stations at the Ibër River. Sampling and preservation of samples were performed based on standard methods for the water sampling. The level concentration of heavy metals was determined by DPASV (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry). Experimental results showed that concentration of heavy metals, especially lead concentration exceeds the maximum permitted values for surface waters. It is worth mention that concentration level of heavy metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in river Ibër is higher than measurements performed in years 1975/76, but lower than measurements that have been performed in year 1989. Therefore, the concentration level decreased when Mineral and Metallurgic Complex "TREPÇA" closed down all its activities.

KEY WORDS: Ibër River, heavy metals, aquatic ecosystems, anthropogenic influence.

KONCENTRACIJA TEŠKIH METALA (Pb, Cd, Zn and Cu) U UZORCIMA VODE RIJEKE IBAR

SAŽETAK; Prirodne vode sadrže vrlo niske koncentracije ekotoksičnih metala tako da i malo antropogeno zagađenje može ozbiljno ugroziti prirodni sustav i djelovanje vodenog ekosustava. Ovi metali u tragovima nisu biorazgradljivi, te se koncentriraju u sedimentu i bioti tijekom biogeokemijskog ciklusa. Suvremeni razvoj elektrokemijskih tehnika omogućava osjetljive, specifične i reproducibilne analize velikog broja uzoraka vode uz minimalno narušavanje kemijske ravnoteže uzorka i to na koncentracijskim razinama znatno nižim od 10-9 mol dm^{-3}. Ovaj rad ima za cilj određivanje razine koncentracije teških metala (Pb, Cd, Zn and Cu) u uzorcima vode rijeke Ibar. Na osnovu razine koncentracije teških, ujedno i toksičnih, metala praćen je antropogeni utjecaj zagađenja voda. Procjena

zagađenosti voda olovom, kadmijem, cinkom i bakrom vršena je na mjernim postajama Suhodoll, Zhabare, Mitrovica 1 i Mitrovica 2. Uzorkovanje i konzerviranje uzoraka vode priređeno je na osnovu standardnih metoda za uzorkovanje voda. Rzazina koncentracije metala određena je DPASV (Diferencijal Pus Anodik Striping Voltametrijom). Eksperimentalni rezultati ukazuju na povišenu razinu koncentraciju teških metala, osobito olova koji prevazilazi maksimalne dozvoljene koncentracije za površinske vode. Vrijedi spomenuti da koncentracije teških metala (Pb, Cd, Zn i Cu) u uzorcima vode rijeke Ibar ukazuju veću razinu od mjerenja provedenih 1975/76 godine, odnosno nižu razinu na osnovu mjerenja provedenih 1989 godine. Pad razine koncentracije metala dolazi kao posljedica smanjenih aktivnosti Rudarsko Topioničkog Kompleksa "TREPČA".

KLJUČNE RIJEČI: Rijeka Ibar, teški metali, vodeni ekosustav, antropogeni uticaj.

INTRODUCTION

The river Ibër flows up in the Montenegro and is characterized with a low hydrological regimen, with an average flow of 33 m3/sec. Since historically this river is surrounded by a lot of dwellings, river Ibër is an important factor for their development. Until lately, the water of this river was an important flow for them and was used for different purposes like, water supply, irrigation, fishing and recreation.

The last period of time the river Ibër is converted into a natural recipient of waste waters like the ones coming from objects of Mineral and Metallurgic Complex "TREPÇA" in Mitrovica, waters from bigger and smaller central urban canalization systems, through which river flows down, and which have unresolved problems of treatment and purification of discharged waters. To the flow of the river Ibër subjoined small rivers, which are also recipients of the waste waters of different urban and industrial centers.

Parallel with this in the river Ibër and other small rivers that flow down into it, come a considerable amount of raw waters from the agricultural wrought surfaces. In the middle part of its flow, river Ibër percolates the city of Mitrovica where objects of Mineral and Metallurgic Complex "TREPÇA" and their activity are dislocated. Mineral and Metallurgic Complex "TREPÇA" starting from the exploitation of the natural resources (mineral) until the production, which considerably indicates in the environment, and in the condition of the river Ibër as well.

Natural waters, in different concentrations, practically contain all chemical elements. Usually eco-toxicological metals in natural waters are in small amounts. In the last decades different methods are used for determination of the concentration of solved metals and ionic types of their traces in water. Contemporary development of the electrochemical analysis enables analysis with high sensitivity; specified analysis and reproducibility for a number of water samples with a minimal displacement of chemical equilibrium of the sample even in the levels lower than 10^{-9}M. The concentration of mobile forms of the solvable metals can be obtained directly from the samples of raw natural water, while their total concentrations can be obtained by measuring total metal concentrations in raw acidified samples [3].

Electrochemical analyses are very sensitive, specific and reproducible and at the same time allow simultaneous determinations of several elements even (at the levels) 10-9M. they are also capable of discriminating between mobile dissolved forms (i.e., free metal ions and labile complexes with size smaller than a few nanometers) and colloidal/particular trace metal forms. The former can be obtained by direct measurements in raw natural water while the latter can be obtained by measuring total metal concentrations in raw acidified samples.

Moreover, electrochemical instrumentation has been computerized and the analytical procedure is completed automatically. Despite all these analytical and technical capabilities, most of the developments reported until now deal with on-line automatic voltametric analyzers for laboratory and/or field measurements. Development of the experimental procedure for natural waters is still a professional and scientific challenge.

Some of the metals in aquatic environment react in a specific way which is to be followed with a wide spread of their endurance solvable in water. Their interactions are mainly connected with dominant physical-chemical mechanism. Trace metals in aquatic environment are spread out through abiotic and biotic accretion. Their relative amount in each surface depends from its physical chemical reactivity, respectively from the scale of achieved balance (dynamic equilibrium) [2].

Trace metals species in waters are distributed between different physicochemical forms (i.e. simple inorganic species, organic, labile and inert complexes and metal ions adsorbed onto a variety of solid and colloidal particles). Variation in the chemical speciation of an element will affect its bioavailability. Thus, not only total concentration, but also metal speciation measurements are required to understand and predict the role and fate of eco-toxic trace metals in aquatic systems [5].

STUDY FIELD AND METHODOLOGY

The purpose of this study was determination of the quantity of lead, cadmium, copper and zinc in the water of the Ibër River as well as identification of the potential pollutants of this water.

For this reason in the period of January - December 2006 samples of water in four sample places along the downstream of this river are taken. Along the flow in the bed of the river Ibër considerable amounts of urban and industrial waters discharge straight from dwellings and different industries According to this, sample places are chosen to notice the indication of potential pollutants and its auto- purification capability. Samples were taken in four following points Suhodoll (I-1) before entering to the town of Mitrovica, Zhabare (I-2) in the enter of the town of Mitrovica, Mitrovica 1 (I-3) in the town of Mitrovica, and Mitrovica 2 (I-4) closeness to the city of Mitrovica, before the reunion of river Sitnica with river Ibër (Image 1).

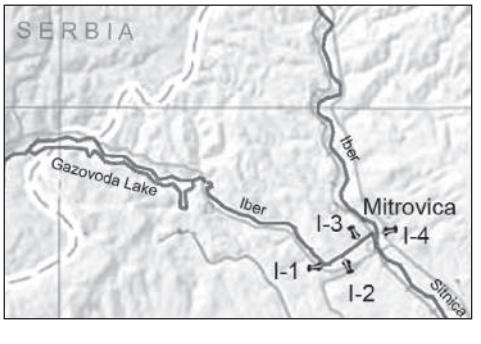


Image 1. Schematic presentation of sampling points in water flow of Ibër River

Samples of the water for analyses are taken and prepared according to the standards methods [4]. Heavy metals are determined from the acidic aquatic solutions with anodic stripping voltametry [5].

RESULTS AND DISCUSSION

Natural water contains low concentrations of eco-toxic metals and any contaminations may present a severe hazard to the normal functioning of the aquatic ecosystem. Something like that is happening with the water of the river Ibër.

Trace metals are not biodegradable and are involved in biogeochemical cycles by which they are concentrated in sediment and biota, by very high distribution coefficients.

Different anthropogenic and biogeochemical sources indicate in the content of trace metals in different aquatic surfaces and that: (i) by, direct input of the pollutants that contain metals, or by inputting other reactive reagents (ii) which have an indication in spreading trace metals within chemical types and their surfaces in the aquatic system (organic ligands, active superficial material, redox reagents) and indirect, like thermal pollution (iii). When it comes to the point of river Ibër, in which discharged all used waters from Mineral and Metallurgic Complex "TREPÇA" (MMCT) where collected all water of residual postindustrial something like this is evident.

Direct input of different pollutants in aquatic system indicates in the content of the general amount of metals within the entire system, while two others (ii) and (iii) show how evidently can be indicated in the amount and spreading of ionic types in different surfaces of the aquatic system.

Repeated mobilization of previous deposed metals in the lower levels of the aquatic system causes increase of risky indication in human nutrition especially with its concentration in the food chain.

Obtained experimental results in this research confirm the data from literature [6, 7 and 8] according to which concentration of heavy metals in the river Ibër is disorderly (Table 1).

The amount of lead is from 0.01 mg/L (in sample place I-1) up to 0.079 mg/L (in sample place I-4), the amount of zinc is from 0.023 mg/L (in sample place I-1) up to 0.094 mg/L (in sample place I-4), the amount of cadmium is from 0.0025 mg/L (in sample place I-2) up to 0.0056 mg/L (in sample place I-4) and the amount of copper is from 0.018 mg/L (in sample place I-4) up to 0.055 mg/L (in sample place I-1), (Table 1).

Analysis of the content of the amount of Lead, Cadmium, Copper and Zinc in water of river Ibër show that the highest concentrations for lead, zinc and cadmium are registered in the sample place I-4 (Mitrovica 2) during all year (table 1).

This condition can be explained with the fact that this sample place presents reunion point of both rivers Sitnica with Ibër in which wastewaters of the Mineral and Metallurgic Complex "TREPÇA" are discharged. The Sitnica River, after its passage through the polluted zone of the Thermo Power Plant of Kosovo (TPP) came to that joint point of the both rivers (I-4). Although most of the producible capacities of the Mineral and Metallurgic Complex "TREPÇA" are not in function, pollution with heavy metals is evident.

Heavy metals (Pb, Zn and Cd) come from the existing disposals of the Mineral and Metallurgic Complex "TREPÇA" objects especially after the rainfalls. In two other sample places (I-1 and I-2) which are not near of the Mineral and Metallurgic Complex "TREPÇA", the amount of lead and zinc has a relatively small variability (Table 1), while cadmium and copper show an emphatic variability especially the copper one. In the sample point I-3 which is inside the town of Mitrovica the level of the lead and zinc concentration is higher than the samples point of I-1 and I-2, but it is lower than I-4 sample point.

The presences of heavy metals in the river Ibër in these four sample places is in fact as a result of the Mineral presents in this region and residual industrial testimony which are

Table 1. Heavy metals concentration in water samples of Ibër River

Sampling Times	Sampling Places							
	I-1	I-2	I-3	I-4	I-1	I-2	I-3	I-4
	Lead (mg/L)				Zinc (mg/L)			
January	0.010	0.014	0.043	0.064	0.026	0.032	0.067	0.077
February	0.013	0.020	0.044	0.068	0.028	0.034	0.070	0.077
March	0.010	0.015	0.046	0.070	0.027	0.036	0.073	0.081
April	0.011	0.017	0.051	0.072	0.031	0.040	0.070	0.087
May	0.017	0.021	0.055	0.076	0.033	0.041	0.072	0.088
June	0.023	0.031	0.063	0.079	0.036	0.045	0.075	0.093
Jules	0.024	0.031	0.066	0.078	0.034	0.045	0.073	0.094
August	0.021	0.036	0.068	0.079	0.035	0.045	0.073	0.090
September	0.017	0.030	0.062	0.076	0.033	0.047	0.069	0.089
October	0.021	0.029	0.062	0.076	0.027	0.046	0.066	0.079
November	0.015	0.022	0.060	0.075	0.023	0.041	0.065	0.078
December	0.013	0.022	0.061	0.077	0.025	0.036	0.063	0.073
Sampling Times	Cadmium (mg/L)				Copper (mg/L)			
	I-1	I-2	I-3	I-4	I-1	I-2	I-3	I-4
January	0.0031	0.0030	0.0029	0.0048	0.051	0.045	0.020	0.018
February	0.0031	0.0032	0.0030	0.0050	0.054	0.045	0.020	0.018
March	0.0032	0.0032	0.0031	0.0051	0.052	0.045	0.021	0.019
April	0.0030	0.0031	0.0029	0.0052	0.053	0.044	0.021	0.019
May	0.0030	0.0031	0.0029	0.0052	0.054	0.044	0.021	0.020
June	0.0032	0.0034	0.0031	0.0054	0.055	0.044	0.022	0.021
Jules	0.0035	0.0036	0.0033	0.0056	0.055	0.045	0.022	0.021
August	0.0036	0.0038	0.0035	0.0056	0.055	0.044	0.022	0.021
September	0.0035	0.0036	0.0034	0.0054	0.054	0.045	0.022	0.020
October	0.0032	0.0034	0.0031	0.0053	0.054	0.045	0.021	0.020
November	0.0028	0.0030	0.0028	0.0052	0.053	0.044	0.022	0.021
December	0.0029	0.0025	0.0026	0.0051	0.052	0.043	0.020	0.019

product of treating Minerals. Created disposals from residues after the industrial process are near the river of Ibër and in the permanent way impact in the quality of its water.

High quantity of copper in these sample places I-1 and I-2 (table 1) can be described as a variety of agricultural activities in this region. Farmers, with their activity in agro production, use different chemical preparations, which contain copper, and which together with raw waters from agricultural surfaces, arrive till the river of Ibër.

CONCLUSIONS

In this research an effort has been made only to demonstrate the differences between concentrations of heavy metals in different sampling places along the river Ibër. From the obtained data we can see that concentrations of heavy metals are higher in the sampling place I-4 and I-3 except the copper, which has higher concentration in the I-1 and I-2 sampling place (table.1).

In reference to comparative analyses of the content of metals in different sample places from the period January - December 2006 we can conclude that obtained results can serve as indicators of water pollution of river Ibër with micro pollutants as a result of a direct anthropogenic indication.

Even though a lot of damage has been done, in aspect of letting water of river Ibër be

polluted with heavy metals, there is still time for changes. In fact it is the last time for the adequate measures to be undertaken.

LITERATURE

1. Branica, M. (1989): Trace metals in the Natural Waters 2nd Croatian Conference on Water (Croatian Waters from the Adriatic to the Danube), Proceeding 43-52.
2. Branica , M. (1990): (Ed.), German - Yugoslav Cooperation in Scientific Research and Technological Development, Forschungszentrum Jeulich, GmBH, Scientific Series of the International Bares, Vol. 3, 1-753 " Environmental Research in Aquatic Systems".
3. Branica, M. Brug, G., Van der Breg, C. M.G., Enrson, H., Ostapczuk, P., Pizeta, I. and Omanovic, D. (1995): Development of electroanalytical Instrumentation (ELANI) for Physic-Chemical Characterization of Trace Metals in the Marine Environment, 6th International Symposium on "Metal Compounds in Environmental and Life", Julich, 9-12 May 1995, Book of Abstract, H. W. Durberck and B. Krahl - Urkan, Forschungszentrum Jeulich, 157.
4. American Public Health Asosiation (1992): Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 18th Edition Washington D.C.
5. Branica, M., Van der Breg, C.M.G., Brug, G., Enrson, H., Ostapczuk, P., Pizeta, I. and Omanovic, D. (1998): Concentration and Speciation of Trace Metals in the marine Environment. Third European Marine Science and Technology conference, Lisbon 23-27 May. Project Synopsizes Volume IV, p. 1444-1456.
6. Korça, B., Jusufi, S., Shehdula, M. & Bacaj, M. (2002): Surface Water Pollution in Kosovo, Scientific Conference: Technical-Technological Sustainable Development and Environment. p. 197-202.
7. Rugova, M, S. Jusufi, A. Lajci, & T. Arbneshi (2003): Water quality of the Sitnica River. 3rd Croatian Conference on Water (Croatian waters in the 21st centrury). Proceedings p. 883-888, Osijek, Croatia.
8. Rugova M., Jusufi,S., Gjeçbitriqi, T., Hasimja, H. (1989). Heavy Metals Determination (Pb, Cd, Cu and Zn) in Polluted Waters of Kosovo's Rivers, Bulletin of Yugoslav Association for Water Protection. nr. 82-84: p.34-38.

Authors

1.Dr. sc. Tahir Arbneshi,

2. Fatos Rexhepi,

3. Albana Veseli,

4.Dr. sc. Hilmi Hasimja

University of Prishtina, Faculty of Natural Sciences, Chemistry Department, str. Nëna Tereze nr. 5, 10000 Prishtina, Kosova, tel. +38138244186,

e-mail: *tahirarbneshi@fshmn.uni-pr.edu; e-mail: fatos_rexhepi239@hotmail.com ana_veseli82@hotmail.com*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.03.

RASPODJELA FITOPLANKTONA U UVJETIMA LIMITIRANOSTI DUŠIKOM U ESTUARIJU ZRMANJE

Sunčica Bosak, Sonja Hrestak, Senka Terzić, Marina Carić, Zrinka Burić, Katarina Caput Mihalić, Damir Viličić

SAŽETAK: Rijeka Zrmanja stvara visokostratificirani estuarij u kojem je vodeni stupac podijeljen oštrom haloklinom na bočati sloj iznad i morski sloj ispod halokline. Fosfor limitira razvoj fitoplanktona većim dijelom godine. U razdoblju slabijeg dotoka riječne slatke vode, od travnja do kolovoza, mjestimično se Redfieldov omjer može spustiti ispod 16 pa dušik može limitirati razvoj fitoplanktona. U srpnju 2000. godine zabilježeni su uvjeti limitiranosti dušikom u središnjem dijelu estuarija kada su zabilježene minimalne koncentracije ukupnog dušika od 0.32 µmol L^{-1} i ortofosfata od 0.05 µmol L^{-1}. Koncentracija nutrijenata i biomasa ukupnog fitoplanktona opada od čela estuarija nizvodno do srednjeg dijela estuarija (Novigradskog mora). Biomasa nanoplanktona raste prema čelu estuarija što dokazuje rast koncentracije zeaksantina i luteina (od 17.9 do 64.2 ng L^{-1}) te klorofila *b* (od 12.4 do 141.9 ng L^{-1}).

Svi prikupljeni i analizirani podaci pokazuju da je estuarij Zrmanje oligotrofan ekološki sustav, pogotovo ljeti kada rijeka Zrmanja donosi minimalnu količinu nutrijenata u estuarij.

KLJUČNE RIJEČI: Zrmanja, estuarij, limitiranost dušikom, fitoplankton, pigmenti

DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON IN CONDITIONS OF NITROGEN LIMITATION IN THE ZRMANJA ESTUARY

SUMMARY: The Zrmanja Estuary is a highly stratified system where a sharp halocline divides the water column into upper brackish and lower marine layers. Development of phytoplankton is phosphorus limited throughout the year. During the period of low freshwater inflow from April to August, nitrogen can become the limiting nutrient of phytoplankton growth that is indicated by the fall of the Redfield ratio below 16. In July 2000, nitrogen limitation conditions were determined in the middle part of the estuary when minimal concentrations of total inorganic nitrogen (0.32 µmol L^{-1}) and orthophosphate (0.05 µmol L^{-1}) had been recorded. In those conditions, total phytoplankton biomass and nutrient concentration decreased from the head to the middle part of the estuary (Novigrad sea).

Nanoplankton biomass increased towards the head of the estuary and this was indicated by the increasing concentration of zeaxanthine and luthein (from 17.9 to 64.2 ng L^{-1}) and chlorophyll b (from 12.4 to 141.9 ng L^{-1}).

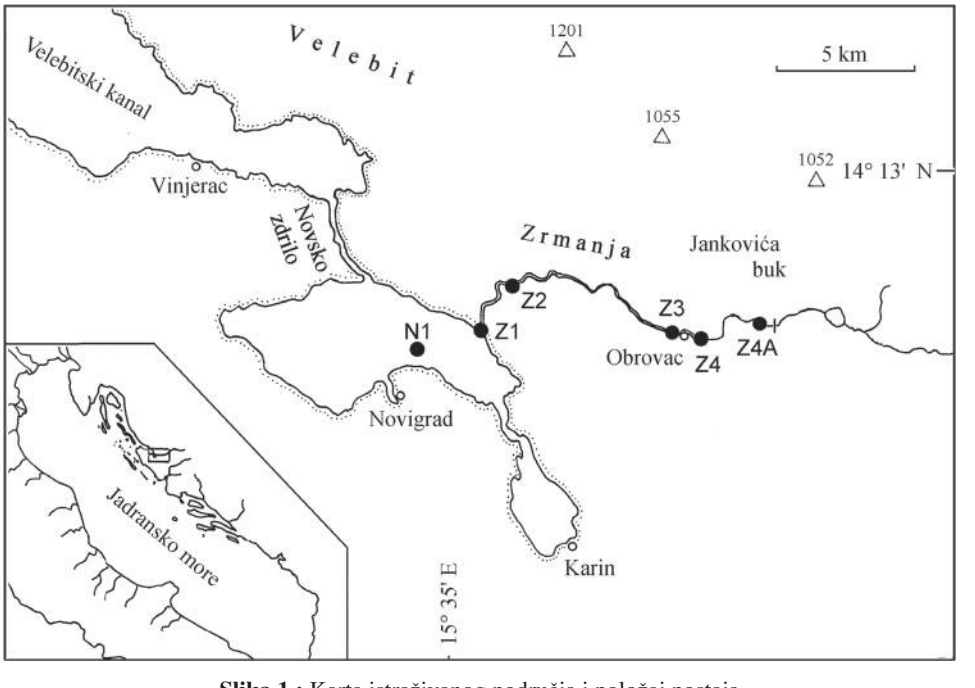
All gathered and analysed data suggested that Zrmanja estuary is an oligotrophic ecological system, especially in the summer period when the river brings minimal amount of nutrients to the estuary.

KEYWORDS: Zrmanja, estuary, nitrogen limitation, phytoplankton, pigments

UVOD

Estuarij Zrmanje je razveden i složen hidrogeomorfološki sustav [5,6] u kojem more ulazi duboko u kopno i pod snažnim je utjecajem oborinskih voda. Dijeli se na gornji dio (kanjon od Jankovića buka do Novigradskog mora), srednji prošireni dio (Novigradsko i Karinsko more) te donji dio estuarija (Novsko ždrilo) (slika 1).

Većim dijelom godine oštra haloklina dijeli vodeni stupac po dubini na boćati sloj iznad halokline i morski sloj ispod halokline pa se ovaj estuarij može klasificirati kao visoko stratificirani sustav [14]. Primarna je produkcija u estuariju (kao i u čitavom Jadranu) uglavnom limitirana fosforom. Cilj ovog rada je prikazati raspodjelu fitoplanktona u ovisnosti o termohalinim i hidrografskim svojstvima u estuariju rijeke Zrmanje u srpnju 2000. kada je zabilježena limitiranost dušikom.



Slika 1.: Karta istraživanog područja i položaj postaja

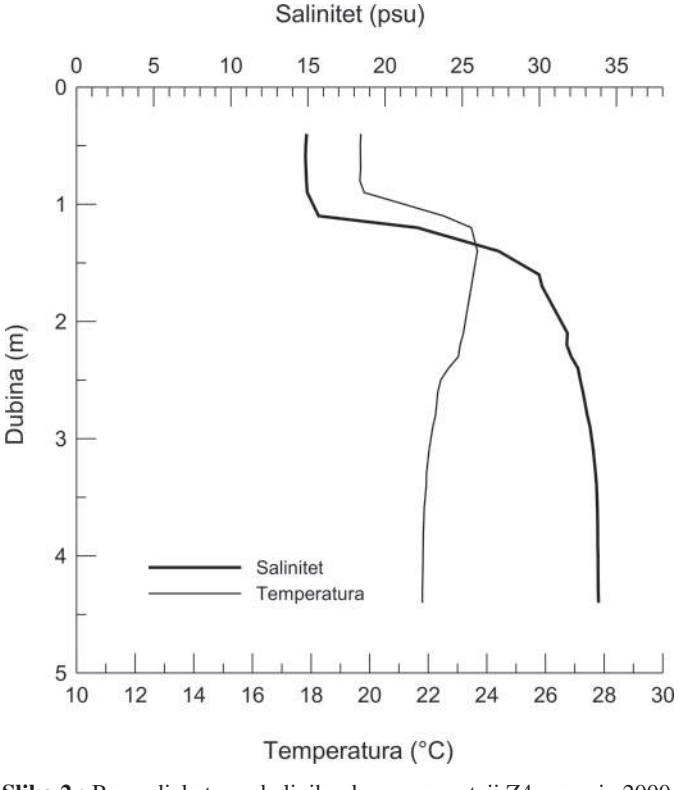
MATERIJALI I METODE

Terenska istraživanja su provedena u estuariju rijeke Zrmanje u razdoblju od 1998. do 2003. godine na šest postaja duž estuarija (slika 1). Uzorkovalo se u gornjem dijelu estuarija na pet postaja (Z1, Z2, Z3, Z4, Z4A) te u srednjem dijelu na postaji N1. Uzorci su uzimani

na različitim dubinama Niskinovim crpcem. Uzorci za analizu abundancije fitoplanktona fiksirani su u 2%-tnoj (konačna koncentracija) otopini neutraliziranog formaldehida. Poduzorci od 50 ml sedimentirani su 24 sata u komoricama za sedimentaciju. Abundancija fitoplanktona (broj stanica po litri) je određena pomoću inverznog mikroskopa (Zeiss Axiowert 200) [7, 8, 12, 13]. Nutrijenti su određeni standardnim metodama [9, 11]. Salinitet i temperatura su izmjereni sondom koja registrira konduktivitet, temperaturu i dubinu (SEA Bird Electronics Inc., USA). Koncentracije pigmenata određene su tekućinskom kromatografijom s visokom moći razlučivanja (HPLC) [1].

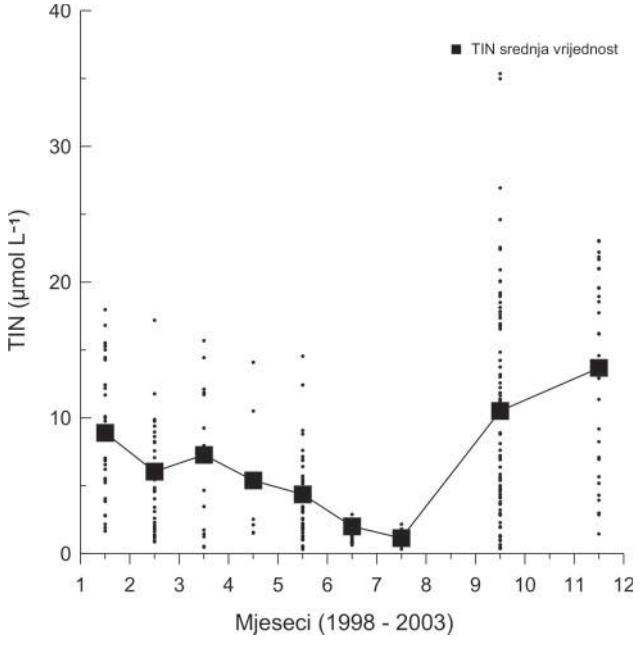
REZULTATI

U srpnju 2000. godine u gornjem dijelu estuarija Zrmanje haloklina je određena na 1-2 m dubine (slika 2). Salinitet se kretao od 12.97 u površinskom sloju na postaji Z4A do maksimalne vrijednosti od 36.35 na dubini od 10 m na postaji N1. Temperatura vode se kretala u rasponu od 19 do 23.5° C.

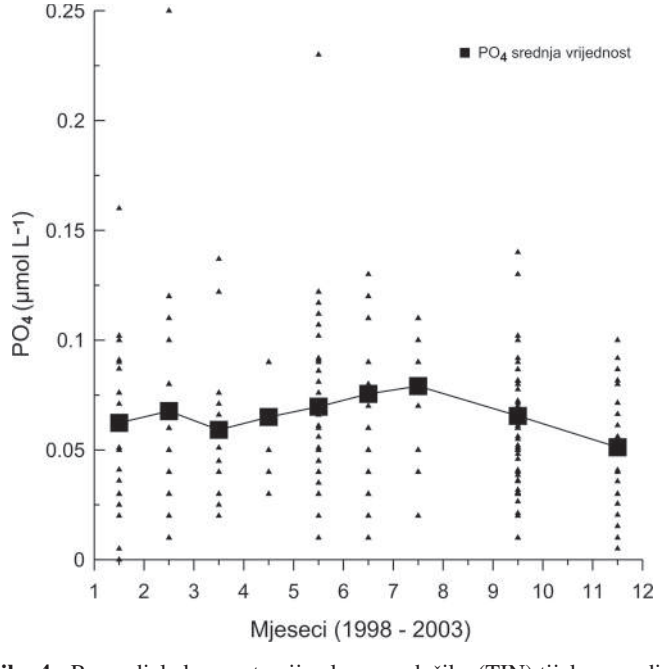


Slika 2.: Raspodjela termohalinih odnosa na postaji Z4 u srpnju 2000.

Ukupni podaci za koncentraciju nutrijenata u estuariju tijekom godine pokazuju da se prosječna koncentracija ortofosfata kreće od 0.05 do 0.08 μmol L^{-1} te da su najviše vrijednosti prisutne tijekom lipnja i srpnja. Prosječna koncentracija ukupnog dušika (TIN) tijekom godine se kreće od 1 do 14 μmol L^{-1} te tijekom lipnja i srpnja dostiže najniže (1 μmol L^{-1}) prosječne vrijednosti (slika 3,4).

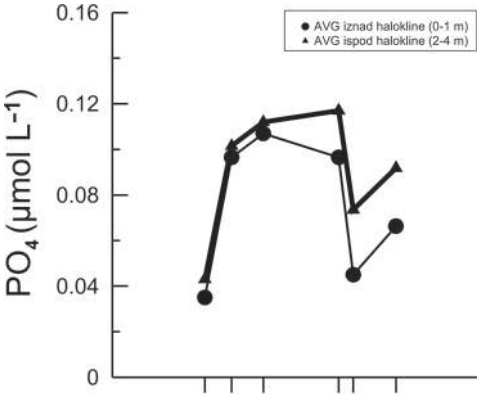


Slika 3.: Raspodjela koncentracije ukupnog fosfora (PO_4) tijekom godine za razdoblje 1998-2003 godine.

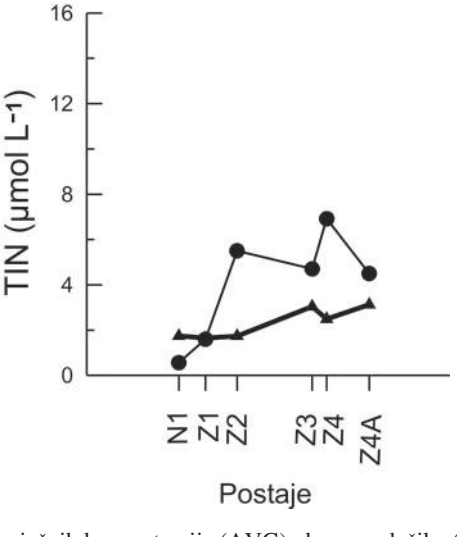


Slika 4.: Raspodjela koncentracije ukupnog dušika (TIN) tijekom godine za razdoblje 1998-2003 godine.

Tijekom srpnja 2000. godine odnos ukupnog anorganskog dušika (TIN) i saliniteta te ortofosfata (PO_4) i saliniteta u estuariju Zrmanje (slika 5) upućuje na mjestimičnu limitiranost primarne produkcije dušikom. Takvi uvjeti su pronađeni pri salinitetu 36 izmjerenom na postaji N1 na dubini 10 m. Tada koncentracija nutrijenata opada od čela estuarija nizvodno do srednjeg dijela estuarija (Novigradskog mora), gdje su na postaji N1 zabilježene najniže prosječne vrijednosti ukupne količine dušika koje iznose 0.7 µmol L^{-1} te ortofosfata od 0.03 µmol L^{-1} (slika 6). Na dubini od 10 m tada je zabilježena koncentracija od 0.32 µmol L^{-1} ukupnog dušika te 0.05 µmol L^{-1} ortofosfata.

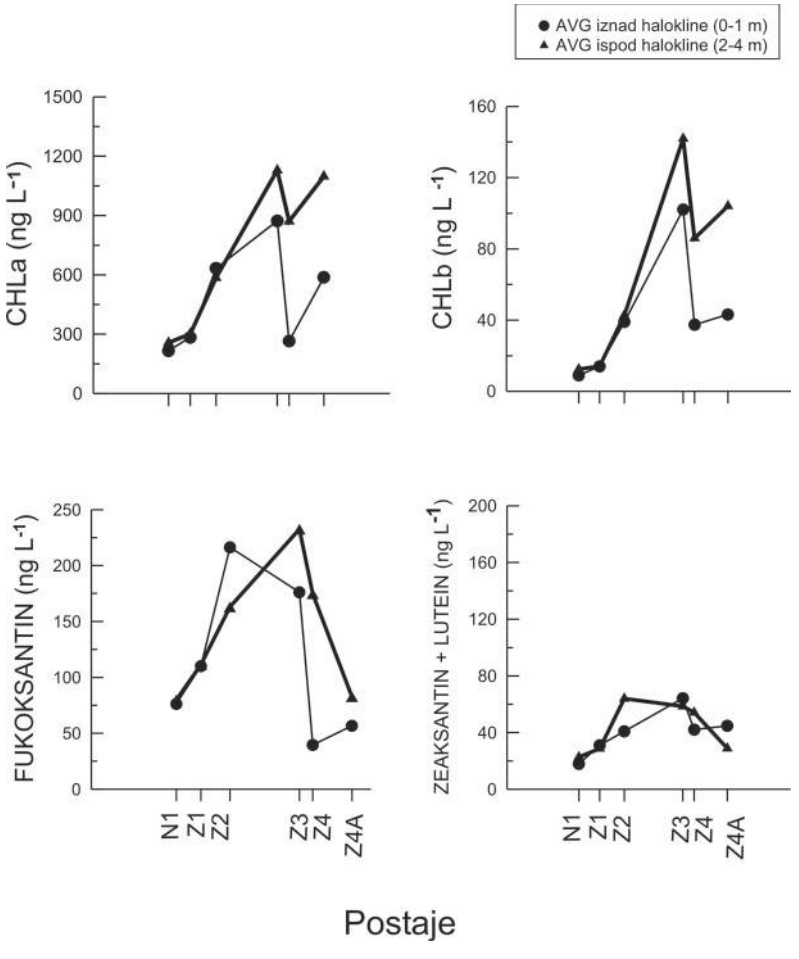


Slika 5.: Odnos ukupnog anorganskog dušika (TIN) i saliniteta (SAL) te ortofosfata (PO_4) i saliniteta u estuariju Zrmanje u srpnju 2000. godine.
Maksimalne vrijednosti na osima y se odnose 16:1 (TIN: PO_4).



Slika 6.: Raspodjela prosječnih koncentracija (AVG) ukupnog dušika (TIN) i fosfata (PO_4) uzduž estuarija tijekom srpnja 2000. godine.

U srpnju 2000. godine je zabilježena mala biomasa fitoplanktona (0.2 do 1.1 ng klorofila *a* L^{-1}) s time da je maksimum zabilježen iznad halokline na postaji Z3 i Z4A, a minimum na postaji N1. Maksimalne vrijednosti klorofila *b* (140 ng L^{-1}) i fukoksantina (225 ng L^{-1}) su izmjerene u gornjem dijelu estuarija na postaji Z3. Koncentracija zeaksantina i luteina također dostiže maksimalne vrijednosti u gornjem dijelu estuarija. (Slika 7.)



Slika 7.: Raspodjela prosječnih koncentracija klorofila a (CHLa), klorofila b (CHLb), fukoksantina te zeaksantina i luteina uzduž estuarija Zrmanje u srpnju 2000. godine. Podaci su izraženi u ng po litri morske vode.

Abundancija i taksonomski sastav fitoplanktona se mijenja uzduž estuarija. Na postaji Z4A je povećana brojnost slatkovodnih penatnih dijatomeja s prosječnom abundancijom 1.87 x 10^5 stanica L^{-1} i krizoficeje *Dinobryon* spp. s prosječnom abundacijom od 1.68 x 10^4 stanica L^{-1}. Na postaji N1 zabilježena je prisutnost morskih kokolitoforida, dijatomeja te dinoflagelata. Na dubini od 10 m zabilježena je maksimalna abundancija kokolitoforida *Calciopappus caudatus* (9.6 x 10^3) te dijatomeje *Chaetoceros curvisetus* (1.04 x 10^4) (Tablica 1.).

Tablica 1.: Taksonomski sastav fitoplanktona u estuariju rijeke Zrmanje u srpnju 2000. godine. Izražene su maksimalne (max) abundancije (stanica L^{-1}) za sve postaje, abundancija na postaji N1 na dubini 10 m te prosječna abundancija (avg) za postaje N1 i Z4A. Ukupan broj uzoraka N=25.

vrste	max	N1 (10 m)	N1(avg)	Z4A(avg)
KOKOLITOFORIDI				
Calciopappus caudatus Gaarder et Ramsfiell	9600	9600	2400	-
Syracosphaera pulchra Lohm.	6400	-	100	-
DIJATOMEJE				
Asteromphalus heptactis (Breb.) Ralfs.	48000	-	-	-
Bacteriastrum delicatulum Cleve	5600	-	1400	-
Chaetoceros curvisetus Cleve	10400	10400	2600	-
Chaetoceros socialis Laud.	1986660	-	175864	87932
Cocconeis sp.	12800	-	-	-
Chaetoceros sp.	621468	-	900	-
Guinardia flaccida (Castr.) Perag.	85290	-	-	-
Hemiaulus hauckii Grun.	10000	-	600	-
Leptocylindrus danicus Cleve	12800	11200	8000	-
Leptocylindrus mediterraneus (Perag.) Hasle	5000	-	300	-
Proboscia alata (Brightw.) Sund.	51954	31200	22000	-
Pseudonitzschia spp.	7200	6400	3600	-
Rhizosolenia alata f. *indica* (H.Perag.) Ostenf.	51500	-	-	-
Rhizosolenia imbricata Brightw.	17000	-	-	-
Cyclotella choctawhatcheeana Prasad	76410	28800	43500	-
Cymbella sp.	9600	-	-	-
Ostale pennatae	373560	3200	3200	187180
DINOFLAGELATI				
Ceratium fusus (Ehrenb.) Dujardin.	25000	-	-	-
Mesoporos perforatus (Gran) Lillick	2100000	6400	3200	-
Protoperidinium steinii (Joerg.) Bal.	24000	-	-	-
Scrippsiella sp.	134300	-	200	-
ZELENI FLAGELATI	237720	-	-	-
KRIZOFICEJE			-	
Dinobryon spp.	38400	-	-	16800

RASPRAVA

Tijekom srpnja 2000. godine odnos ukupnog anorganskog dušika (TIN) i saliniteta te ortofosfata (PO_4) i saliniteta upućuje na postojanje uvjeta limitiranosti dušikom [10] u srednjem dijelu estuarija, na postaji N1 u Novigradskom moru. U tom razdoblju koncentracija nutrijenata i biomasa fitoplanktona opada od čela estuarija prema Novigradskom moru.

Dosadašnjim istraživanjima je utvrđeno da tijekom ljetnih mjeseci u srednjem dijelu estuarija dolazi do regeneracije nutrijenata, pa to pridonosi povećanoj koncentraciji ortofosfata [2] U srednjem dijelu estuarija se u vrijeme pojačanog dotoka riječne vode razvija mikrofitoplankton zbog stabilnih životnih uvjeta [4], dok se nanoplankton (dinoflagelati, kriptofiti, zeleni flagelati) razvija prema čelu estuarija [3]. Ljeti je razvoj fitoplanktona omogućen isključivo u gornjem dijelu estuarija gdje ima ponešto nutrijenata, dok se u srednjem dijelu biomasa ne može razvijati zbog nedostatka nutrijenata.

Koncentracije pigmenata također upućuju na veću biomasu fitoplanktona ljeti u gornjem dijelu estuarija.

Pretpostavlja se da u gornjem dijelu estuarija, za vrijeme pojačanog dotoka riječne vode, prevladavaju nanoplanktonske stanice radi stresnih uvjeta koji tamo vladaju, zbog velikih promjena saliniteta i snažnog strujanja vode. Ljeti u estuarij dolaze slatkovodne vrste koje postupno ugibaju radi promjene saliniteta pa je u samom estuariju zajednica sastavljena od vrsta koje toleriraju povišeni salinitet. Pokazano je da su kriptofiti i nanoplanktonski dinoflagelati brojni u estuariju dok su druge vrste fitoplanktona morske ili slatkovodne (razvijaju se u maloj akumulaciji HE Velebit) i dolaze u estuarij [3]. Mnoge od tih vrsta su miksotrofne pa sudjeluju u mikrobiološkoj regeneraciji nutrijenata iz organske tvari što objašnjava povećanu količinu ortofosfata u tom dijelu estuarija.

Koncentracija nutrijenata u estuariju rijeke Zrmanje je niska većim dijelom godine [14,15]. Koncentracija ortofosfata je ekstremno niska, najčešće manja od 0.1 μmol L^{-1}, malo je povećana ispod halokline i nizvodno u donjem dijelu gornjeg estuarija. Slatka voda rijeke Zrmanje glavni je izvor dušika i silikata u estuariju [14]. Najčešće je Redfieldov omjer veći od 16, pogotovo u zimskom razdoblju, za vrijeme povećanog dotoka slatke vode što pokazuje da su fosfati ograničavajući čimbenik razvoja fitoplanktona u estuariju. U ljetnim mjesecima je oslabljen dotok riječne vode pa je to, uz potrošnju nakon proljetnog razvoja fitoplanktona, razlog što koncentracije ukupnog anorganskog dušika pokazuju ljetni minimum i uzrokuju mjestimičnu limitiranost razvoja fitoplanktona u estuariju.

ZAHVALA

Istraživanja su provedena uz potporu Ministarstva znanosti Republike Hrvatske

LITERATURA

[1] Barlow, R.G., Mantoura, R.F.C., Gough, M.A. i Fileman, T.W. (1993): *Pigment signatures of the phytoplankton composition in the northeastern Atlantic during the 1990 spring bloom*. Deep-Sea Research II. 40**,** 459 - 477.

[2] Burić, Z., Viličić D. Carić M., Olujić G. (2001): *Seasonal distribution of hydrographic characteristics and phytoplankton in the karstic Zrmanja estuary (eastern Adriatic Sea).* Rapp. Comm. Int. Mer Medit. 36, 363.

[3] Burić Z., Cetinić I., Caput K., Viličić D. (2004): *Distribution and taxonomic composition of phytoplankton in a shallow, Adriatic estuary (Zrmanja, July 2000)* Rapp. Comm. Int. Mer Medit. 37, 498.

[4] Burić, Z.; Kiss, K.T.; Ács, É.; Viličić, D.; Caput Mihalić, K; Carić, M. (2007): *The occurrence and ecology of the centric diatom Cyclotella choctawhatcheeana Prasad in a Croatian estuary*. Nova Hedwigia 84, 135-153.

[5] Friganović, M. (1961): *Polja gornje Krke*. Radovi Geogr. Inst.Sveuč. Zagreb, sv.3.

[6] Fritz, F. (1972): *Razvitak gornjeg toka rijeke Zrmanje.* Krš Jugoslavije 8, 1-16.

[7] Hasle, G.R. (1978): *The inverted - microscope method*. U: Sournia, A. (ur.), Phytoplankton manual. 88 - 96. UNESCO, Paris.

[8] Hasle, G.R. (1978): *Using the inverted microscope*. U: Sournia, A. (ur.), Phytoplankton manual. 191 - 196. UNESCO, Paris.

[9] Ivančić, I., Degobbis, D. (1984): *An optimal mannual procedure for ammonia analysis in natural waters by the indophenol blue method*. Wat. Res. 18, 1143-1147.

[10] Neill, M. (2005): *A method to determine which nutrient is limiting for plant growth in estuarine waters - at any salinity*. Mar. Pollut. Bull. 50, 945 - 955.

[11] Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. (1972): *A practical handbook of seawater analyses*. Fish. Res. Bd. Can. Bull. 167, 1-310.

[12] Utermöhl, H. (1958): *Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik*. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 9, 1-38.

[13] Venrick, E.L. (1978): *How many cells to count*? U: Sournia, A. (ur.), Phytoplankton manual, 167 - 180. UNESCO, Paris

[14] Viličić, D., Orlić, M., Burić, Z., Carić, M., Jasprica, N., Kršinić, F., Smirčić A., Gržetić, Z. (1999): *Patchy distribution of phytoplankton in a highly stratified estuary (the Zrmanja estuary, October 1998).* Acta Bot. Croat. 58, 105-125.

[15] Viličić, D., Carić, M., Burić, Z., Olujić, G., (2001): *Distribution of nutrients and phytoplankton in the karstic estuary (the Zrmanja River, eastern Adriatic Sea).* Rapp. Comm. Int. Mer Medit. 36, 424.

AUTORI:

Sunčica Bosak, dipl.ing. biol., e-mail: sbosak@biol.pmf.hr

Sonja Hrestak, apsolvent biologije

Mr. sc. Zrinka Burić,

Dr.sc. Katarina Caput-Mihalić

Prof. dr. sc. Damir Viličić
Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Biološki odsjek,
Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb tel. +385 (0)1 487 77 45, fax. +385 (0)1 482 62 60

Dr.sc. Senka Terzić
Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za biogeokemiju organskih spojeva,
Bijenička 54, 10 000 Zagreb

Dr.sc. Marina Carić
Institut za more i priobalje Sveučilište u Dubrovniku, Damjana Jude 12,
20 000 Dubrovnik

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.04.

SEZONSKA I OKOMITA RASPODJELA ORGANSKE TVARI I REDUCIRANIH SUMPORNIH VRSTA U VODENOM STUPCU ROGOZNIČKOG JEZERA

Elvira Bura-Nakić, Božena Ćosović, Irena Ciglenečki, Zrinka Burić, N. Bošković

SAŽETAK: Dugoročna istraživanja Rogozničkog jezera (od 1994 do danas uz praćenje sezonskih promjena hidrografskih uvjeta, okomite raspodjele koncentracije kisika, hranjivih soli, otopljenog organskog ugljika, površinsko aktivnih tvari, reduciranih sumpornih specija te fitoplanktona i zoo-planktona) pokazuju da je glavna fizičko-kemijska karakteristika Rogozničkog jezera postojanje izražene sezonske stratifikacije vodenih slojeva te pojava anoksičnih uvjeta na dubini većoj od 10 m. Tijekom proljeća i ljeta u jezeru se razlikuju gornji, oksični sloj s intenzivnim procesima primarne produkcije te donji anoksični sloj bogat sumpornim spojevima, hranjivima solima kao i organskom tvari. Dubina anoksičnog sloja se mijenja sezonski i jako je ovisna o meteorološkim uvjetima odnosno o temperaturi i količini padalina. Tijekom zimskih mjeseci (studeni, prosinac) dolazi do izotermije, te do površine stiže pridnena voda obogaćena hranjivim solima koje su osnova za novi razvoj fitoplanktona i produkciju kisika. Biogeokemijski ciklus i regeneracija hranjivih soli glavni su čimbenici prirodne eutrofikacije u Rogozničkom jezeru. Rezultati novijih istraživanja (od 2001 do danas) pokazuju promjenu svojstava prisutne organske tvari sto je najvjerojatnije uvjetovano promjenom sastava i brojnosti fitoplanktona. Izražena je dominaciju dijatomeja (~106 stanica/L) u odnosu na druge fitoplanktonske vrste. Također rezultati novijih istraživanja ukazuju i na značajnije promjene hidrografskih uvjeta, odnosno temperature i saliniteta. Salinitet se u površinskim slojevima od 2001. godine snizio, a u dubljim povećao. U istom razdoblju temperatura površinskih slojeva jezera se povećala, a pridnenih snizila.

KLJUČNE RIJEČI: Rogozničko jezero, eutrofikacija, anoksija, sumporne specije, hranjive soli, otopljeni organski ugljik

SEASONAL AND VERTICAL DISTRIBUTION OF ORGANIC MATTER AND REDUCED SULPHUR SPECIES IN ROGOZNICA LAKE WATER COLUMN

SUMMARY: Long term investigation of the Rogoznica Lake (since 1994 seasonal variations of temperature, salinity as well as vertical distribution of dissolved oxygen, nutrients, dissolved organic carbon, surface-active substances, reduced sulfur species, phytoplankton and zoo-plankton have been investigated) showed that main physical-chemical characteristic of the Rogoznica Lake is occurrence of well-defined seasonal stratification of water column as well as occurrence of anoxic conditions in deeper water

layers (>10 m). During spring and summer (due to the intensive termohaline stratification) surface water is well-oxygenated with intensive primary production processes (phytoplankton and oxygen productions) and bottom anoxic layer is characterized by high concentrations of sulfur compounds, nutrients and dissolved organic matter. The depth of anoxic water layer changes seasonally and it is greatly influenced by meteorological conditions, i.e. temperature and rainfall. Vertical mixing occurs during winter when cold, oxygen-rich water from the surface sinks downwards. As a result of mixing, bottom water enriched with nutrients is coming to the surface supporting new phytoplankton and oxygen productions. Natural eutrophication in the lake is strongly influenced by nutrient recycling under anaerobic conditions. Results of recent investigations (since 2001 up to now) have showed significant change of organic matter properties what most probably is a consequence of changes in phytoplankton abundance and composition. In period after 2001, diatoms (~106 cell/L) are the most abundant phytoplankton species. Also, recent investigations have showed significant change in hydrographic conditions, i.e. temperature and salinity. Salinity of surface water is decreased and salinity of bottom water is increased while the temperature showed opposite trend, i.e. temperature of surface water is increased and temperature of deeper water is decreased.

KEY WORDS: Rogoznica Lake, eutrophication, anoxia, sulfur species, nutrients, dissolved organic carbon

UVOD

Rogozničko jezero, u narodu poznato kao Zmajevo oko, je malo (10276 m2, najveća dubina 15 m), prirodno eutroficirano morsko jezero smješteno na poluotoku Gradina između uvala Soline i Koprišće u blizini mjesta Rogoznica [4,9]. Jezero predstavlja ekstremni vodeni okoliš s tipičnim karakteristikama meromiktičkih, anoksičnih sredina poput Crnog mora, Framvaren fjorda u Norveškoj i kraterskog jezera Pavin u Francuskoj [4].

Tijekom proljeća i ljeta (za vrijeme izražene termohaline stratifikacije vodenih slojeva) u jezeru se razlikuje gornji, oksični sloj s intenzivnim procesima primarne produkcije te donji anoksični sloj, na dubini većoj od 10 m [3,4]. Anoksični sloj bogat je sumpornim spojevima koji su prisutni u relativno visokim koncentracijama (do 10^{-3} M), uglavnom u obliku sulfida [3,4]. U tom sloju također su povišene vrijednosti hranjivih soli: $[NH_4^+]$= 150 [M;]PO_4^3-[= 22μM; $[SiO_4^4$-]= 400 μM, te otopljenog organskog ugljika kao rezultat intenzivnih procesa remineralizacije organske tvari [4,6,7]. Miješanje vodenih slojeva u jezeru događa se uglavnom tijekom zimskih mjeseci. Uslijed razbijanja termohaline stratifikacije ohlađena slana voda tone u dublje slojeve noseći sa sobom vodu obogaćenu kisikom, uzrokujući hipoksične uvjete u vodenom stupcu jezera uslijed oksidacije reduciranih sumpornih vrsta iz dubljih slojeva [4]. Kao rezultat miješanja do površine stiže pridnena voda obogaćena hranjivim solima koje su osnova za novi razvoj fitoplanktona i produkciju kisika što je ujedno i jedan od glavnih faktora prirodne eutrofikacije u Rogozničkom jezeru. Potkraj rujna 1997. godine uslijed naglog miješanja vodenih slojeva u jezeru te oksidacije relativno velike koncentracije sulfida iz dubljih vodenih slojeva, došlo je do pojave anoksičnih uvjeta u cijelom vodenom stupcu Rogozničkog jezera. Uslijed anoksičnih uvjeta došlo je do masovnog pomora biljnih i životinjskih organizama [4,7].

U ovom radu biti će prikazani rezultati dugoročnih istraživanja (od 1994 do danas), a također će se pokušati objasniti i uočena značajnija promjena svojstava prisutne organske tvari nakon 2001. godine.

Metode rada

Uzorci jezerske vode uzimani su s različitih dubina u sredini jezera, pomoću Niskinovog

crpca. Uzorci za analizu sumpornih vrsta i kisika uvijek su uzimani prvi. Kako bi se očuvali anoksični uvjeti u uzorku, pretakanje uzorka iz crpca u staklene boce vršeno je pod strujom dušika preko silikonskog crijeva, uz ispiranje boce s nekoliko volumena uzorka prije zatvaranja s teflonskim čepom.

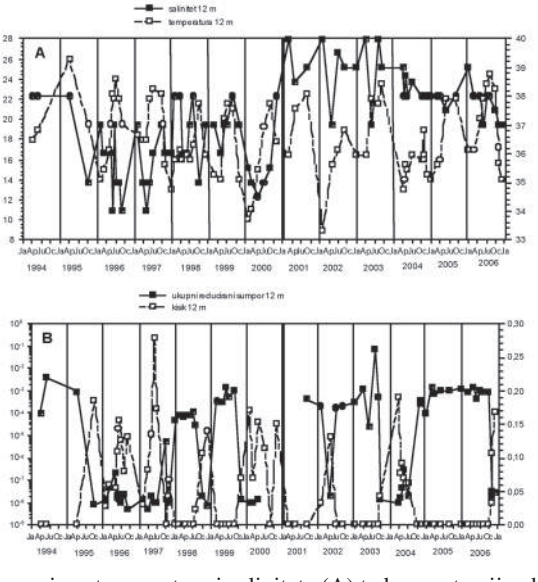
Temperatura i salinitet određivani su sa živinim termometrom i refraktometrom (Atago, Japan).

Za elektrokemijsko određivanje sumpornih spojeva (sulfida, polisulfida, elementnog sumpora, tiosulfata) koje se temelji na interakciji različitih sumpornih vrsta i živine elektrode, korištene su fazno-osjetljiva voltametrija izmjenične struje i voltametrija s linearnom promjenom potencijala [1,2,8].

Sadržaj otopljenog kisika određen je Winklerovom metodom prema Stricklandu i Parsonsu [10].

Određivanje otopljenog organskog ugljika (DOC) vršeno je postupkom visoko temperaturne katalitičke oksidacije s instrumentom TOC-500 Analyzer Shimadzu (Japan), a određivanje površinsko aktivnih tvari vršeno je polarografijom izmjenične struje (mjerenje van faze, i izraženo kao ekvivalent Tritona-X-100) [5].

Abundanciju i sastav vrsta fitoplanktona određivali smo metodom pomoću inverznog mikroskopa prema Utermöhlu [11].



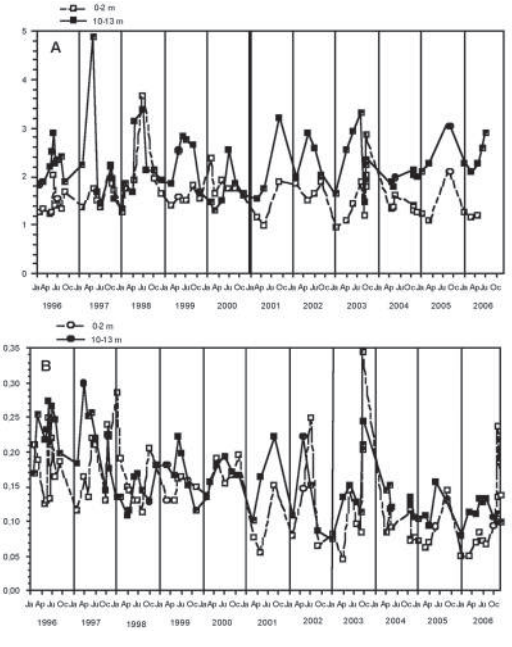
Slika 1. Sezonske promjene temperature i saliniteta (A) te koncentracije ukupnih reduciranih sumpornih vrsta i otopljenog kisika (B) na dubini od 12 m u Rogozničkom jezeru

Rezultati i rasprava

Slike 1A i 1B pokazuju sezonske promjene saliniteta, temperature, ukupnih reduciranih sumpornih vrsta i koncentracije otopljenog kisika u pridnenom vodenom sloju, na dubini od 12 m. Na dubini od 12 m u ispitivanom razdoblju, salinitet se mijenjao od 34 do 40 psu dok su u površinskim sloju (0-2 m) promjene saliniteta bile između 24 i 37 psu. Na slici 1A uočljivo je povećanje saliniteta na dubini od 12 m nakon 2001. godine s maksimalnom vrijednošću izmjerenog saliniteta od 40 psu, što ukazuje na smanjeni utjecaj svježe vode u dubljim slojevima. Prosječna vrijednost saliniteta na 12 m prije 2001. godine iznosi 36.2 psu, a poslije 2001. godine 38.2 psu. U površinskom sloju (0-2 m) je pojačan utjecaj svježe

vode nakon 2001. godine. Oko 35% izmjerenih vrijednosti saliniteta nakon 2001. godine je manje od 30 psu što je znatno veći postotak u odnosu na razdoblje prije 2001. godine kada je 23% izmjerenih vrijednosti saliniteta manje od 30 psu. Važno je napomenuti da su kišne padaline jedini izvori svježe vode u Rogozničkom jezeru. Temperaturne vrijednosti na dubini od 12 m za ispitivano razdoblje kreću se u rasponu od 9 do 26 °C. Prosječna temperaturna vrijednost prije 2001. godine na dubini od 12 m iznosi 18.2 °C, a nakon tog perioda 17.8 °C. Prosječne temperaturne vrijednosti u površinskom sloju poslije 2001. bilježe obrnuti trend te je uočljiv porast temperature vode površinskih slojeva Rogozničkog jezera za 0.2 °C (s 19.5 na 19.7 °C).

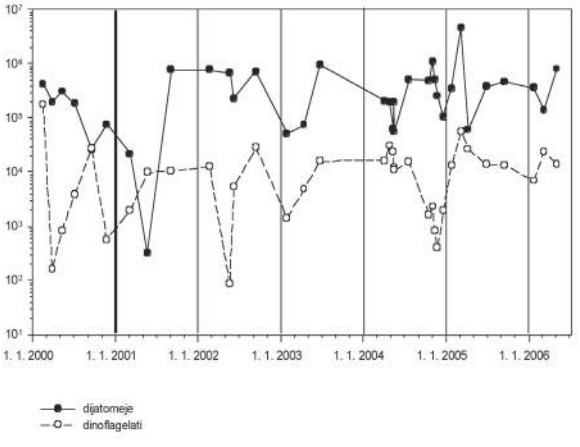
Koncentracija otopljenog kisika varirala je od 0 do 0.30 μM i usko je povezana s promjenama koncentracije ukupnih RSS (10^{-9} do 10^{-2} M). U godinama kada su vrijednosti koncentracije kisika bile izrazito niske (1994.,1998.,1999.,2002.,2003.,2005.,2006.), koncentracije RSS bile su vrlo visoke (od 10^{-4} do 10^{-3} M) i obrnuto. U ispitivanom razdoblju u površinskim slojevima koncentracije RSS ne prelaze vrijednosi od 10^{-8} M.



Slika 2. Sezonska promjena koncentracije otopljenog organskog ugljika (A) te površinski aktivnih tvari (B) u površinskom i pridnenom sloju Rogozničkog jezera

Na slici 2A i 2B prikazane su sezonske promjene koncentracije DOC i PAT za dva vodena sloja: površinski sloj (0-2 m) i pridneni sloj (10-13 m). Raspon koncentracija DOC, s prosječnom vrijednošću od 1.92 mg/L karakterističan je za eutroficirane i sezonski anoksične obalne morske sustave. Povećane koncentracije otopljenog organskog ugljika kao posljedica anaerobne razgradnje organske tvari, karakteriziraju pridneni sloj, dok su niže koncentracije otopljenog organskog ugljika prisutne u površinskom vodenom sloju (osim u vremenu prije i poslije katastrofalne anoksije 1997. godine kada je bio obrnuti slučaj, [4,6]). Povećane koncentracije PAT uglavnom su prisutne u pridnenim slojevima, dok niže koncentracije PAT karakteriziraju površinski sloj vodenog stupca Rogozničkog jezera. S obzirom na sadržaj PAT jasno se mogu razlikovati dva razdoblja i to ono prije i poslije 2001. godine. U razdoblju nakon 2001. godine površinske i pridnene slojeve

Rgozničkog jezera karakteriziraju niže vrijednosti sadržaja PAT. Prosječna koncentracija PAT prije 2001. godine za površinski sloj iznosi 0.165 mg/L, a nakon 2001.godine ta je vrijednost 0.104 mg/L. Isti trend imaju i prosječne koncentracije PAT u pridnenim slojevima. U razdoblju do 2001. godine prosječna koncentracija iznosi 0.186 mg/L, a poslije 0.116 mg/L. Iz prikaza na slici 2A vidljivo je kako tijekom cijelog ispitivanog razdoblja nema značajnije promjene u sadržaju DOC što ukazuje na promjenu svojstava prisutne organske tvari.



Slika 3. Sezonska abundancija dijatomeja i dinoflagelata u cijelom vodenom stupcu Rogozničkog jezera

Na slici 3 prikazana je prosječna vrijednost abudancije dinoflagelata i dijatomeja u vodenom stupcu Rogozničkog jezera od 2000. godine do danas. Na slici su također dobro uočljiva dva karakteristična razdoblja i to ono prije i poslije 2001. godine, odnosno od sredine 2001. vidljiva je predominacija dijatomeja (~106 stanica/L) nad dinoflagelatima (~104 stanica/L). U razdoblju prije 2001. godine brojnost dijatomeja bila je manja (s maksimalnom prosječnom vrijednošću od oko 4x105 stanica/L), dok je brojnost dinoflagelata bila povećana (s maksimalnom prosječnom vrijednošću od oko 2x105). Budući da je poznato kako fitoplanktonske vrste različito doprinose površinskoj aktivnosti organskih tvari u moru, opažene promjene u sastavu i brojnosti fitoplanktonske populacije nakon 2001. godine vjerojatno su povezane s promjenom svojstva prisutne organske tvari.

Zaključak

Dugoročna istraživanja pokazuju kako se prirodno miješanje vodenih slojeva u jezeru (bez pojave anoksičnih uvjeta u cijelom vodenom stupcu) događa uglavnom tijekom zimskih mjeseci (studeni, prosinac) kada ohlađena slana voda tone u dublje slojeve noseći sa sobom vodu obogaćenu kisikom. Kao rezultat miješanja do površine stiže pridnena voda obogaćena hranjivim solima koje su osnova za novi razvoj fitoplanktona i produkciju kisika u gornjem vodenom sloju. Biogeokemijski ciklus i regeneracija hranjivih soli glavni su faktori prirodne eutrofikacije u Rogozničkom jezeru.

Rezultati novijih istraživanja (od 2001. do danas) ukazuju na značajniju promjenu hidrografskih uvjeta, odnosno na povećanje saliniteta u dubljim i smanjenje u površinskim slojevima Rogozničkog jezera. U istom tom razdoblju, temperatura u površinskom vodenom

sloju se povećala, a pridnenom snizila. Uočena je i značajna promjena sastava i brojnosti fitoplanktona odnosno predominacija dijatomeja (~106 stanica/L) nad dinoflagelatima (~104 stanica/L) nakon 2001. godine. Promjena u sastavu i brojnosti fitoplanktona uzrokovala je i promjenu svojstava prisutne organske tvari. Tako su izmjerene vrijednosti sadržaja PAT nakon 2001. godine u vodenom stupcu Rogozničkog jezera za ~37% (u površinskom i pridnenom sloju) niže u odnosu na prethodno ispitivano razdoblje.

U istom razdoblju temperatura površinskih slojeva jezera se povećala, a pridnenih snizila.

Literatura

1. Ciglenečki, I. (1997): Specijacija sumpora u oksičnim i anoksičnim uvjetima u moru Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
2. Ciglenečki, I., Ćosović, B. (1997): Electrochemical determination of thiosulfate in seawater in the presence of elemental sulfur and sulfide. Electroanalysis 9 (10), 1-17.
3. Ciglenečki, I., Kodba, Z., Viličić, D., Ćosović. B. (1998): Seasonal variation of anoxic conditions in the Rogoznica Lake. Croat. Chem. Acta 71 (2), 217-232.
4. Ciglenečki, I., Carić, M., Kršinić, F., Viličić, D., Ćosović, B. (2005): The extinction by sulfide - turnover and recovery of an naturally eutrophic, meromictic seawater lake. Journal of Marine Systems 56, 29-44.
5. Ćosović, B., Žutić, V., Vojvodić, V., Pleše, T. (1985): Determination of surfactant activity and anionic detergents in seawater and sea surface microlayer in the Mediterranean. Mar. Chem. 17, 127-139.
6. Ćosović, B., Ciglenečki, I., Viličić, D., Ahel, M. (2000): Distribution and seasonal variability of organic matter in a a small eutrophicated salt lake. Estuarine, Coastal and Shelf Science 51, 705-715.
7. Kršinić, F., Carić, M., Viličić, D., Ciglenečki, I. (2000): The calanoid copepod Acartia italica Steuer, phenomenon in the small saline Lake Rogoznica (Eastern Adriatic coast). J. Plankton Res. 22 (8), 1441-1464.
8. Luther, G.W., Giblin, A.E, Varsolon, R. (1985): Polarographic analysis of sulfur species in marine porewaters. Limnol. Oceanogr. 30 (4), 727-736.
9. Mihelčić, G., Marguš, D. (1992): Osnove biogeokemijske karakteristike Rogozničkog jezera. Pomorski zbornik (Rijeka), 30, 619-630.
10. Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. (1972): A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167, 1-310.
11. Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Methodik. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 9, 1-38.

Autori:

mr.sc. Elvira Bura-Nakić, [1]
dr.sc. Božena Ćosović, [1]
dr.sc. Irena Ciglenečki, [1]
Bošković, N. [2],
mr. sc. Zrinka Burić,[2]

[1]Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, Zagreb, e-mail: *ebnakic@irb.hr*

[2]Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb, e-mail: *zburic@biol.pmf.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.05.

MJERENJE MORSKIH STRUJA AKUSTIČKIM STRUJOMJEROM S ČAMCA

Carević Dalibor, Damir Bekić, Neven Kuspilić

SAŽETAK: U novije vrijeme koriste se akustični strujomjeri (ADCP- Acoustic Doppler Current Profilers) koji imaju mogućnost mjerenja morskih struja kroz vodeni stupac i vrlo dobro zamjenjuju klasični tip strujomjera. Suvremeni načini mjerenja morskih struja ADCP strujomjerom položenim na morsko dno kroz duži period (do godine dana) omogućava dobivanje pouzdanih informacija o brzini , smjeru i vremenskoj raspodjeli morskih struja na lokaciji od interesa. Radi visokih troškova samog stujomjera, mjerenja struja s dna najčešće se vrše na malom broju pozicija ovisno o odabranom broju. Mjerenje na jednoj ili dvije pozicije ponekad ne daje dovoljno informacija o prostornom rasporedu struja na željenom području. Nasuprot mjerenju s dna, metoda mjerenja struja sa ADCP strujomjerom s čamca omogućava relativno lako mjerenje struja na više mjernih pozicija. U ovom radu dan je pregled izvršenih mjerenja struja ADCP strujomjerom s čamca u uvali Monsena, sjeverno od Rovinja i korištene metode mjerenja sa svrhom prikupljanja podataka o strujama u cilju kalibracije dvodimenzionalnog hidrodinamičkog modela MIKE 21. Posebno su prikazani rezultati mjerenja na jednoj poziciji mjerenja u istraživanom akvatoriju gdje srednja brzina po dubini i vremenu iznosi 8.4 cm/s a maksimalna brzina 24.3 cm/s.

KLJUČNE RIJEČI: hidrometrija, morske struje, ADCP stujomjer, prostorni raspored morskih struja, kalibracija hidrodinamičkog modela

MEASURAMENT OF SEA CURRENTS WITH ADCP FROM BOAT

SUMMARY: Recently, ADCP are introduced, which can sample currents in water profile and they are good substitute for classic meters. Sea currents are nowdays usually measured by using seabed-mounted ADCPs, which are kept in position for a longer period (till one year), and it is possible to collect substantial information of velocity, direction and temporal distribution of sea current on location of interest. Due to the significant costs of device, recordings with seabed-mounted ADCP are usually made at few measure locations, depending of selected number of locations. Currents measurement at one or two locations sometimes can not provide sufficiently enough information on spatial distribution of currents on the area of interest. On the contrary, measurement from a boat with ADCP, allows relatively easy sampling on several locations. This paper gives an overview of sea current measurements with ADCP from boat at Monsena bay, north from Rovinj, and employed current measurement methods used with intention to collect currents data for two-dimensional hydrodinamic model (MIKE21) calibration. Particularly, represents

measurement results on one position of examined aquatorium where average velocity (vertical spatial and temporal) was been 8.4 cm/s and maximum 24.3 8.4 cm/s.

KEYWORDS: hydrometry, sea currents, ADCP current meter, spatilal sea current distribution, calibration of hydrodinamic model

1.UVOD

Današnji računalni hidrodinamički modeli za proračune morskih strujanja predstavljaju snažan i neizbježan alat u inženjerskoj praksi. Pouzdanost rezultata proračuna provedenih takovim modelima uvjetovana je točnošću unesenih ulaznih parametara. Pri tome je kalibracija modela, temeljem izmjerenih parametara, jedini ispravan pokazatelj koji može dati ocjenu o točnosti modela , a samim time o točnosti rezultata proračuna dobivenih tim modelom. U ovom članku govori se o metodologiji prikupljanja podataka o morskim strujama koji služe za kalibraciju dvodimenzionalnog matematičkog modela MIKE 21 strujanja na lokalnoj razini. Metodologija je primjenjena na primjeru uvale Monsena.

Uvala Monsena se nalazi 2.5 km SZ od Rovinja (slika 1). Obalna linija uvale je relativno malo uvučena obzirom na okolnu obalnu liniju. Linija unutar uvale je slabo razvedena, odnosno bez značajnijih promjena u tlocrtnoj formi. Promatrajući mogući utjecaj tlocrtnog oblika uvale na otklon morske struje uočava se na južnoj strani uvale nešto značajnije promjene, a blaže promjene na sjevernoj strani uvale. Unutar uvale, definirane su pozicije mjernih točaka od P01 do P07, na taj način da su postavljene na granicama matematičkog modela, a točka P08 je postavljena približno na sredini domene. Dubina mora u točki P01 je 5 m, P02 je 7,7m ,u P03 je 10 m, u P04 je 9,5 m, u P05 je 8,9 m, u P06 je 8 m, u P07 je 5,5 m i u P08 je 4,5 m [1].

Slika 1. Geografska pozicija uvale Monsena i prikaz mjernih točaka P01 do P08.

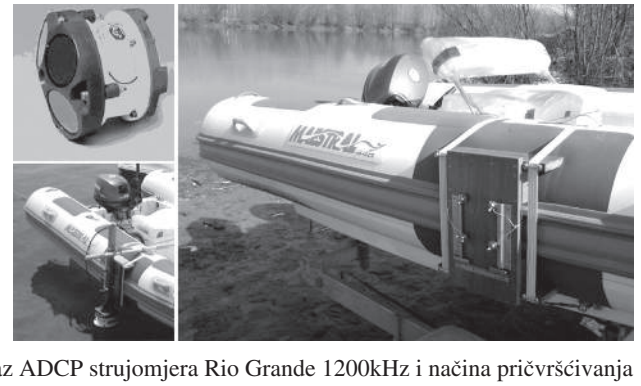
2.MJERNA OPREMA I METODOLOGIJA MJERENJA

Pri mjerenjima korišten je akustični strujomjer na bazi Doppler-ovog efekta, Accoustic Doppler Current Profiler (ADCP) tipa RDI Workhorse Rio Grande, radne frekvencije 1200 kHz. Strujomjer je spojen na čamac na njegovom bočnom dijelu (Slika 3). Preko ručnog GPS uređaja (Garmin 76S; deklarirane točnosti +1.0m) brodica je locirana na moru na odabranim mjernim pozicijama (P01-P08), te je sidrena na tri točke.

Slika 2. Primjer postavki Moda - 11; ''User Commands'' kolona predstavlja korisničke postavke; ostale postavke objašnjene u [5].

Za snimanja je korišten program Win River; mod snimanja High Resolution Mode - 11, koji ima deklariranu standardnu devijaciju jednog pinga 0,7 cm/s, pri preporučenoj visini ćelije od 0.05m. Pri mjerenjima je korištena visina ćelije od 10cm (WS10; Slika 2). Na slici 2 su prikazane ostale korisničke postavke Moda - 11. Podešene postavke su: salinitet 35‰ (ES35); vrijeme između pojedinog pinga 0,1s (TP00001), maksimalna dubina je 25m (BX2500); dubina urona glave ADCP-a je 25cm (WF25), broj ćelija po dubini je 250 (WN250), ''Ambiguity'' brzina je 17 cm/s i određena je prema [6] (WV17). Također je korišten General Purpose Profiling Mode 1, koji ima deklariranu standardnu devijaciju 6.7cm/s pri WV60 [6] i preporučenoj visini ćelije od 0,25m. U Modu 1 su korištene slijedeće postavke: WS25, ES35, TP00001, BX2500, WF25, WN100 i WV17.

Mjerenje je otpočinjalo obilaskom od točke P01 prema točki P08. Na svakoj točki je sniman profil brzine po dubini u periodu od 2 min. Na točki P03 obavljana su i dodatna snimanja u vremenskim razmacima od 15 min. do 1h. Jednim obilaskom (A, B, C, D, itd.; Tablica 1) snimljene su brzine na svih osam točaka. Na slici 4a je prikazan jedan primjer rezultata mjerenja jednog obilaska B (13.07.2006), a na slici 6 rezultati mjerenja u točki P03 u navedenim vremenskim intervalima. U jednom danu je načinjeno od 3 do 6 obilazaka prema vremenskom rasporedu iz Tablice 1. Svaki izlazak na teren unutar kojeg su obavljena mjerenja (Mjerenje br. od 1 do 6) je u pravilu trajao ~24 sata i odvijalo se u periodu od 20.06.2006. do 22.09.2006.



Slika 3. Prikaz ADCP strujomjera Rio Grande 1200kHz i načina pričvršćivanja na bok čamca

Mjer. br.	Datum	Obilazak	Vrije. obilas od	do
1.	20.06.2006.	A	8:00	9:23
		B	11:45	12:49
		C	16:20	17:07
		D	20:25	20:19
	21.06.2006.	E	8:55	9:52
2.	05.07.2006.	A	12:58	13:28
		B	19:39	20:46
	06.07.2006.	C	8:34	9:28
3.	13.07.2006.	A	15:12	16:37
		B	20:21	21:40
	14.07.2006.	C	6:31	7:26
4.	22.08.2006.	A	14:05	15:01
		B	16:46	17:29
		C	20:50	21:35
	23.08.2006.	D	8:06	8:43
		E	10:45	11:29
		F	13:05	13:50
5.	04.09.2006.	A	13:23	14:42
		B	17:16	18:11
		C	20:23	20:59
	05.09.2006.	D	8:32	9:15
		E	12:50	13:39
6.	20.09.2006.	A	13:47	14:30
		B	17:09	17:49
		C	19:05	19:53
	21.09.2006.	D	9:58	10:33
		E	12:36	13:29

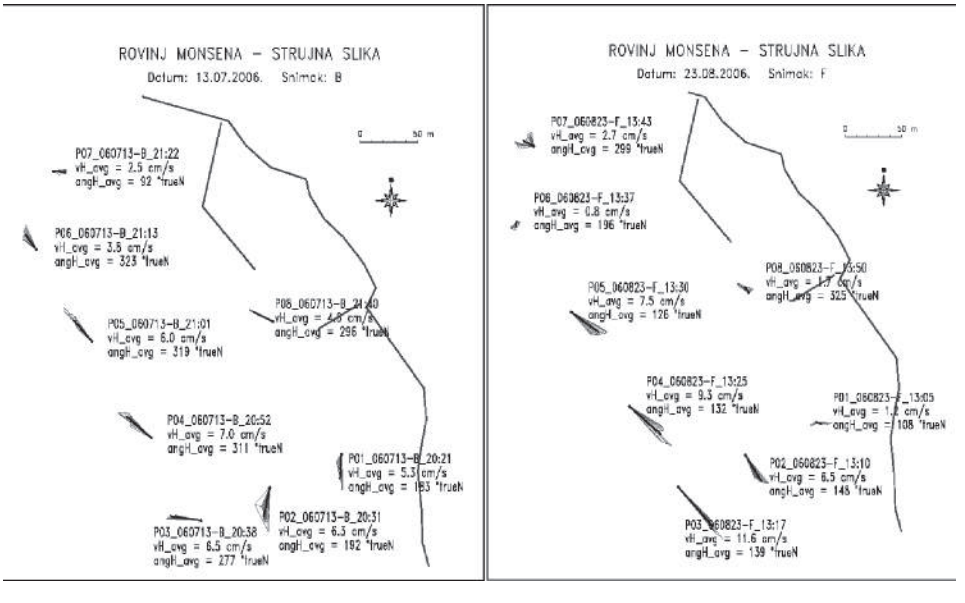
Tablica 1. Raspored izlazaka i ukupan broj mjerenja

Ograničenje mjerenja je valovanje koje uzrokuje njihanje čamca i ADCP strujomjera. Vizualno procijenjena visina vala od 15cm granična je za dobivanje rezultata jer ADCP kod viših valova ne daje pouzdana mjerenja.

4. METODOLOGIJA OBRADE I PRIKAZ REZULTATA MJERENJA

Na slici 4a i b su prikazani vektori brzina morskih struja snimljeni 13. 07. 2006 (Snimak B) i 23.08. 2006 (Snimak F) u 8 točaka.

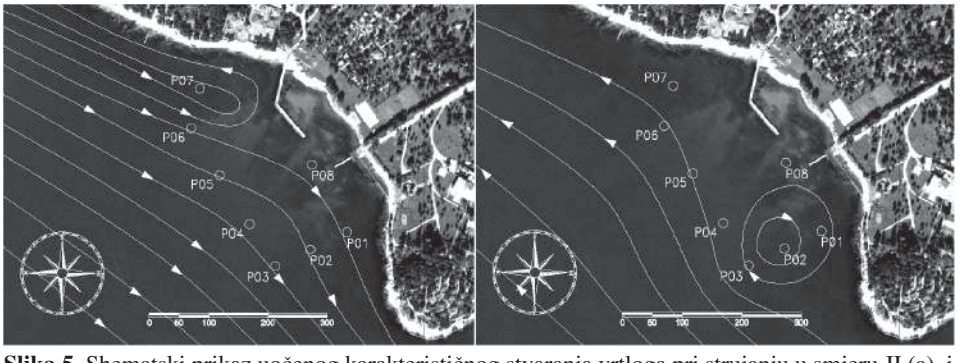
Pri snimanju na poziciji jedne točke dobiveni su ''sirovi'' ASCII podaci o brzini i smjeru morske struje po vertikalnom profilu za svaki pojedini ping. Prikupljeni podaci su vrijednosti brzina morskih struja za svaku ćeliju (iz Poglavlja 2) u tri komponente smjera. Pomoću posebno izrađenog računalnog programa na Građevinskom fakultetu u Zagrebu, načinjena je obrada podataka. Prvo su se izdvojile samo horizontalne komponente strujanja iz zapisa i one su nadalje jedino obrađivane. Obrada se sastojala od vremenskog osrednjavanja dvominutnih vektora brzina na svakoj diskretnoj dubini (za pojedinu ćeliju). Na taj način je dobiven vertikalni profil kojemu su vektori brzine svake ćelije vremenski osrednjeni za period snimanja od dvije minute. Tako dobiveni vertikalni profili su prikazani tlocrtno (sivom bojom) na Slikama 4a i b.



Slika 4.a i bPrikaz morskih struja za dan 13.07.2006. i 23.08.2006. u 8 točaka [4].

Nadalje je obrada obuhvaćala osrednjavanje po dubini prethodno definiranih srednjih dvominutnih profila vektora brzine te je dobivena vrijednost srednjeg dvominutnog vektora brzine osrednjenog osim po vremenu i po dubini. Ti vektori su prikazani na Slikama 4a i b kao deblje linije. Svaka točka (P01-P08) za svaki obilazak ima pridružen jedan vektor brzine.

Uz svaku točku je naznačeno vrijeme snimanja, vrijednost 2 minutnog vektora brzine struje osrednjenog po dubini i vremenu i pripadni smjer u odnosu na sjever (trueN).



Slika 5. Shematski prikaz uočenog karakterističnog stvaranja vrtloga pri strujanju u smjeru JI (a), i strujanju u smjeru SZ (b).

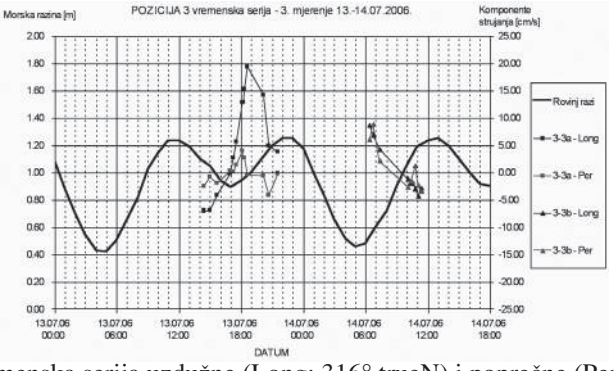
Osrednjenje vektora brzina po dubini je rađeno iz razloga što su podaci kasnije korišteni za upotrebu u matematičkom modelu MIKE21 koji ne uzima u obzir promjenu brzine po vertikali.

Za svaki izlazak (A,B,C,D, itd.), u danu, je načinjena jedna slika kao što je prikazano na slici 4. Ukupno je načinjeno, unutar svih mjerenja, 27 takovih slika. Rezultati svih mjerenja su detaljnije prikazani u [4]. Na taj način je dobiven djelomičan uvid u prostorni raspored strujanja u uvali za pojedine dnevne situacije te se na osnovu analize položaja i vrijednosti vektora u tlocrtnom rasporedu mogu donositi određeni zaključci o dvodimenzionalnom (tlocrtnom) ponašanju struja unutar uvale.

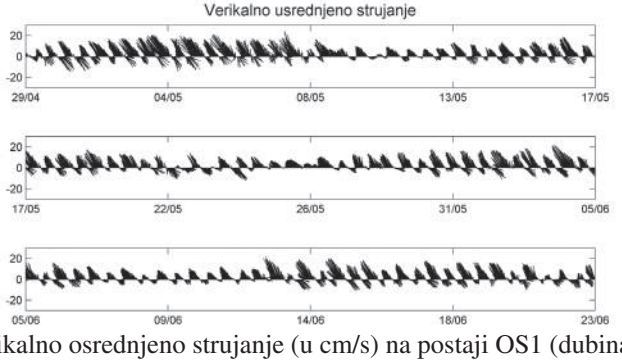
S obzirom na blago uvučeni oblik uvale i dominantni smjer strujanja SZ-JI, dolazi do pojave odvajanja vrtloga od isturenih dijelova obale koji se potom šire u akvatorij uvale. Pri strujanju u smjeru SZ dolazi do odvajanja vrtloga od Rta Barabiga (Slika 1). Na slici 4a se može uočiti pojava jednog takvog vrtloga otklanjanjem vektora brzina od dominantnog smjera strujanja u točkama P01 i P02. Pri strujanju u smjeru JI dolazi do stvaranja povratne struje i odvajanja vrtloga od obale podno vrha Monsena (Slika 1) što se može uočiti na Slici 4b kao otklanjanje vektora brzine u točki P07. Shematski prikaz odvajanja vrtloga je prikazan na Slici 5. Na svim mjerenjima uočen je isti mehanizam strujanja koji se manifestira kao odvajanje vrtloga s jedne i druge strane uvale kako se izmjenjuju plima i oseka. Pojava takovih vrtloga je potvrđena analizom terenskih snimanja struja [4] i rezultatima proračuna na matematičkom modelu.

Kao što je u Poglavlju 2 navedeno, vremenski raspored mjerenja morskih struja je dobiven snimanjem u točki P03, u vremenskim razmacima (od 15 min do 1h), s tim da je jedno snimanje trajalo 2 min. Na taj način se dobiju dnevne oscilacije struja u najisturenijoj točki akvatorija koje mogu poslužiti za definiranje rubnih uvjeta matematičkog modela.

Primjer snimljenih vremenskih serija morskih struja u točki P03 je dan na Slici 6. Vrijednosti brzina struja na Slici 6 su vrijednosti srednjeg dvominutnog vektora brzine osrednjenog po vremenu i po dubini. Vektori brzina su rastavljeni u komponente brzine



Slika 6. Vremenska serija uzdužne (Long; 316° trueN) i poprečne (Per; 46° trueN) komponente brzine morske struje u kontrolnoj točki P03 za 3. mjerenje.



Slika 7. Vertikalno osrednjeno strujanje (u cm/s) na postaji OS1 (dubina mora 20m), apscisa predstavlja vrijeme (dani/mjesec) u 2004.

vlong (316° trueN) i vper (46° trueN). Kako su izmjene plime i oseke u ovom slučaju glavni generatori morskih struja [3], na istome dijagramu su prikazane mjerene oscilacije morskih razina za Rovinj [2].

Na osnovu izmjerenih dvominutnih vektora brzina, osrednjenih po dubini i vremenu, u točki P03 za mjerenja 3, 4, 5 i 6 su izračunati osnovni statistički parametri dani u tablici 2. Uspoređujući mjerene podatke na strujomjernoj postaji OS1 kod Rovinja [3] (Slika 7) i podatke u tablici 2 uočava se da je maksimalna brzina sa slike 7 oko 25 cm/s veoma blizu maksimalnoj brzini u tablici 2. Udaljenost mjerne točke P03 u uvali Monsena i strujomjerne postaje OS1 je svega 1 km.

5. ZAKLJUČAK

POZICIJA	P03
Dubina [m]	10.0
Maksimalna brzina [cm/s]	24.3
Srednja brzina po dubini i vremenu [cm/s]	8.4
Minimalna brzina [cm/s]	0.40
Standardna devijacija [cm/s]	6.0

Tablica 2. Osnovni statistički parametri, apsolutne vrijednosti brzine izmjerene morske struje (osrednjene po dubini i vremenu), na točki P03 za mjerenja 3, 4, 5 i 6 (tablica 1).

Raspored mjernih točaka kontinuiranog mjerenja morskih struja u velikim akvatorijima, u slučajevima uvučenih mikrolokacija sa složenim geometrijskim uvjetima, ne daje pouzdanu sliku strujanja za neke inženjerske zadatke.

Mjerenje s čamca pomoću ADCP strujomjera omogućuje brzu izmjenu točke snimanja i na taj način dobivanje trenutne slike prostornog rasporeda morskih struja unutar određenog manjeg akvatorija. Raspored i organizacija snimanja treba biti takova da se u jednoj točki izvodi češće snimanje u odnosu na ostale točke (u intervalima od 15 min. do 1h). Na taj način se dobiva i vremenska serija izmjene morske struje u toku jednoga dana. Kombinacijom podataka o prostornom i vremenskom rasporedu morskih struja unutar određene lokacije mogu se donositi određeni zaključci o karakteristikama i intezitetu strujanja, te takovi podaci mogu poslužiti kao podloga za kalibraciju MIKE 21 matematičkog modela.

LITERATURA:

1. ABAKA, Geodezija, Rovinj; ''Situacija batimetrija- Lučica Amarin'', za naručitelja: Adris d.d., Rovinj; 2006.
2. Hrvatski hidrografski institut - Split; www.hhi.hr
3. Janeković, I. ''Hidrodinamičke osobine strujanja i morske razine u Rovinjskom akvatoriju''; Institut Ruđer Bošković; Zagreb; 2006.
4. Kuspilić, N., Bekić, D., Carević, D., Mjerenje morskih struja; Turistička zona Monsena-Valdaliso-Rovinj; Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2006.
5. RDI Instruments; ''Win River User's Guide''; 2003.
5. Simpson, M. R.; '' Discharge Measurements Using a Broad-Band Acoustic Doppler Current Profiler''; United States Geological Survey, OPEN-FILE REPORT 01-1; Sacramento, California, 2001; str.36.

Autori:

Carević Dalibor dipl.ing.građ.,

Mr.sc. Damir Bekić dipl.ing.građ.,

Dr.sc. Neven Kuspilić dipl.ing.građ.

Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku,
Kačićeva 26, 10000 Zagreb, tel.: 01-4639309, fax: 01-4639260,
email: *car@grad.hr, dbekic@grad.hr, kuspa@grad.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.06.

NOVI PRISTUP MJERENJU RAZINE MORA: PRIMJER MAREOGRAFSKE STANICE SPLIT-LUKA

Srđan Čupić, Nenad Domijan, Hrvoje Mihanović, Nenad Leder, Goran Strinić, Zvonko Gržetić

SAŽETAK: Mjerenje razine mora obavlja se dugi niz godina analognim uređajima na mareografskim stanicama duž istočne obale Jadrana. Zbog određivanja izuzetno visokih razina mora vezanih uz plimotvornu silu, prisilne i slobodne oscilacije mora pod utjecajem atmosferskih čimbenika (tlaka zraka i vjetra), te zbog rezonantnih oscilacija u priobalnom području bilo je potrebno provesti osuvremenjivanje mareografske mreže s ciljem dostupnosti podataka u realnom vremenu, računanja pojedinih svojstava promjene razine mora u Jadranu te prognoze ekstremnih događaja. Na istočnoj obali Jadrana rad mareografske mreže moguće je pratiti preko web stranica Hrvatskog hidrografskog instituta što omogućava svim potencijalnim korisnicima pouzdane podatke o visini razine mora te podatke prognoziranih morskih mijena. Mareografska stanica Split - luka je od 2003. godine opremljena Thalimedes A/D pretvaračem koji omogućava minutni zapis mjerenih vrijednosti visina u digitalnom obliku, a od 2004. godine i Continuous Global Positioning System (CGPS) stanicom za određivanje vertikalne brzine pomaka tla. Na taj način uključena je u europsku mrežu European Sea Level Service - Research Infrastructure (ESEAS - RI) te omogućuje analizu problema globalnog porasta razine mora i razvoja meteorološko - oceanografskih modela nužnih za prognoziranje iznenadnog poplavljivanja priobalnih područja na istočnoj obali Jadrana.

KLJUČNE RIJEČI: Jadransko more,razina mora, mareografska postaja, Thalimedes, CGPS

NEW APPROACH IN SEA LEVEL MEASUREMENTS- EXAMPLE OF SPLIT - HARBOUR TIDE GAUGE STATION

SUMMARY: Sea level has been continuously measured for many years using analogue instruments at tide gauge stations on the East Adriatic coast. In order to determine extreme sea levels related to the tidal force, atmospheric influence (air pressure and wind) and resonant oscillations in coastal areas, it was necessary to modernise tide gauge network. In this way tide gauge data became available in real time. Main objective was to calculate characteristic of sea level changes on the Adriatic coast and to predict extreme flooding events. Data collected from the tide gauge network on the East Adriatic coast are available on web pages of the Hydrographic Institute of the Republic of Croatia. This enables all potential users to have reliable sea level measurements and predicted data. In 2003, Split - harbour tide gauge station was equipped with Thalimedes A/D converter, setup to record

sea level with a resolution of one minute. In May 2004 the tide gauge was collocated with Continuous Global Positioning System (CGPS), necessary to determine vertical land movements. Tide gauge was appended to the European Sea Level Service - Research Infrastructure project (ESEAS - RI) which allows scientific analyses of global sea level rise and development of coupled atmosphere - sea models necessary to predict sudden flooding of coastal areas on the East Adriatic coast.

KEYWORDS**:** Adriatic Sea, sea level, tide gauge, Thalimedes, CGPS.

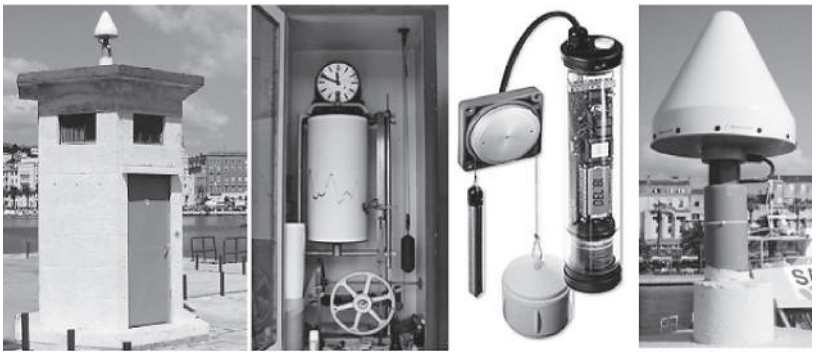
1. UVOD

Na višegodišnjoj vremenskoj skali promjene razine mora su posljedica promjena sustava na granici atmosfera-more, odnosno bilance vode i topline na površini mora, klimatskih promjena u dinamici i sastavu vodenih masa, te geološko-tektonskih promjena odnosno vertikalnih pomaka tla. Rezultati koje je u 2007. godini objavio IPCC (Intergovermental Panel on Climate Change) ističu potrebu za osuvremnjivanjem mareografskih stanica širom svijeta, kako bi dobijeni podaci mjerenja visina razine mora bili što točniji i pristupačniji za upotrebu prilikom ocjene globalnog porasta visina razine mora u sljedećem desetljeću.

U Republici Hrvatskoj postoji dugogodišnja tradicija mjerenja visine razine mora na analognim mareografima u Rovinju (od 1955. godine), Bakru (od 1929. godine), Split-luka (od 1947. godine) i Dubrovniku (od 1954. godine). Osim njih razina mora mjeri se još u Zadru (od 1991) i Pločama (od 2003.godine) [4]. Prikupljeni podaci mjerenja visine razine mora koriste se u brojnim znanstvenim istraživanjima te imaju i praktičnu primjenu u svakodnevnom životu. Važni su za sigurnost i regulaciju plovidbe, znanstvene analize globalnog porasta razine mora, određivanje ekstremnih visina razine mora i određivanje referentnih ploha pri hidrografskim i geodetskim premjerima.

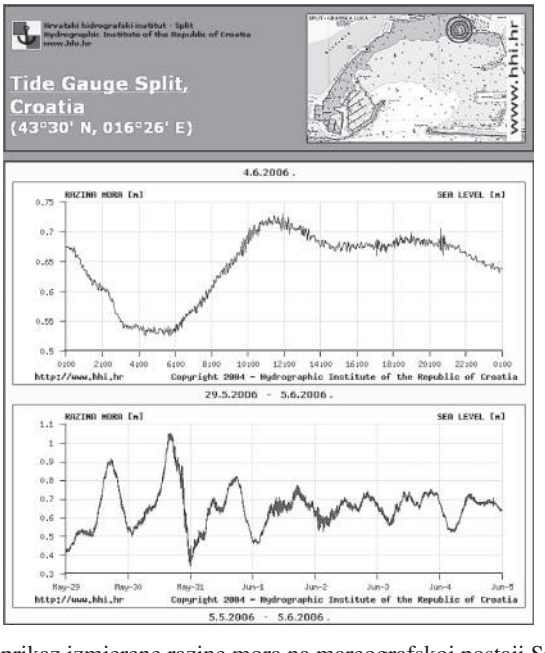
2. MAREOGRAFSKA STANICA SPLIT - LUKA

U svibnju 1929. godine Hidrografski ured mornarice Kraljevine Jugoslavije postavio je mareograf u Splitu, koji je radio sve do početka 2. svjetskog rata 1941. godine, a uništen je za vrijeme savezničkog bombardiranja Splita. Mareografska stanica obnovljena je 1946. godine postavljanjem prijenosnog mareografa tipa A.Ott - X [11], međutim kontinuirani niz mjerenja započinje tek 1955. godine. Te godine u kućici ispred Lučke kapetanije (ϕ = 43°30'24" N, λ = 16°26'30" E) postavljen je analogni mareograf A.Ott - Kempten (slika 1). Ovaj mareograf radi s odnosom registracije 1:5, a mjeri promjene razine mora u zdencu povezanom s vanjskim morem spojnom cijevi. Sustav zdenca i spojne cijevi guši kratkoperiodičke površinske valove, pa su u sustav propuštene samo dugoperiodičke oscilacije (period veći od 1 minute) koje se mehanički bilježe na papir. Točnost mareografskih mjerenja je ±1 cm. Obrada mareografskih podataka obavlja se u Hrvatskom hidrografskom institutu, uklanjanjem oscilacija perioda manjih od dva sata. Digitalizacijom se dobivaju vrijednosti razine mora s jednosatnim intervalom uzorkovanja. Ovi podaci omogućavaju određivanje dnevnih, mjesečnih i godišnjih srednjaka te mjesečnih i godišnjih ekstrema razine mora. Rezultati obrade se objavljuju u publikacijama Hrvatskog hidrografskog instituta (1956. - 2005), a dostavljaju se i u Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) u Velikoj Britaniji te su dostupni domaćoj i međunarodnoj zajednici [2].



Slika 1.: Mareograf Split - luka opremljen analognim i digitalnim mareografom te CGPS stanicom.

Tijekom 2003. godine mareograf je opremljen Thalimedes A/D pretvaračem, centralnom jedinicom s akumulatorskim napajanjem te GSM modemom Siemens (brzina prijenosa podataka 2400 ili 9600 bits/s). Modem se uključuje nekoliko puta dnevno po 20 minuta [10]. Thalimedes je podešen da bilježi minutne podatke i sprema ih u radnu memoriju u digitalnom obliku. Jednom dnevno podaci se prenose s mareografa na računalo te se automatski obavlja kontrola kvalitete i obrada podataka mjerenja, te kreiraju dnevne, tjedne, mjesečne i godišnje datoteke. Rezultati obrade se grafički prikazuju na web stranicama Instituta (http://www.mijeneonline.hhi.hr/split_mj_n_e.asp) (slika 2). To omogućava svim potencijalnim korisnicima pouzdane podatke o visini razine mora te podatke prognoziranih morskih mijena za tekuću godinu.

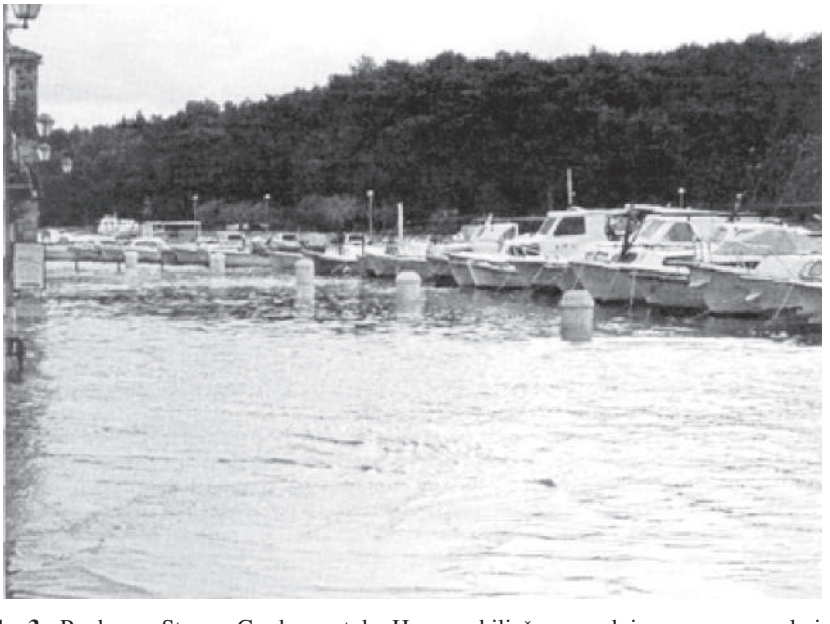


Slika 2.: Grafički prikaz izmjerene razine mora na mareografskoj postaji Split - luka na web stranicama Hrvatskog hidrografskog instituta.

U okviru međunarodnog projekta European Sea-Level Service - Research Infrastructure (ESEAS-RI) koji je trajao u razdoblju između 2002. i 2005. godine, na krovu mareografa u Splitu postavljena je CGPS antena (Continuous Global Positioning System) s prijemnikom smještenim u kućici mareografa [8, 10]. Podaci CGPS uređaja pružit će informaciju o vertikalnoj brzini pomaka tla.

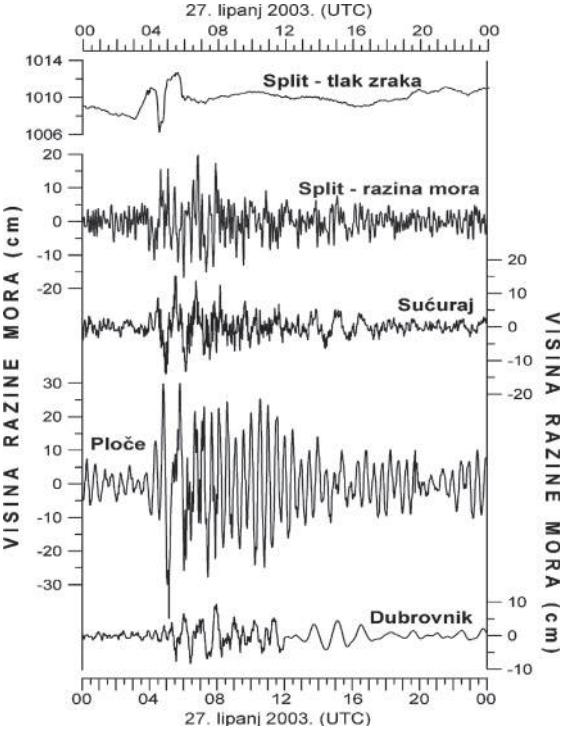
3. ANALIZA EKSTREMNO VISOKIH RAZINA MORA

Opremanje mareografa Split - luka Thalimedes uređajem s minutnim zapisom pokazalo se opravdanom nedugo nakon postavljanja. Dana 26-27. lipnja 2003. godine olujno nevrijeme zahvatilo je područje srednjeg Jadrana uzrokujući poplave u Starom Gradu na otoku Hvaru te velike materijalne štete na uzgajalištima školjaka u zaljevu Malog Stona (slika 3). Sakupljeni podaci mjerenja tlaka zraka i vjetra, te oscilacije razine mora mjerene na mareografskim stanicama upotrebljeni su za „pokretanje“ i verifikaciju oceanografskog numeričkog hidrodinamičkog modela [9]. Numerički model pokazao je da je kratkoperiodična oscilacija tlaka zraka (period od 70-80 minuta, amplituda 3hPa) bila uzrok visokofrekventnih oscilacija razine mora izmjerenih na nekoliko mareografskih stanica duž obale, s amplitudom većom od pola metra u akvatoriju srednjeg Jadrana (slika 4).

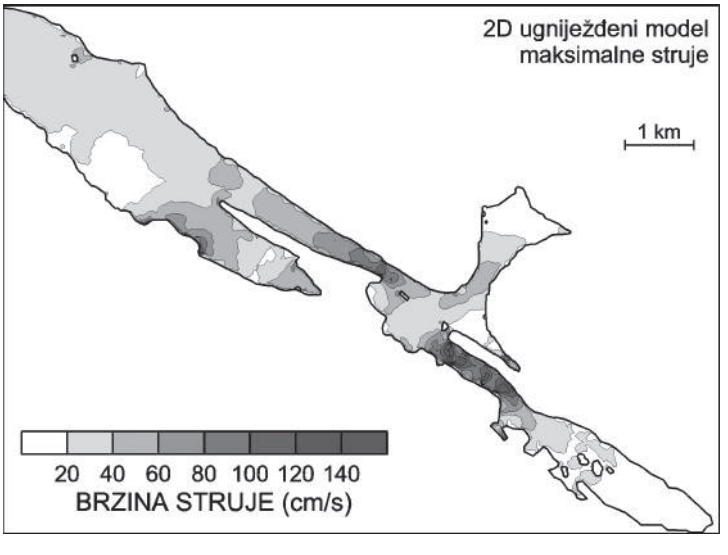


Slika 3.: Poplave u Starom Gradu na otoku Hvaru zabilježene za olujnog nevremena koje je zahvatilo područje srednjeg Jadrana 26. i 27. lipnja 2003. godine.

Analiza rezultata izračuna numeričkog modela pokazala je da su za poplavu Starogradskog zaljeva i pojavu jakih morskih struja u zaljevu Mali Ston odgovorna tri procesa: Proudmanova rezonanca, obalna rezonanca i topografski efekt. Najjače struje su zabilježene u područjima dvaju suženja, naročito u unutarnjem plitkom prolazu (dubine od 3 do 6 metara) gdje su struje modelirane s iznosima od 120 do 150 cm/s (slika 5). Ovako jake struje bile su dovoljne za pomicanje sidrenih blokova uzgajališta školjaka u dublje dijelove zaljeva, uništavajući kompletan uzgoj na tim područjima [3].



Slika 4.: Tlak zraka u Splitu te visina razine mora u Splitu, Sućurju, Pločama i Dubrovniku dana 27. lipnja 2003.

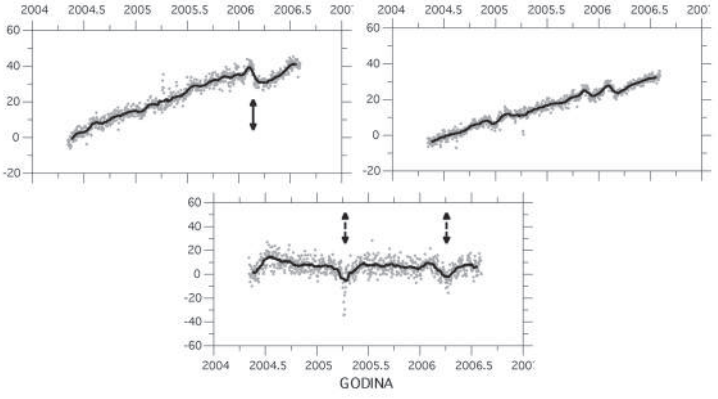


Slika 5.: Razdioba maksimalnih brzina morskih struja u Zaljevu Mali Ston proračunata hidrodinamičkim modelom za atmosferski poremećaj tlaka zraka zabilježen 27. lipnja 2003. godine.

4. ODREĐIVANJE APSOLUTNIH VISINA RAZINE MORA - CGPS STANICA

CGPS stanica koja je započela s radom 4. svibnja 2004. godine će omogućiti određivanje apsolutnih promjena visine razine mora, zajedno s mareografskim mjerenjima te podacima satelitske altimetrije. Satelitska mjerenja određuju apsolutnu visinu razine mora u odnosu na globalni referentni sustav, odnosno ITRF elipsoid [1]. Podaci CGPS uređaja pružaju informaciju o vertikalnoj brzini na određenoj točki obale s točnošću većom od 1 mm/godinu, dok mareografski uređaj smješten na istoj ili bliskoj lokaciji istovremeno mjeri relativnu promjenu visine razine mora. Korištenjem ovih mjerenja, relativna visina razine mora se može transformirati u apsolutnu. Tijekom odabira najpovoljnije lokacije za postavljanje CGPS antene pažljivo su uzeti u obzir svi zahtjevi definirani od stručnih grupa koje se CGPS mjerenjima bave niz godina. To se prije svega odnosi na zaklonjenost antene okolnim zgradama koja mora biti minimalna, zatim sigurnost opreme, dostupnost električnih i telekomunikacijskih instalacija, te lokalnu stabilnost tla [1]. Ovi zahtjevi u najvećoj mjeri su bili zadovoljeni na krovu mareografske postaje u Splitu, jer najviša prepreka je zgrada Lučke kapetanije, unutar dozvoljenog kuta visine. Odabran je Ashtech Micro-Z CGRS prijemnik s Dorne-Margolin antenom, opremljen GSM modemom preko kojeg je moguće komunicirati s instrumentom i skidati podatke. Dnevne datoteke za postaju Split (SPLT) dostupne su od 5. svibnja 2004. u komprimiranom RINEX formatu na serveru ESEAS - a.

Na slici 6. prikazani su preliminarni rezultati obrade mjerenja na CGPS postaji u Splitu, odnosno vremenski nizovi položaja antene u x-y-z sustavu (N, E i visina) u razdoblju između svibnja 2004. i kolovoza 2006. godine. Analiza je provedena u Norveškom kartografskom institutu (Norwegian Mapping Authority) korištenjem Gipsy-Oasis 4.03 programskog paketa, te je temeljena na strategiji procesiranja podataka ESEAS-RI projekta [6, 7]. Preliminarni rezultati pokazuju da je lokacija mareografske stenice bila dobar izbor za CGPS stanicu, što potvrđuju parametri kvalitete mjerenja. Podaci su dosta dobre kvalitete ali uočavaju se tri razdoblja u kojima se ili značajno povećala greška mjerenja, ili je došlo do naglog pomaka koordinata. Razdoblja s velikim pogreškama mjerenja označena su crtkanim strelicama na slici 6, dok je nagli pomak koordinata označen punom strelicom. Uzevši u obzir da se kontrola mareografske stanice obavlja redovito svaki tjedan, bilo je moguće utvrditi i uzroke ovih promjena kvalitete mjerenja. Znatno pogoršanje kvalitete podataka nastupilo je za trajanja nautičkih sajmova Croatia Boat Show početkom travnja 2005. (neovlašteno je na krov mareografa ugrađena telekomunikacijska antena), te krajem ožujka i početkom travnja 2006. godine (u neposrednoj blizini mareografa izgrađen je visoki montažni objekt). Pomak u koordinatama zabilježen je oko 24. veljače 2006. godine. Ovaj događaj je navjerojatnije uzrokovan vandalskim činom, jer su neposredno nakon tog datuma dokumentirana oštećenja ma mareografskoj kućici i pomak antene. Ovi čimbenici samo potvrđuju koliko je težak izbor kvalitetne lokacije za CGPS antenu, te koliko je komplicirano zadovoljiti sve zahtjeve za kvalitetno funkcioniranje CGPS-a u višegodišnjem razdoblju. Ipak, instalacija CGPS uređaja predstavlja važan korak naprijed u mjerenjima visine razine mora u Hrvatskoj. Dugogodišnja mjerenja će omogućiti precizan izračun apsolutnih promjena visine razine mora u Jadranu, analizu trenda razine mora te procjenu promjena i povećanja rizika/ugroženosti obalnih djelova u budućnosti [10].



Slika 6.: Vremenski nizovi x-y-z koordinata na CGPS postaji u Splitu, u razdoblju svibanj 2004. - kolovoz 2006. Točkicama su označene dnevne vrijednosti dok linija predstavlja 31-dnevni klizni srednjak. Crtkane strelice ukazuju na razdoblja s povećanim pogreškama mjerenja, a puna strelica označava dan u kojem je došlo do pomaka antene.

5. ZAKLJUČAK

Globalne klimatske promjene i njihov utjecaj na stvarni porast razine mora na istočnoj obali Jadranskog mora već sada je moguće pratiti na mareografskoj stanici Split-luka. Novi pristup mjerenju visina razine mora tijekom 2003/2004.godine omogućen je opremanjem stanice Thalimedes A/D pretvaračem i CGPS stanicom.

Primijenjeni numerički hidrodinamički model uspješno je "dijagnosticirao" pojavu izuzetno visokih razina mora i struja u akvatoriju srednjeg Jadrana, no postavlja se pitanje da li je moguće predvidjeti ovu pojavu i na taj način izbjeći faktor iznenađenja, te smanjiti moguće štetno djelovanje na obalna područja. Odgovor je: da, moguće je, no tek kada se uspostavi odgovarajući meteorološki model koji će moći dijagnosticirati i prognozirati atmosferske težinske valove. Naime, atmosferski težinski valovi, zbog gotovo nikakvog utjecaja na vremensku situaciju u nekom području, nisu od značaja za meteorološku prognozu, pa stoga njihovo pojavljivanje nije još dovoljno izučeno. Kada se načini odgovarajuća meteorološka prognoza koja će moći predviđati meteorološke parametre na finoj prostornoj rezoluciji, tada će biti jednostavno pokrenuti već postojeće oceanografske modele koji će, kao što je pokazano kod dijagnosticiranja, uspješno prognozirati ovakve pojave [3]. Naravno, obzirom na nestabilnost težinskih valova, ovakve prognoze će se moći davati za najviše nekoliko sati, no i to će biti dovoljno za uzbunjivanje dijela pučanstva, vlasnika brodica i odgovarajućih službi u svrhu smanjivanja mogućih šteta unaprijed dogovorenim preventivnim akcijama (npr. izvlačenje brodica, spašavanje vrijednih stvari iz najugroženijih kuća i područja, zaštita vrata na zgradama uz obalu, itd).

Cilj programa kolociranja CGPS uređaja uz mareografsku stanicu Split-Luka je određivanje vertikalne brzine na stanici s točnošću većom od 1 mm/godinu. Preliminarni rezultati su pokazali da je to vrlo zahtjevan zadatak, pa su potrebni dugogodišnji vremenski nizovi CGPS mjerenja (više od 10 godina), te pažljivi proračuni i transformacije.

LITERATURA:

1. Bevis, M., Scherer, W., Merrifield, M. (2002): *Technical issues and recommendations related to the installation of continuous GPS stations at tide gauges*. Mar. Geod., 25, 87-99.

2. Čupić, S., Domijan, N., Mihanović, H., Leder N., Strinić, G., Gržetić, Z. (2006): *Five decades of continuous tide gauge measurements at Split - harbour (1956 - 2006)*, In: Kereković, D (Ed.): GIS Applications and Development, Hrvatski informatički zbor - GIS Forum, Zagreb, 67-73.

3. Domijan, N., Vilibić, I. (2004): *Plimni val u našoj vali*, Nautica, studeni 2004, 194 - 198.

4. Hrvatski hidrografski institut - Split; *Izvješće o mareografskim mjerenjima na istočnoj obali Jadrana 1956. - 2005.*

5. IPPC (2007): *Fourth Assesment Report of the Intergovermental Panel on Climate Change*, Volumes 1-3, Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, 10 February 2007, Paris, pp. 21.

6. Kierulf, H. P., Plag, H-P. (2003a): *ESEAS CGPS Processing Strategy, Determination of high accuracy vertical velocities*, Delivery Report D2.1a of the ESEAS-RI Project (available at http://www.eseas.org/eseas-ri/deliverables/d2.1), Norwegian Mapping Authority, Honefoss, Norway, 31 pp.

7. Kierulf, H. P., Plag, H-P. (2003b): *ESEAS CGPS Processing Strategy, Implementation of ESEAS CGPS Processing Strategy,* Delivery Report D2.1b of the ESEAS-RI Project (available at http://www.eseas.org/eseas-ri/deliverables/d2.1), Norwegian Mapping Authority, Honefoss, Norway, 18 pp.

8. Mihanović, H., Domijan, N., Leder, N., Čupić, S., Strinić, G., Gržetić, Z. (2006): *CGPS station collocated at Split tide gauge*, In: Kereković, D (Ed.): GIS Applications and Development, Hrvatski informatički zbor - GIS Forum, Zagreb, 55-61.

9. Vilibić, I., Domijan, N., Orlić, M., Leder, N., Pasarić, M., (2004): *Resonant coupling of a traveling air - pressure disturbance with the east Adriatic coastal waters*, J. Geophys. Res., 109, C10001, doi: 10.1029/2004JC002279.

10. Vilibić, I., Orlić, M., Čupić, S., Domijan, N., Leder, N., Mihanović, H., Pasarić, M., Pasarić. Z., Srdelić, M., Strinić, G. (2005): *A new approach to sea level observations in Croatia*, Geofizika, Vol. 22, 21-57.

11. Zupan, A. (1958): *Srednja razina mora u Splitu u razdoblju od 1947. do 1957. godine*, Hidrografski godišnjak 1956-1957,123-151.

AUTORI:

Srđan Čupić,
prof., dr.sc.Nenad Domijan,
mr.sc. Hrvoje Mihanović,
dr.sc. Nenad Leder,
Goran Strinić, dipl. inž.,
dr.sc. Zvonko Gržetić
e-mail: *srdjan.cupic@hhi.hr*; tel: +38521361840; fax: +38521347242
Hrvatski hidrografski institut - Split, Zrinsko-Frankopanska 161, 21000 Split, Hrvatska

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.07.

KARAKTERIZACIJA ORGANSKIH TVARI U VODAMA RIJEKA DRAVE I DUNAVA

Željka Cvrković, Damir Krznarić, Vera Santo, Marijan Šeruga, Božena Ćosović

SAŽETAK: Provedeno je jednogodišnje ispitivanje sadržaja i karakteristika organskih tvari u vodama rijeka Drave i Dunava određivanjem koncentracije otopljenog organskog ugljika (DOC), kemijske (KPK) i biokemijske potrošnje kisika (BPK_5), te utvrđivanjem oksidacijskog stanja ugljika u prisutnim organskim spojevima. Primjenom elektrokemijske metode ispitivane su površinski aktivne organske tvari (PAT). Prema obliku elektrokemijski dobivenih krivulja i usporedbom sa modelnim tvarima pretpostavljeno je da su humusne tvari pretežiti sastojak organskih tvari u ispitivanim uzorcima. Napravljena je usporedba sa drugim površinskim vodama.

KLJUČNE RIJEČI: Drava, Dunav, organske tvari, površinski aktivne tvari

CHARACTERIZATION OF ORGANIC MATTER IN RIVER WATERS OF DRAVA AND DANUBE

SUMMARY: One year investigation has been performed of the content and characteristics of organic substances in river water of Drava and Danube. The concentrations of dissolved organic carbon (DOC),and chemical (COD) and biochemical oxygen demands (BOD_5) were measured and the oxidation state of organic carbon in present organic compounds was determined. Surface active substances were investigated by using the electrochemical method. On the basis of the obtained electrochemical curves and by comparison with the model substances it is suggested that humic substances represent the major organic components of the investigated riverwater samples. Comparison is made with other natural surface freshwater systems.

KEYWORDS: Drava, Danube, organic matter, surface active substances

UVOD

U prirodnim vodama organska tvar predstavlja izvor života jer snabdjeva biljke, životinje i mikroorganizme hranom, energijom i vitaminima. Koncentracije organskih tvari ovise o netto produktivnosti, lučenju fitoplanktona, te unosu i izlasku organskih tvari iz vodenog sustava [6]. Kod prekomjernog nagomilavanja organskih tvari u prirodnim vodama dolazi do povećane potrošnje kisika za njihovu razgradnju, a time i do smanjenja količine otopljenog kisika koji je potreban za održanje života u vodi, te do nagomilavanja i ponekad toksičnog djelovanja organskih spojeva kroz hranidbeni lanac. Organska tvar je prema tome i potencijalni uzrok zagađenja.

U prirodnim vodama nalazi se kompleksna smjesa organskih spojeva koji su termodinamski nestabilni i međusobno se razlikuju po količini, sastavu, porijeklu i fizičko-kemijskim svojstvima. Organske tvari utječu na stanje , raspodjelu i sudbinu drugih tvari u okolišu, posebice tragova metala i organskih zagađivala u vodama. Zbog toga je važno odrediti karakteristike i svojstva organskih tvari u okolišu, dinamiku njihovih promjena i mogućnost utjecaja na druge tvari i procese u okolišu [1,9]. Pri tome važnu ulogu imaju površinski aktivne tvari koje se adsorbiraju na prirodnim granicama faza, kao na primjer na česticama sedimenta i suspendiranih tvari u prirodnim vodama, čime utječu na sudbinu ostalih mikrokonstituenata [1,8]. Površinski aktivne tvari mogu biti produkti razgradnje i metabolizma organizama ili zagađivala kao otpadni produkti industije i domaćinstava.

U ovom radu provedeno je jednogošnje ispitivanje sadržaja i karakteristika organskih tvari u vodama rijeka Drave i Dunava određivanjem koncentracije otopljenog organskog ugljika (DOC), kemijske i biokemijske potrošnje kisika, te utvrđivanjem oksidacijskog stanja prisutnih organskih spojeva. Primjenom elektrokemijske metode ispitivane su površinski aktivne organske tvari [3,4]. Koncentracije površinski aktivnih tvari izražene su pomoću kalibracijskih krivulja za neionski tenzid Triton-X-100 i humusnu kiselinu.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Na svom 188 km dugačkom toku kroz Republiku Hrvatsku Dunav prolazi kroz Batinu i Vukovar sve do Iloka primajući njihove otpadne vode. Kod Aljmaša, na granici Hrvatske sa Vojvodinom (Srbija), Drava utječe u Dunav i sa sobom nosi otpadne vode koje je sakupila na svom 725 km (305 km u Republici Hrvatskoj) dugačkom toku. Otpadne vode grada Osijeka ulijevaju se u Dravu kod Nemetina i pri tome direktno utječu na kvalitetu vode Drave, a zbog blizine utoka Drave u Dunav i na vodu Dunava [2]. U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja organskih tvari na tri postaje na rijeci Dunav (Dunav-Batina, Dunav-Borovo, Dunav-Ilok), te na rijeci Dravi kod Nemetina. Ispitivanja obuhvaćaju razdoblje od jedne godine, od lipnja 2005 do srpnja 2006 godine sa jednomjesečnom dinamikom uzorkovanja, što je omogućilo određivanje utjecaja sezonskih i hidroloških promjena na količinu, sastav i svojstva organskih tvari.

METODOLOGIJA

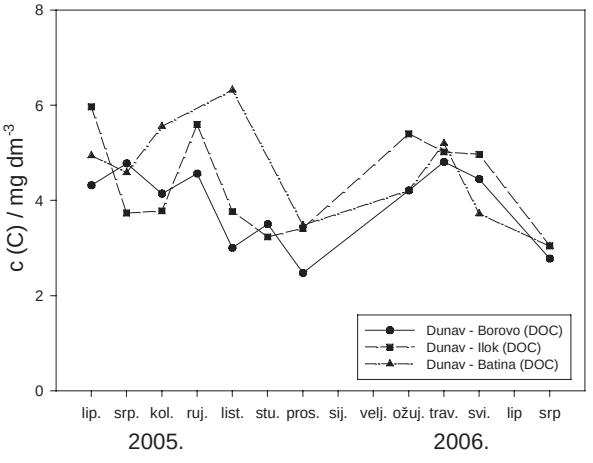
Površinski aktivne tvari (PAT) ispitivane su elektrokemijskom metodom voltametrije izmjeničnom strujom (a.c. voltametrija) [3] uz određene modifikacije postupka mjerenja. Za mjerenje je korišten prenosivi elektrokemijski uređaj (PalmSens,Nizozemska) i živina viseća kap elektroda.

Otopljeni organski ugljik (DOC) određivan je metodom visokotemperaturne katalitičke oksidacije na instrumentu TOC-5000 tvrtke Shimadzu, Japan, uz određivanje nastaloga plina CO_2 pomoću NDIR detektora. Analize KPK-Cr (kemijska potrošnja kisika iz kalijeva dikromata), BPK_5 (biokemijska potrošnja kisika), i određivanje Ca i Mg obavljeno je standardnim metodama. Redoks stanja organskih tvari u uzorcima izračunata su iz poznatih podataka za DOC i KPK [9].

REZULTATI I RASPRAVA

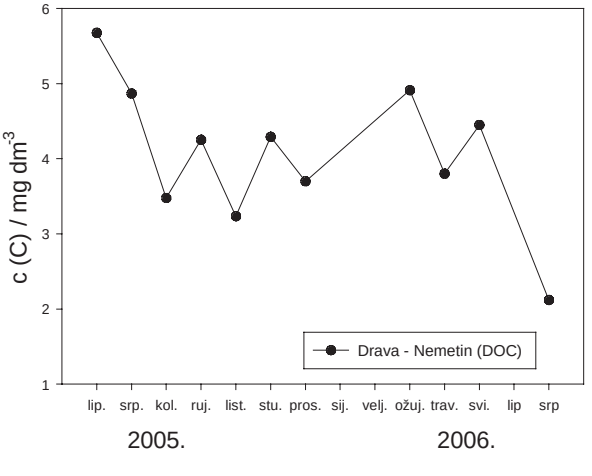
Na slici 1 prikazane su sezonske promjene koncentracije DOC na tri mjerne postaje rijeke Dunava u periodu od lipnja 2005. do srpnja 2006 godine. Vrijednosti za DOC na postaji

Dunav - Borovo kretale su se u rasponu od 2,5 do 4,8 mg dm^{-3}, Dunav - Ilok od 3,0 do 6,0 mg dm^{-3} i Dunav - Batina od 3,0 do 6,3 mg dm^{-3}, sa vidljivim sezonskim trendom na svim mjernim postajama.



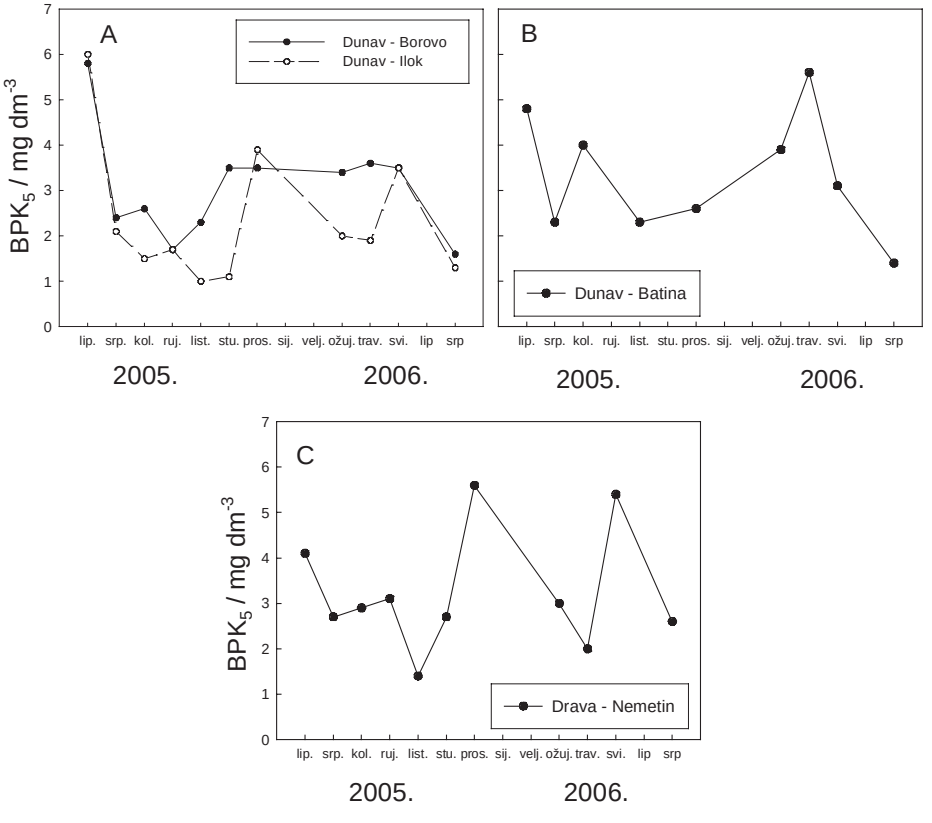
Slika 1.: Sezonske promjene koncentracije otopljenog ugljika (DOC) u uzorcima vode na postajama rijeke Dunav

Slika 2 prikazuje promjenu koncentracije DOC na mjernoj postaji Drava - Nemetin u rasponu vrijednosti od 2,1 do 5,7 mg dm^{-3}. Velike promjene u koncentraciji DOC bez izraženog sezonskog trenda mogu biti na ovoj postaji posljedica utjecaja otpadnih voda IPK-Tvornice šećera Osijek i kolektora otpadnih voda [2]. Otpadne vode grada Osijeka ispuštaju se se bez pročišćavanja u Dravu dijelom ispustom kod Nemetina, a dijelom preko postojećih kišnih preljeva. Kišni preljevi su smješteni uz gradsku Promenadu, te su neprimjereni, pogotovo u sušnim periodima kada se iz njih širi neugodan miris dijelovima grada predviđenim za sport i razonodu.



Slika 2.: Sezonske promjene koncentracije otopljenog ugljika (DOC) u uzorcima vode za postaju Drava-Nemetin.

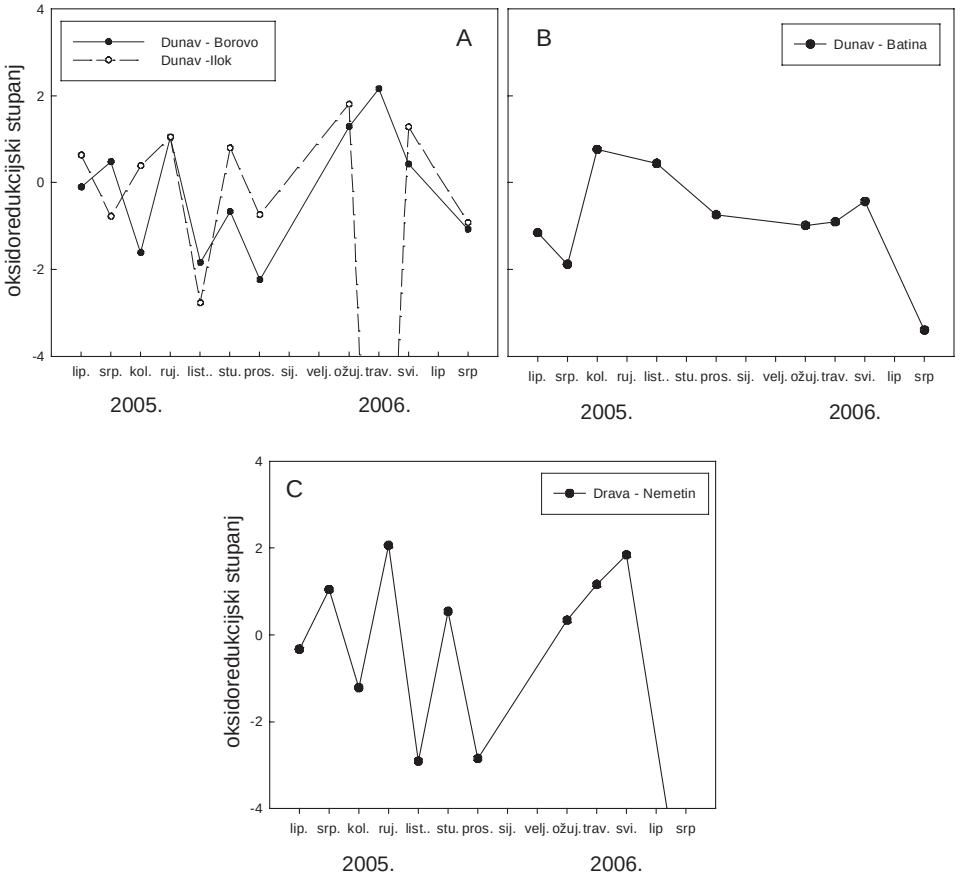
Promjene koncentracija biokemijske potrošnje kisika (BPK_5) na mjernoj postaji Dunav - Borovo (slika 3A) kretale su se u rasponu od 1,6 do 5,8 mg dm^{-3}, Dunav - Ilok (slika 3A) od 1,0 do 6,0 mg dm^{-3}, Dunav - Batina (slika 3B) od 1,4 do 5,6 mg dm^{-3} i Drava - Nemetin (slika 3C) od 1,4 do 5,6 mg dm^{-3}. Vremenske serije za BPK_5 kao pokazatelja organskog onečišćenja mogu se povezati s antropogenim utjecajem [7]. Na mjernoj postaji Dunav - Batina kod koje nema direktnog urbanog utjecaja postoji određeni sezonski trend promjene BPK_5, dok sve druge postaje ne pokazuju sezonske promjene, te se vremenske serije BPK_5 mogu uzeti pokazateljem organskog onečišćenja. Najviše vrijednosti dobivene su na tim postajama u prosincu što se poklapa sa intenzitetom rada šećerane i mogućim utjecajima na kvalitetu voda.



Slika 3.: Sezonske promjene koncentracije biokemijske potrošnje kisika (BPK5) u vodi na raznim postajama.

Ako se pretpostavi da se kemijska potrošnja kisika (KPK) uglavnom odnosi na oksidaciju otopljene organske tvari, tada se iz odnosa KPK i DOC može odrediti oksidacijski stupanj organske tvari [9], koji u pravilu može biti u rasponu vrijednosti od +4 do -4. Ako su dobivene vrijednosti manje od -4 tada se one mogu pripisati kemijskoj potrošnji kisika u oksidaciji mineralnih sastojaka u uzorku. Vrijednosti za Dunav - Borovo (slika 4A) kretale su se od 2,16 do -2,24, Dunav - Ilok (slika 4A) od 1,81 do -14,32, Dunav - Batina (slika 5B) od 0,76 do -3,40 i Dravu-Nemetin (slika 4C) od 1,84 do -6,75 . Iz toga se

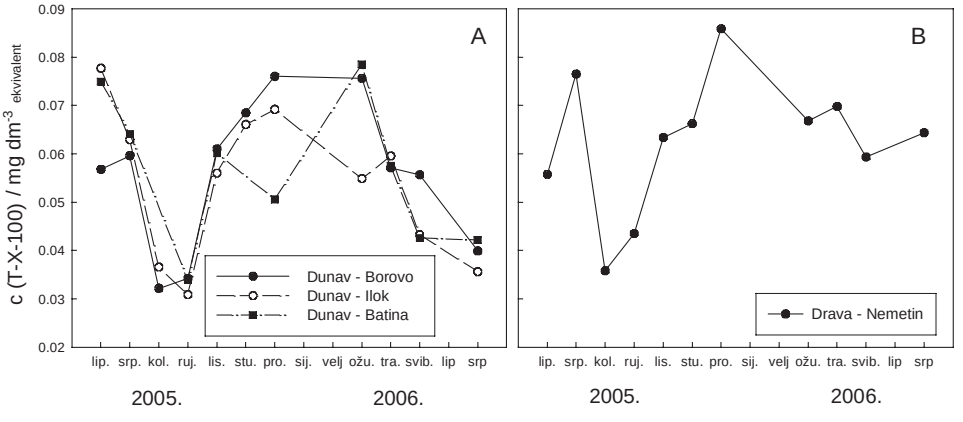
može zaključiti da je veliki dio organskih tvari u rijeci još uvijek u niskom oksidacijskom stupnju. Na mjernim postajama Dunav - Borovo i Dunav - Ilok oscilacije vrijednosti mogu biti posljedica utjecaja grada Vukovara i grada Iloka. Do velikog sniženja tako određenog oksidacijskog stupnja u travnju 2006. godine na postaji Dunav - Ilok moglo je doći zbog sapiranja okolnog terena uslijed izrazito visokog vodostaja Dunava i unosa mineralnih sastojaka i čestica organskih tvari, što je doprinjelo izmjerenim vrijednostima kemijske potrošnje kisika. Velike oscilacije u oksidacijskom stupnju organskog ugljika bez izražene sezonske aktivnosti na mjernoj postaji Drava - Nemetin mogu biti posljedica rada Šećerane i utjecaja kolektora otpadnih voda Osijeka. Na mjernoj postaji Dunav - Batina, koja nema direktnog utjecaja niti naselja niti pritoka, nema velikih oscilacija u oksidacijskom stupnju organskih tvari i vidljiv je sezonski trend promjena.



Slika 4.: Redoks stanja organskih tvari određena iz poznatih podataka za DOC (otopljeni organski ugljik, mg dm-3 C) i KPK (kemijska potrošnja kisika iz bikromatnog broja, mg dm-3 O2).

Na slici 5 prikazane su koncentracije PAT izražene u ekvivalentima T-X-100 (mg dm^{-3}) na mjernim postajama rijeka Dunava i Drave. Koncentracije PAT na postajama Dunava bile su u rasponu od 0,03 do 0,08 mg dm^{-3} sa srednjim vrijednostima od 0,6 mg dm^{-3} na mjernim postajama Dunav - Borovo i Dunav - Batina i 0,5 mg dm^{-3} na postaji Dunav

- Ilok . Na postaji Drava - Nemetin koncentracije PAT su se kretale od 0,04 do 0,09 mg dm^{-3} sa srednjom vrijednošću od 0,05 mg dm^{-3}. Na svim mjernim postajama vidljiva je sezonska varijacija koncentracije PAT. Ako se koncentracije PAT odrede iz kalibracijske krivulje za humusnu kiselinu tada one odgovaraju rasponu vrijednosti od 7 do 18 mg dm^{-3} humusnih tvari. Uz pretpostavku da humusne tvari u prosjeku sadrže oko 50% organskog ugljika tada dobivene koncentracije za humusne tvari u ispitivanim riječnim uzorcima približno odgovaraju sadržaju otopljenog organskog ugljika. Gruba karakterizacija organskih tvari iz oblika elektrokemijskih signala kod određivanja PAT odgovara također pretežito humusnim tvarima.



Slika 5.: - A.c. voltametrijom određene površinski aktivne tvari (PAT) u uzorcima i izražene ekvivalentima T-X-100.

Srednje vrijednosti koncentracije otopljenog organskog ugljika u ispitivanim riječnim uzorcima u skladu su sa karakteristikama tih voda s obzirom na sadržaj kalcija i magnezija u njima (tablica 1). Poznato je da vode koje sadrže vrlo male koncentracije otopljenih soli kalcija i magnezija mogu imati vrlo visoke koncentracije otopljenih organskih tvari [9], kao na primjer vode iz Schwarzwalda u Njemačkoj (21 mg dm^{-3}) kao što je navedeno u tablici 1. Vode sa visokim sadržajem kalcija i magnezija imaju znatno manje koncentracije otopljene organske tvari, obično nekoliko miligrama po litri [9]. U rijeci Dravi kod Nemetina srednja vrijednost koncentracije kalcija iznosila je 1,07 mM a magnezija 0,37 mM. U rijeci Dunavu kod Batine, tj uzvodno od utoka Drave u Dunav, srednja koncentracija kalcija bila je viša i iznosila 1,52 mM , a magnezija 0,52 mM. Na postajama Dunava nakon utoka Drave srednje vrijednosti kalcija (1,23 i 1,25) i magnezija (0,44 i 0,46) su niže i jasno pokazuju da postoji utjecaj vode iz rijeke Drave. U usporedbi sa uzorcima rijeke Save (tablica 1) koncentracije otopljenog organskog ugljika u Dravi i Dunavu vrlo su slične dok je površinska aktivnost prisutnih organskih tvari izražena omjerom PAT/DOC znatno manja nego u Savi. Daljnja istraživanja trebala bi razjasniti odakle potječu ove razlike u sastavu i svojstvima organskih tvari u raznim površinskim vodama.

Tablica 1.: Karakteristike organskih tvari u površinskim vodama u ovisnosti o koncentracijama Ca^{+2} i Mg^{+2} iona.

POVRŠINSKE VODE	DOC (mg/dm^3)	PAT ($_{ekv.}$ T-X-100) mg/dm^3	Ca (mM)	Mg (mM)	PAT / DOC	REFERENCE
Dunav-Batina 2005. / 06.	4.56	0.06	1.52	0.52	0.013	Ovaj rad
Dunav-Borovo 2005. / 06.	3.91	0,06	1.23	0.44	0.015	Ovaj rad
Dunav-Ilok 2005. / 06.	4.36	0,05	1.25	0.46	0.011	Ovaj rad
Drava-Nemetin 2005. / 06.	4.07	0.06	1.07	0.37	0.015	Ovaj rad
Drava-Ormož 2003.	1.28	0.09	0.99	0.49	0.070	IRB-ZIMO
Sava Jesenice 2003.	3.20	0.31	1.48	0.56	0.095	IRB-ZIMO
Sava Oborovo 2003.	3.66	0.34	1.48	0.56	0.092	IRB-ZIMO
Sava Županja 2003.	2.31	0.20	1.48	0.56	0.088	IRB-ZIMO
Greifen (Švicarska, jezero siječanj, 1992.)	4.30	0.38	1.51	0.62	0.088	Ochs, Ćosović neobjavljeni podaci
Greifen (Švicarska, jezero, veljača, 1993.)	3.30	0.38	1.51	0.62	0.115	Ochs, Ćosović neobjavljeni podaci
Sempach (Švicarska, jezero, veljača, 1994.)	3.20	0.35	1.08	0.27	0.109	Ochs, Ćosović neobjavljeni podaci
Zürich (Švicarska, jezero, rujan, 1993.)	2.00	0.27	0.84	0.23	0.135	Ochs, Ćosović neobjavljeni podaci
Hohloh (Schwarzwald, Njemačka, siječanj, 1993.)	21.00	0.33	0.02	0.01	0.016	Ochs, Ćosović neobjavljeni podaci

ZAKLJUČCI

1. Srednje vrijednosti koncentracija otopljenog organskog ugljika u rijeci Dunavu i Dravi bile su u vremenu od lipnja 2005 do srpnja 2006 : 4,56 mg dm^{-3} na postaji Dunav-Batina, 3,91 mg dm^{-3} Dunav-Borovo , 4,36 mg dm^{-3} Dunav-Ilok i 4,07 mg dm^{-3} za Dravu kod Nemetina.
2. Vremenske serije BPK_5 kao pokazatelja organskog onečišćenja mogu se povezati sa utjecajem otpadnih voda tvornice šećera i otpadnih voda urbanog porijekla, sa najvećim vrijednostima izmjerenima u prosincu.

3. Na određivanje oksidacijskog stupnja otopljenog organskog ugljika utječe prisutnost mineralnih i organskih čestica koje u procesu oksidacije troše kisik.
4. Iz elektrokemijskih određivanja površinski aktivnih tvari zaključeno je da su humusne tvari pretežiti sastojak organskih tvari u ispitivanim uzorcima. Površinska aktivnost organske tvari u Dunavu i Dravi bila je znatno manja nego u uzorcima vode rijeke Save.

LITERATURA

1. Beck, A.J., Jones, K.C., Hayes, M.H.B., Mingelgrin, U. (Eds.) (1993): Organic Substances in Soil and Water: Natural Constituents and their Influences on Contaminant Behavior. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
2. Čačić, Lj., Vuksan, B., Grgesina, D. (2000): The influence of the wastewaters of the city of Osijek on the quality of the Drava river. Limnological report, Vol. 33 , str.9-14.
3. Ćosović, B. (1994): Primjena polarografije i voltametrije izmjeničnom strujom u određivanju površinski aktivnih tvari. Kem.Ind. 43, str. 497-502.
4. Ćosović, B., Vojvodić, V., Pleše, T. (1985): Electrochemical determination and characterization of surface active substances in freshwater. Water Research 19 , str. 175-183.
5. Ćosović, B., Marušić, R., Vojvodić, V. (1999): Organske tvari u rijeci Savi kod Jesenice (1979-1998). Zbornik radova 2. hrvatske konferencije o vodama,Hrvatske vode, Dubrovnik 1999, str. 940-944.
6. Findlay, S.E.G., Sinsabaugh, R.L. (Eds.) (2003): Aquatic Ecosystems. Interactivity of Dissolved Organic Matter. Academic Press, San Diego.
7. Rajčić Marijanović, M., Jakovčić, T., Vitale, K., Senta, A.(2003): Vremenske serije i klaster analiza u ocjeni kvalitete vode rijeke Drave. Zbornik radova 3. hrvatske konferencije o vodama, Hrvatske vode, Osijek 2003,str. 352-358.
8. Stumm, W.(1992): Chemistry of the Solid-Water Interface. Wiley, New York.
9. Stumm,W., Morgan,J.J. (1981): Aquatic Chemistry, 2. izdanje, Wiley, New York, str.510.

AUTORI:

Željka Cvrković, prof. biologije i kemije, e-mail: zeljka.cvrkovic@net.hr

Dr.sc. Damir Krznarić

dr.sc. Božena Ćosović

Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10000 Zagreb, e-mail: dkrznari@irb.hr i cosovic@irb.hr

Prof.dr.sc. Marjan Šeruga, Prehrambeno tehnološki fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, 31000 Osijek, e-mail: marjan.seruga@ptfos.hr

Vera Santo, dipl.inž., Zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, 31000 Osijek, F.Krežme 1, e-mail: vera.santo@zzjzosijek.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.08.

OTOPLJENI TRAGOVI METALA U NEKIM RIJEKAMA I JEZERIMA S PODRUČJA REPUBLIKE HRVATSKE

Jelena Dautović, Vibor Roje, Sonja Kozar, Željka Fiket, Nevenka Mikac

SAŽETAK: U ovom radu istraživana je raspodjela 30-tak otopljenih metala u površinskim vodama s područja Republike Hrvatske. Istraživani vodeni sustavi uključili su rijeku Savu, rijeku Unu, Plitvička jezera i ušće rijeke Krke. Za analizu metala korištena je multielementna tehnika masene spektrometrije visokog razlučivanja s induktivno spregnutom plazmom (HR ICP-MS). Najviše koncentracije onih metala koji su prirodno više u morskoj nego u slatkoj vodi zabilježene su u vodi ušća rijeke Krke. Najniže koncentracije svih metala izmjerene su u vodotocima na području Plitvica, nešto više u rijeci Uni, a za većinu metala najviše koncentracije su nađene u vodi rijeke Save. Stupanj zagađenja rijeke Save metalima nije međutim velik s obzirom da su izmjerene koncentracije slične ili niže od prosječne koncentracije istih metala u svjetskim rijekama. Izmjerene koncentracije za većinu metala su 10-100 puta niže od najviših dopuštenih koncentracija tih metala u vodama I. vrste prema hrvatskim pravilnicima. Iznimka su koncentracije Cr i Cu u rijeci Savi, te Pb u svim istraživanim vodotocima koje povremeno prelaze granice za vode I. vrste. Treba napomenuti da hrvatske norme definiraju dopuštene koncentracije ukupnog metala u vodi (otopljeni metal + metal vezan na suspendiranu tvar) tako da usporedba s hrvatskim normama nije posve odgovarajuća.

KLJUČNE RIJEČI: otopljeni tragovi metala, ICPMS, rijeke, jezera, Hrvatska

DISSOLVED TRACE METALS IN SOME RIVERS AND LAKES FROM THE REPUBLIC OF CROATIA

ABSTRACT: In this work distribution of about 30 dissolved trace metals in surface waters from the Republic of Croatia was investigated. Studied areas included rivers Sava and Una, area of the Plitvice lakes and Krka River estuary. Analyses were performed by multielemental techniques, high resolution inductively coupled plasma mass spectrometry (HR ICP-MS). The highest concentrations of those metals which are typically higher in seawater than in freshwater were determined in water of the Krka river estuary. The lowest concentrations of all measured metals were obtained in streams and lakes from the Plitvice area, somewhat higher concentrations in water of the Una River, and the highest in the Sava River water. However, the level of contamination of the Sava River with metals is not very high, since the measured concentrations are lower or similar to the world average of these metals for rivers. Measured concentrations for most of the metals are 10-100 times

lower than maximum permissible levels of these metals in water of Ist category according to Croatian norms. Exceptions were Cr and Cu in the Sava River and Pb in all investigated water bodies, which are sometimes higher than limits for Ist water category. It should be pointed out that the Croatian norm defines level of total metal in water (dissolved + particular metal concentration), so the given comparison is not completely adequate.

KEYWORDS: dissolved trace metals, ICPMS, rivers, lakes, Croatia

Uvod

Ovisno o učestalosti i toksičnosti, metale koji se pojavljuju u okolišu možemo podijeliti u tri skupine: a) neopasne za okoliš, b) toksične i relativno dostupne i c) toksične, ali rijetke i/ili vrlo slabo topljive [8]. Primjeri elementa koji pripadaju navedenim skupinama navedeni su u tablici 1. Najopasnijim metalima, odnosno metaloidima, smatraju se kadmij, olovo, kositar, arsen, živa i selen, a za sve te elemente (osim selena) na globalnoj skali utvrđeno je da je antropogeni unos veći od prirodnog [6].

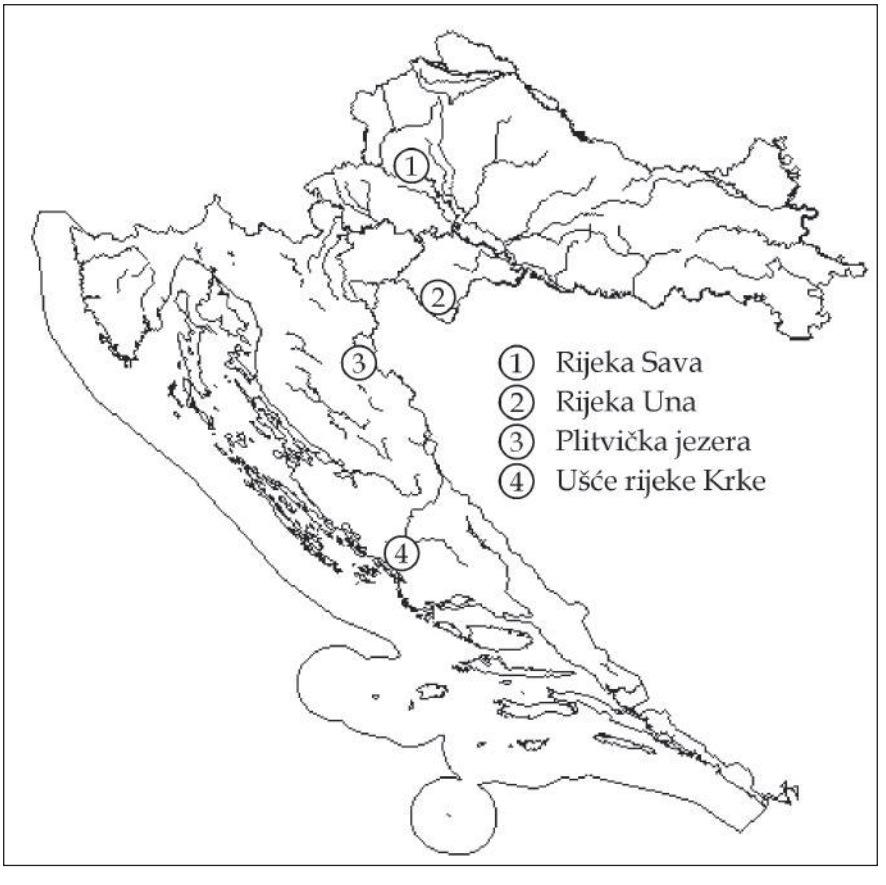
Tablica 1. Klasifikacija elemenata u okolišu prema njihovoj rasprostranjenosti i toksičnosti (adaptirano prema ref. 8).

Neopasni			**Vrlo toksični, relativno dostupni**			**Toksični, ali rijetki i/ili vrlo slabo topljivi**	
Na	C	F	Be	As	Au	Ti	Ga
K	P	Li	Co	Se	Hg	Hf	La
Mg	Fe	Rb	Ni	Te	Te	Zr	Os
Ca	S	Sr	Cu	Pd	Pb	W	Rh
H	Cl	Al	Zn	Ag	Sb	Nb	Ir
O	Br	Si	Sn	Cd	Bi	Ta	Ru
N	I	Mn		Pt		Re	Ba

Metali koji dospijevaju u vodene sustave mogu biti prirodnog (trošenje stijena, erozija tla i sl.) ili antropogenog podrijetla (gradske i industrijske otpadne vode, unos iz atmosfere, ispiranje zagađenog tla i sl.). Kada antropogeni unos nadmaši prirodni dolazi do poremećaja prirodnog biogeokemijskog ciklusa metala, koji može imati za posljedicu akumulaciju toksičnih metala u vodenim organizmima, te eventualno i prekomjerni unos u čovjeka. Zbog toga je važno, posebice za toksične metale, pratiti stanje zagađenja vodenog okoliša i poduzeti mjere da se spriječi prekomjerni unos toksičnih metala.

Eksperimentalni dio

Uzorci vode sakupljani su u više navrata tijekom 2003., 2004. i 2005. godine na području rijeke Save, rijeke Une, Nacionalnog Parka Plitvička jezera, i u ušću rijeke Krke (slika 1).



Slika 1. Karta Hrvatske sa naznačenim vodotocima u kojima su mjereni otopljeni tragovi metala.

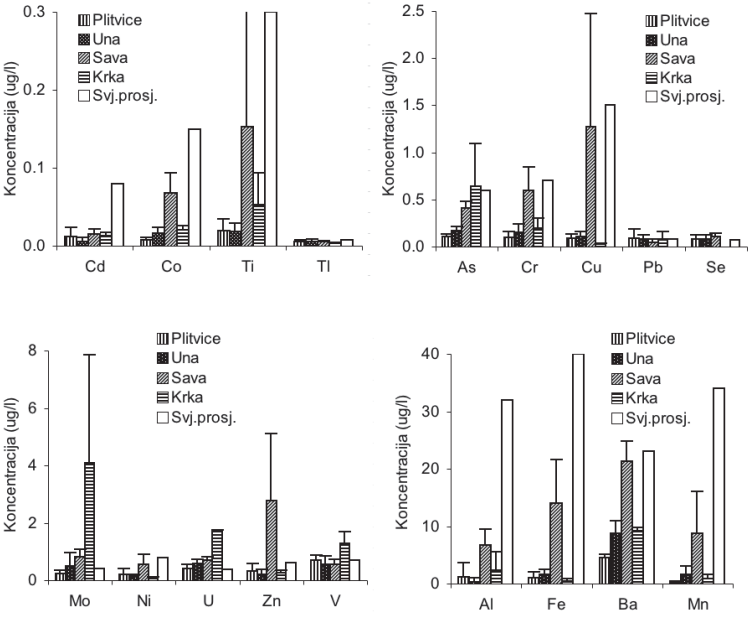
Voda je sakupljana u plastične boce prethodno čišćene dušičnom kiselinom. Uzorci su filtrirani kroz filter pora 0,45 μm, te je filtrat zakiseljen 1%-tnom dušičnom kiselinom i dodan In kao interni standard. Tragovi metali određivani su metodom masene spektrometrije visokog razlučivanja s induktivno spregnutom plazmom (HR ICP-MS) na instrumentu Element 2, Thermo Finnigan, Njemačka. Instrument je karakteriziran mogućnošću izbora 3 različite rezolucije masenog spektrometra, niskom rezolucijom (LR), srednjom rezolucijom (MR) i visokom rezolucijom (HR). Mjereni su sljedeći izotopi raznih elemenata na odabranim rezolucijama: LR: 7Li, 9Be, 95Mo, 98Mo, 111Cd, 114Cd, 138Ba, 205Tl, 208Pb, 209Bi, 238U; MR: 27Al, 47Ti, 51V, 52Cr, 55Mn, 59Co, 56Fe, 60Ni, 63Cu, 66Zn; 86Sr, HR: 75As, 77Se. Za kvantifikaciju je korištena vanjska kalibracija pomoću multielementnih standardnih otopina u rasponu koncentracija 0,01-10 μg/l. Kvaliteta mjerenja kontrolirana je istovremenim mjerenjem certificiranih referentnih materijala za slatku (SLRS-4, NRC, Kanada) estuarijsku (SLEW-3, NRC, Kanada) i morsku (CASS-4, NRC, Kanada) vodu. U tablici 2 navedene su granica detekcije korištene metode (uključujući postupak filtracije) za mjerene elemente. Detalji korištene metode opisani su u radu Fiket i sur. [3].

Tablica 2. Granica detekcije (DL) korištene analitičke metode za filtrirane slatke vode.

Element	DL (µg/l)
Be, Bi, Cd, Co, Sn, U	0,001
Ti, Tl, V	0,002
Mn, As, Cr	0,005
Li, Mo, Pb, Se	0,010
Cu, Ni, B, Ba, Sr	0,020
Al, Fe, Zn	0,100

Rezultati i diskusija

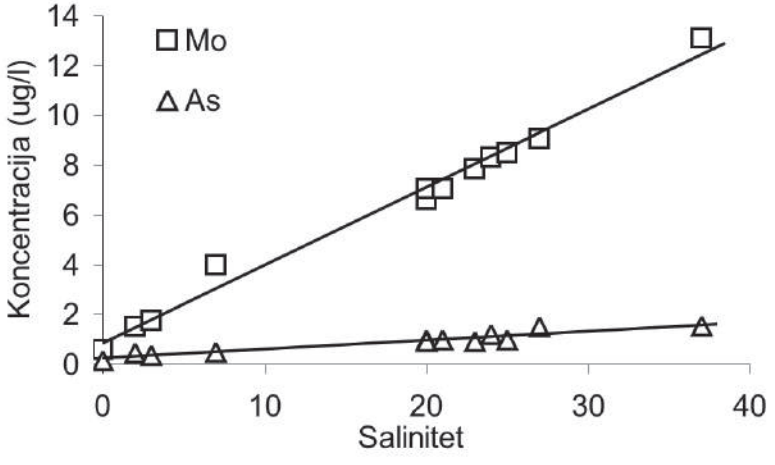
Srednje koncentracije (aritmetičke sredine i standardne devijacije) 18 mjerenih otopljenih metala u vodama s područja Plitvičkih jezera (43 uzorka), Une (9 uzoraka), Save (13 uzoraka) i ušća rijeke Krke (20 uzoraka) prikazane su na slici 2. S obzirom na razliku u koncentraciji metala između istraživanih područja možemo uočiti da je za veći broj metala (Al, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ti i Zn) prosječna koncentracija najviša u vodi rijeke Save, za neke metale (Cd, Pb, Se, Tl) koncentracije su vrlo slične u svim istraživanim sustavima, dok su za nekolicinu metala (As, Mo, U i V) koncentracije najviše u vodi ušća rijeke Krke.



Slika 2. Prosječne koncentracije (aritmetičke sredine i standardne devijacije) otopljenih tragova metala u vodama sa područja Plitvica, rijeke Une i Save i ušća rijeke Krke.

Najviše koncentracije As, Mo, U i V u vodi ušća rijeke Krke mogu se objasniti različitim sastavom slatke vode i vode ušća. Naime uzorci vode u ušću rijeke Krke sakupljani su

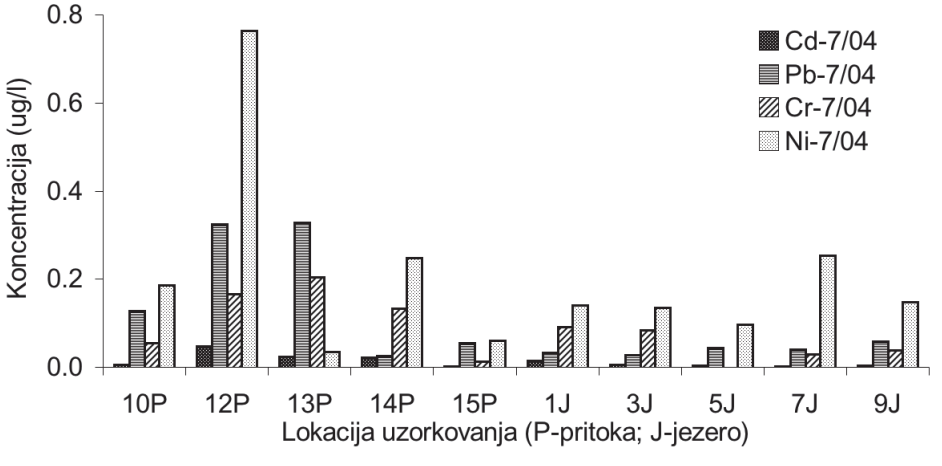
iz površinskog sloja vodenog stupca po cijeloj dužini estuarija [1]. Estuarij rijeke Krke ubraja se u raslojena ušća u kojima se vodeni stupac sastoji od dva odvojena sloja, donjeg morskog sloja i gornjeg slatkog ili bočatog sloja u kojem, zbog postepenog miješanja slatke i slane vode, postoji gradijent saliniteta idući od rijeke prema moru. Sadržaj nekih tragova metala u morskoj vodi je prirodno viši nego u slatkim vodama zbog specifičnog sastava morske vode. Ako je koncentracija tih metala regulirana samo miješanjem riječne i morske vode njihova koncentracija će linearno ovisiti o salinitetu. Od mjerenih metala takvo ponašanje u vodi ušća rijeke Krke utvrđeno je za As, Mo, U i V [1] a na slici 3. ilustrirana je linearna ovisnost koncentracije o salinitetu za As i Mo. Zbog toga su srednje koncentracije tih metala u vodi ušća rijeke Krke više nego u slatkim vodama iz ostalih vodenih sustava. Za ostale mjerene metale pokazalo se da koncentracije ne ovisi o salinitetu, te da su one u pravilu slične u slatkoj vodi rijeke Krke i u bočatoj vodi ušća [1].



Slika 3. Ovisnost koncentracije otopljenog Mo i As o salinitetu u površinskom sloju ušća rijeke Krke.

Znatno više koncentracije većine otopljenih metala utvrđene u vodi rijeke Save u usporedbi s rijekom Unom i pritocima i jezerima s području Nacionalnog parka Plitvice mogu biti i prirodnog i antropogenog porijekla. Prirodni faktori koji utječu na koncentraciju otopljenih metala u vodi su litološko okruženje vodotoka (sadržaj metala u stijenama koje se troše), način trošenja stijena koje se ispiru, kao i koncentracija suspendirane stvari u vodotoku [4]. Tako znatno niže koncentracije većine otopljenih metala u Plitvičkim jezerima u usporedbi s rijekama Unom i Savom vjerojatno odražavaju razliku u kemijskom sastavu vode, suspendirane tvari i sedimenta između Plitvica i ostalih riječnih sustava. Sediment i suspendirana tvar u Plitvičkim jezerima pretežno su autohtonog porijekla [5] i sadrže znatno niže koncentracije metala nego sedimenti rijeke Une i Save [7] koji su uglavnom terigenog porijekla. Antropogeni izvori metala uključuju donos iz atmosfere i sa kopna (utjecaj poljoprivrednih aktivnosti i unos zagađivala putem komunalnih i industrijskih otpadnih voda). Da bi se lakše ocijenio stupanj zagađenosti istraživanih vodotoka metalima na slici 2. također su prikazane prosječne koncentracije otopljenih metala u svjetskim rijekama dobivene iz podataka o gotovo 100 rijeka sa svih kontinenata [4]. Premda povišene

koncentracije većine metala u rijeci Savi upućuju da je ona pod znatno većim antropogenim utjecajem nego Una i Plitvice, te koncentracije su ipak ili niže (Cd, Co, Ti, Al, Fe, Mn) ili vrlo slične svjetskom prosjeku (Tl, As, Cr, Cu, Pb, Se, Mo, Ni, U, V, Ba). Jedino za Zn koncentracije u Savi su više od svjetskog prosjeka, ali su bliske koncentraciji Zn u rijeci Seini koja, slično kao i rijeka Sava, prolazi cijelim svojim vodotokom kroz gusto naseljena područja [2]. Koncentracije metala u rijeci Uni su u pravilu malo više ili slične onima sa područja Plitvičkih jezera. Dakle sadržaj izmjerenih metala u istraživanim vodenim sustavima generalno odražava očekivani stupanj antropogenog utjecaja koji je najveći za rijeku Savu, manji za rijeku Unu i najmanji na zaštićenom području Nacionalnog parka Plitvička jezera. Međutim, čak i na području Plitvica utvrđene su povišene koncentracije Cd, Cr, Ni i Pb u pritokama koje se slijevaju u Plitvička jezera (slika 4). Koncentracije tih metala u tim pritokama slične su onima izmjerenim u Uni i Savi (slika 2) i ukazuju na moguć antropogeni utjecaj. Povišena koncentracija Cd, Cr i Ni utvrđena je također u sedimentima iz istih pritoka [7] što je u skladu sa sumnjom da na tim lokacijama postoji izvor zagađenja spomenutim metalima. Povišene koncentracije otopljenog Cd, Cr i Ni utvrđene su u više navrata što potvrđuje da se radi o konstantnom izvoru tih metala, a ne trenutačno povišenim koncentracijama. Zbog zaštite okoliša na području Nacionalnog parka Plitvice bilo bi potrebno utvrditi porijeklo zagađenja tim toksičnim metalima.



Slika 4. Raspodjela otopljenog Cd, Pb, Cr i Ni u nekim pritokama i jezerima s područja Nacionalnog parka Plitvička Jezera u srpnju 2004. godine.

Ako usporedimo izmjerene koncentracije otopljenih metala sa dopuštenim koncentracijama metala u površinskim vodama definiranim hrvatskim pravilnicima vidi se da su izmjerene koncentracije za većinu metala 10-100 puta niže od najviših dopuštenih koncentracija tih metala u vodama I. vrste (Tablica 3). Iznimka su Cr i Cu u rijeci Savi, čije koncentracije povremeno prelaze 1 μg/L odnosno 2 μg/L, što su granice za te metale u vodama I. vrste. Koncentracije Pb u svim istraživanim vodenim sustavima povremeno prelaze 0,1 μg/L, što je granica za vode I. vrste, a prosječne vrijednosti su vrlo blizu toj koncentraciji. Očito je olovo metal koji pokazuje generalno zagađenje, što je posljedica dugotrajne upotrebe organskih spojeva olova u benzinu koja je dovela do globalnog zagađenja tim metalom.

Tablica 3. Najveće dopuštene koncentracije metala i metaloida u kopnenim vodama i moru najviše čistoće prema hrvatskom pravilniku o dopuštenim koncentracijama opasnih tvari u vodama (NN 78/98).

Element	Najveća dopuštena koncentracija (μg/l)	
	Kopnene vode (I i II vrste)	More (1 vrste)
Cd	0,1-0,5	0,1-0,5
Pb	0,1-2	0,1-2
Cr	1-6	1-6
Cu	2-10	2-10
Tl	3	50
Se	10	10
Ni	15-30	15-30
As, Mn	50	As-30; Mn-50
Zn	50-80	50-80
Co, Fe, Ti, V,	100	100
Mo	500	500
Ba	1000	1000
Al	1500	10

Treba napomenuti da Hrvatske norme definiraju najviše dopuštene koncentracije ukupnog sadržaja metala u vodi (otopljeni metal + metal vezan na partikularnu tvar), dok su u ovom radu mjerene koncentracije otopljenih metala (u filtriranim uzorcima vode), tako da usporedba s Hrvatskim normama nije posve odgovarajuća.

Literatura

1. Dautović, J. (2006) Određivanje metala u prirodnim vodama masenom spektrometrijom visokog razlučivanja s induktivno spregnutom plazmom, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.
2. Elbaz-Poulichet, F., Seidel, J-L., Casiot, C. Tusseau-Vuillemin, M-H. (2006) Short-term variability of dissolved trace element concentrations in the Marne and Seine Rivers near Paris Science of the Total Environment, 367, 278-287.
3. Fiket, Ž., Roje, V., Mikac, N., Kniewald, G. (2007) Determination of arsenic and other trace elements in bottled waters by high resolution inductively coupled plasma mass spectrometry, Croatica Chemica Acta, prihvaćeno za štampu.
4. Gaillaredt, J. Viers, J. Dupre B. (2004) Trace elements in river waters. U: Drever J.I. (urednik) Surface and Ground Water; Weathering and Soils, Treatise on Geochemistry, Vol 5. Elsevier, Amsterdam, str. 225-272.
5. Horvatinčić, N., Brianso, J-L., Obelić, B., Barešić, J., Krajcar Bronić, I. (2006) Study of pollution of the Plitvice lakes by water and sediment analyses, Water Air Soil Pollut. Focus. 6, 475-485.

6. Merian E., Anke, M. Ihnat, M. Stoeppler, M., (urednici), (2003) Elements and their Compounds in the Environment. Volume 1 - General Aspects, Occurence, Analysis and Biological Relevance, WILEY-VCH.

7. Mikac, N., Roje V., Kniewald, G. (2005) Distribution of trace metals in freshwater and estuarine sediments from war-impacted areas in Croatia. Zbornika simpozija «Mitigation of environmental consequences of war in Croatia - risk assessment of hazardous chemical contamination», Zagreb, rujan 2005.

8. Wood, J.M. (1974) Biological cycles for toxic elements in the environment, Science 183, 1049-1052.

Autori:

Jelena Dautović
Vibor Roje
Sonja Kozar
Željka Fiket
Nevenka Mikac

Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54,
10000 Zagreb, Tel: 01-4561-036, e-mail: mikac@irb.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.09.

KONCENTRACIJA DUŠIKOVIH SPOJEVA NA TRI MJERNE POSTAJE NA RIJECI SAVI

Tanja Ecimović, Sanja Sever, Krešimir Maldini, Marija Marijanović Rajčić

SAŽETAK: Sustavna kontrola i praćenje promjena kakvoće vode rijeke Save provodi se prema Programu praćenja kakvoće voda u Republici Hrvatskoj, a kontrola obuhvaća i redovito određivanje dušikovih spojeva. U ovom radu prikazane su koncentracije dušikovih spojeva određene na 3 mjerne postaje na rijeci Savi: Jesenice, Jasenovac i Gunja. Mjereni su slijedeći pokazatelji: amonij, nitriti, nitrati, Kjeldahlov dušik, a ukupni dušik je dobiven računski. Svi pokazatelji su određeni standardnim metodama. Rijeka Sava je od granice sa Republikom Slovenijom do Zagreba svrstana u II. kategoriju voda, od Zagreba do Siska u III., a od Siska do granice sa Srbijom u II. kategoriju voda. Prema sadržaju dušikovih spojeva izmjerenom 2004. i 2005. godine, voda rijeke Save je na svim mjernim postajama III. vrste te tako djelomice odstupa od propisane kategorije, iako su mjerodavne vrijednosti ukupnog dušika unutar granica dozvoljenih vrijednosti prema Uredbi o klasifikaciji voda. Razlog su povišene mjerodavne vrijednosti anorganskog dušika, tj. nitrita i nitrata na sve 3 mjerne postaje, te amonija na mjernoj postaji Jasenovac. Iz rezultata mjerenja dobiveni su približno jednaki udjeli anorganskog dušika na mjernoj postaji Jesenice 2004. i 2005. godine, dok su na mjernim postajama Jasenovac i Gunja udjeli anorganskog dušika 2005. godine niži nego prethodne, 2004. godine.

KLJUČNE RIJEČI: rijeka Sava, amonij, nitriti, nitrati, ukupni dušik

CONCENTRATION OF NITROGEN COMPOUNDS ON 3 MEASURING STATIONS OF SAVA RIVER

SUMMARY: Systematic control and monitoring of changes in water quality of the river Sava is conducted according to Program for monitoring the water quality in Republic Croatia, and that control includes determination of nitrogen compounds on regular basis.

This paper presents concentrations of nitrogen compounds determined in water of 3 measuring stations of river Sava: Jesenice, Jasenovac and Gunja. The following parameters were determined: ammonium, nitrites, nitrates, Kjeldahl nitrogen and total nitrogen which was calculated. All measured parameters were analyzed by standard methods. The water of the Sava river is categorized as water of Category II quality from the border with the Republic of Slovenia to Zagreb, from Zagreb to Sisak of Category III, and from Sisak to the border of Serbia, of Category II quality. According to the amount of nitrogen compounds measured during 2004 and 2005, the water of river Sava on three measuring stations was classified as Class III because of higher amounts of inorganic nitrogen, for example nitrites and nitrates on 3 measuring stations and ammonium on measuring station

Jasenovac. These results are partially deviation from assigned Category, but concentrations of total nitrogen are within permitted limits. According to the results, amounts of inorganic nitrogen on measuring station Jesenice are partially equal in 2004 and 2005, while on measuring stations Jasenovac and Gunja, amounts of inorganic nitrogen are lower in 2005 than in 2004.

KEYWORDS: river Sava, ammonium, nitrites, nitrates, total nitrogen

UVOD

Spojevi dušika i fosfora, koji čine skupinu hranjivih tvari, spadaju u obveznu skupinu pokazatelja za klasifikaciju voda zajedno s fizikalno-kemijskim, režimom kisika, mikrobiološkom i biološkom skupinom pokazatelja prema Uredbi o klasifikaciji voda [1].

Vode se prema graničnim vrijednostima pokazatelja svrstavaju u pet vrsta. Svrstavanje u vrste se obavlja na temelju izračunate mjerodavne vrijednosti. Mjerodavna vrijednost pojedinog pokazatelja izračunava se kao vrijednost 90% percentila kada ima više od 12 podataka godišnje, odnosno kao medijan rezultata mjerenja kada ima manje od 12 podataka godišnje. Vrsta prema skupini pokazatelja određuje se prema najnepovoljnijoj mjerodavnoj vrijednosti jednog od pokazatelja iz pripadajuće skupine.

U ovom radu prikazane su koncentracije dušikovih spojeva izražene kao anorganski, organski i ukupni dušik, a određene su na 3 mjerne postaje na rijeci Savi: Jesenice, Jasenovac i Gunja. Anorganski dušik obuhvaća amonij, nitrite i nitrate, dok je organski dušik dobiven računski.

MATERIJAL I METODE

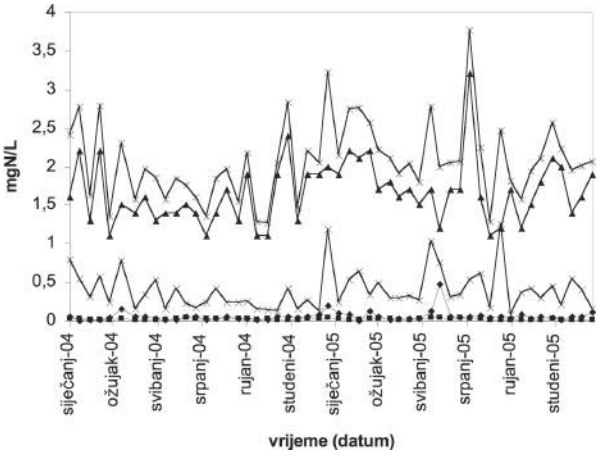
Dušikovi spojevi su određeni 26 puta godišnje na 18 mjernih postaja na rijeci Savi, od kojih su u ovom radu navedeni rezultati za 3 postaje: Sava - Jesenice, Jasenovac i Gunja. Mjerne postaje na rijeci Savi prikazane su na slici 1.

Slika 1.

Mjereni su slijedeći pokazatelji: amonij [2], nitriti [3], nitrati [3], Kjeldahlov dušik [3], a ukupni dušik je dobiven računski.

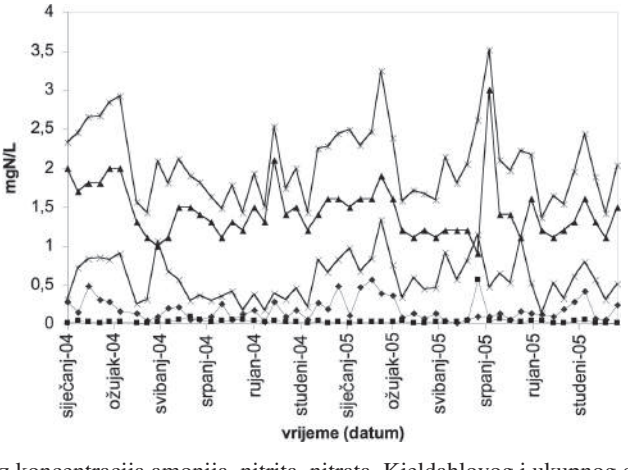
REZULTATI I ZAKLJUČAK

Na mjernoj postaji Sava - Jesenice mjerodavna vrijednost ukupnog dušika je iznosila 2,8 mgN/L u 2004. i 2005. g. i ta vrijednost je u granicama planirane kategorije [4], kao i mjerodavna vrijednost amonija koja je u 2004. g. čak niža od planirane kategorije. Međutim, vrijednosti nitrita i nitrata odstupaju od planirane kategorije, te kvaliteta vode rijeke Save na ovoj postaji zadovoljava tek treću vrstu. Koncentracije dušikovih spojeva u promatranom periodu na mjernoj postaji Sava - Jesenice prikazane su na slici 2.



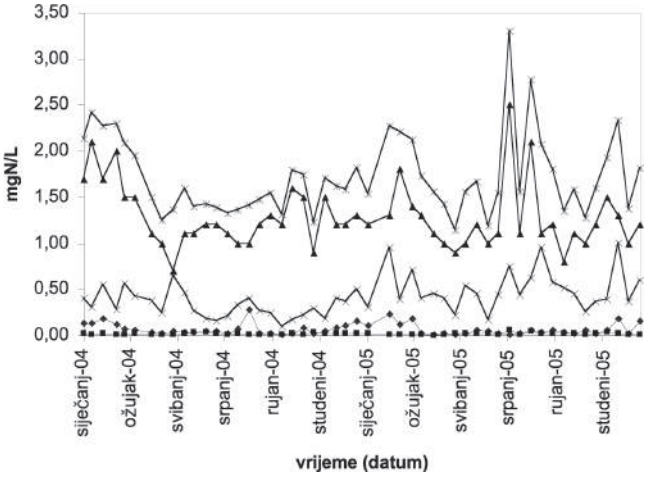
Slika 2.: Prikaz koncentracija amonija, nitrita, nitrata, Kjeldahlovog i ukupnog dušika tijekom 2004. i 2005. godine na mjernoj postaji Jesenice

Na mjernoj postaji Sava - Jasenovac mjerodavna vrijednost ukupnog dušika je iznosila 2,7 mgN/L u 2004. g., te 2,5 mgN/L u 2005., što također zadovoljava planiranu kategoriju, no zbog povišenih mjerodavnih vrijednosti amonija, nitrita i nitrata tijekom obje godine, voda rijeke Save na mjernoj postaji Jasenovac spada u treću vrstu. Koncentracije dušikovih spojeva mjerene u 2004. i 2005. god. na mjernoj postaji Sava - Jasenovac prikazane su na slici 3.



Slika 3.: Prikaz koncentracija amonija, nitrita, nitrata, Kjeldahlovog i ukupnog dušika tijekom 2004. i 2005. godine na mjernoj postaji Jasenovac

Na posljednjoj mjernoj postaji na rijeci Savi kod Gunje, mjerodavna vrijednost ukupnog dušika izmjerena u 2004. g. je iznosila 2,2 mgN/L, a godinu dana kasnije 2,3 mgN/L, što je također u okvirima planirane kategorije, kao i mjerodavne vrijednosti amonija. Povišene mjerodavne vrijednosti nitrita i nitrata na ovoj mjernoj postaji tijekom obje godine utječu na ukupno povećanje kategorije u odnosu na planiranu. Mjerene koncentracije dušikovih spojeva u navedenom periodu prikazane su na slici 4.



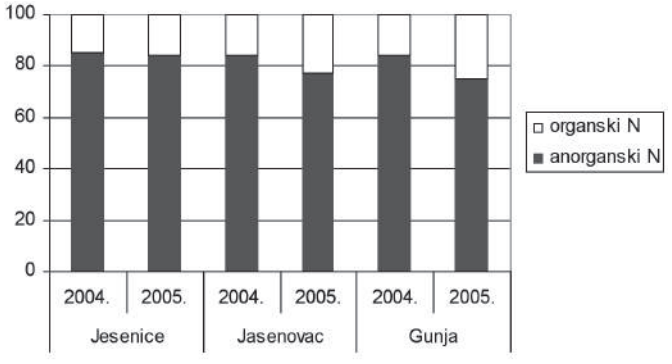
Slika 4.: Prikaz koncentracija amonija, nitrita, nitrata, Kjeldahlovog i ukupnog dušika tijekom 2004. i 2005. godine na mjernoj postaji Gunja

Na temelju rezultata dobivenih ispitivanjem koncentracije dušikovih spojeva tijekom 2004. i 2005. godine, voda rijeke Save je na svim mjernim postajama III. vrste s obzirom na pokazatelje grupe hranjivih tvari, te tako djelomice odstupa od propisane kategorije, iako su vrijednosti ukupnog dušika unutar granica dozvoljenih vrijednosti prema Uredbi o klasifikaciji voda [1]. Razlog su povišene vrijednosti anorganskog dušika, tj. nitrita i nitrata na sve 3 mjerne postaje, te amonija na mjernoj postaji Jasenovac. Klasifikacija voda prikazana je u tablici1.

Tablica 1.: Vrste vode rijeke Save tijekom 2004. i 2005. godine na tri mjerne postaje

mjerne postaje	2004. g.				2005. g.			
	amonij	nitriti	nitrati	ukupni dušik	amonij	nitriti	nitrati	ukupni dušik
Sava-Jesenice	I.	III.	III.	II.	II.	III.	III.	II.
Sava-Jasenovac	III.	III.	III.	II.	III.	III.	III.	II.
Sava-Gunja	II.	III.	III.	II.	II.	III.	III.	II.

Na mjernoj postaji Jesenice prosječni udio anorganskog dušika u ukupnom dušiku 2004. godine iznosio je 85,3 %, dok je 2005. godine iznosio 84,0 %. Prosječni udio anorganskog dušika na postaji Jasenovac je 2004. godine iznosio 84,1 %, a 2005. godine 77,6 %. Na mjernoj postaji Gunja prosječni udio anorganskog dušika u 2004. godini bio je 84,3 %, a sljedeće godine, 2005. iznosio je 75,3 %.



Slika 5.: Prosječni udjeli organskog i anorganskog dušika u 2004. i 2005. godini na mjernim postajama Jesenice, Jasenovac i Gunja

Iz rezultata mjerenja dobiveni su približno jednaki udjeli anorganskog dušika na mjernoj postaji Jesenice 2004. i 2005. godine, dok su na mjernim postajama Jasenovac i Gunja udjeli anorganskog dušika 2005. godine niži nego prethodne godine. Prosječni udio anorganskog dušika na svim postajama 2005. godine bio je niži u odnosu na prethodnu, 2004. godinu.

LITERATURA

1. Uredba o klasifikaciji voda, "Narodne novine" br. 77/98
2. HRN ISO 7150-1:1998: Kakvoća vode - Određivanje amonija - 1. dio: Spektrometrijska metoda
3. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 19th edition (1995), APHA - AWWA, WPCF, Washington
4. Državni plan za zaštitu voda, "Narodne novine" br. 8/99

AUTORI:

Tanja Ecimović, dipl.ing.bioteh.
Hrvatske vode, Vodnogospodarski odjel Sava, Služba zaštite voda, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Tel: 6307-457, e-mail:tanja.ecimovic@voda.hr

Sanja Sever, dipl.ing.preh.teh.
Hrvatske vode, Sektor zaštite voda, Glavni vodnogospodarski laboratorij, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb,Tel: 2410-525, Fax: 2410-509, e-mail:sanja.sever@voda.hr

Krešimir Maldini, dipl.ing. kem.
Hrvatske vode, Sektor zaštite voda, Glavni vodnogospodarski laboratorij, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb, Tel: 2410-525, Fax: 2410-509, e-mail:kresimir.maldini@voda.hr

mr. sc. Marija Marijanović Rajčić, dipl.ing.kem.
Hrvatske vode, Sektor zaštite voda, Glavni vodnogospodarski laboratorij, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb,Tel: 2410-502, Fax: 2410-509, e-mail: mrajcic@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.10.

INFILTRACIJA VODE IZ ODTERETNOG KANALA ODRA U ZAGREBAČKI ALUVIJ

Goran Gjetvaj, Zvonimir Tomašić, Diana Šustić

SAŽETAK: U hidrotehničkoj praksi se za potrebe zaštite od poplava, navodnjavanja, izgradnje energetskih objekata i plovnih puteva projektiraju i grade kanali. Kanali su često ukopani u vodonosne slojeve te utječu na promjenu prirodnog režima podzemnih voda. U neobloženim kanalima ispunjenim vodom se osim tečenja u njihovom uzdužnom smjeru, javlja i izmjena vode sa vodonosnim slojem odnosno dolazi do prihranjivanja ili dreniranja vodonosnika. U ovom radu je prikazan primjer prihranjivanja zagrebačkog aluvija iz odteretnog kanala Odra, odnosno utjecaj infiltracije vode iz kanala na prirast razine podzemne vode. Napravljen odgovarajući matematički model nestacionarnog tečenja u vertikalnoj ravnini u nesaturiranoj anizotropnoj sredini. Rezultati mjerenja i proračuna pokazuju da se u uvjetima rada odteretnog kanala značajna količina vode infiltrira u vodonosnik što pogoduje sustavu vodoopskrbe koji se zasniva na crpljenju podzemnih voda.

KLJUČNE RIJEČI: podzemna voda, infiltracija,odteretni kanal

Recharge of Zagreb Aquifer by the Odra Disencumber Canal

SUMMARY: In the hydrotechnical practices canals are designed and built for flood protection, irrigation, power plant and water-way construction. Canals are often dug in water-bearing strata so they have influence on the change of ground water natural regime. In uncoated canals filled with water, besides flow in the longitudinal direction, there occurs exchange of water with aquifers, i.e. recharge or draining of the aquifer. In this paper an example of recharge of Zagreb alluvium from the Odra disencumber canal has been shown. In the paper the influence of water from the canal on increase of water level has been presented and adequate mathematical model of no stationary flow in the vertical surface in unsaturated unisotropic porous media has been made. The results of measurements and calculations show that when disencumber canal is in function a considerable quantity of water infiltrates in the water-bearer which is in favour of water supply system based on pumping of ground water.

KEYWORDS: ground water, infiltration, disencumber canal

1. UVOD

Vodoopskrba grada Zagreba se zasniva na crpljenju podzemnih voda iz Savskog aluvija na području grada te je količina i kvaliteta podzemne vode od izuzetnog značaja za vodoopskrbu a time i razvoj grada.

Odteretni kanal Odra je izgrađen za potrebe rasterećenja velikih savskih voda na području grada Zagreba. Preljevni objekt na kojem voda ulazi u kanal je sagrađen na Savi kod Jankomira a sam kanal je sagrađen u duljini od 31.525 m što je cca 3,5 km nizvodnije od njegovog presjecišta sa prirodnim tokom Odre u km 28+123. (Slika 1).

Odteretni kanal je na većem djelu trase usječen u vodonosni sloj odnosno u dobro propusne šljunčane naslage. U praksi je primječeno da se u uvjetima rada kanala značajne količine površinskih voda infiltriraju u vodonosnik a uz ovom radu su prikazani rezultati modeliranja nestacionarnog tečenja u vertikalnoj ravnini za slučaj nesaturiranog toka u anizotropnoj sredini.

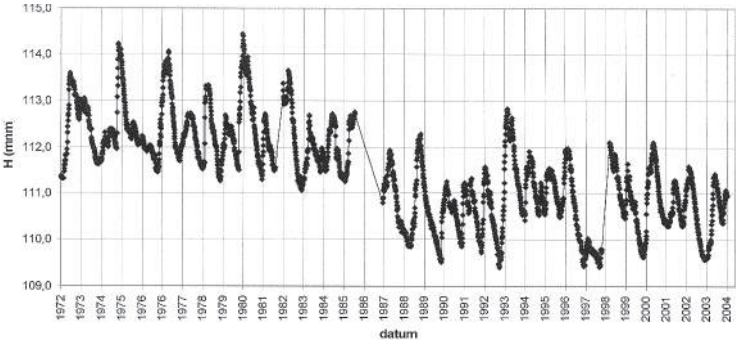
Bilans podzemnih voda u vodonosnom sloju ovisi o infiltraciji oborina, crpljenju, evapotranspiracijia, infiltracija iz vodotoka te o drugim čindbenicima vodnog bilansa. Kanal Odra se na većem dijelu trase nalazi relativno daleko od rijeke Save a infiltracija voda iz smjera juga (Vukomeričkih gorica) je relativno malog intenziteta. Može se zaključiti da će dominantni čindbenici za bilans podzemne vode uz kanal biti oborine, crpljenje i infiltracija voda iz kanala u periodu kad je kanal u funkciji.

Proračuni toka podzemne vode je proveden numeričkim modelom koji može simulirati tok vode i pronos tvari u saturiranoj i nesaturiranoj sredini (VS2DTI) [4].

Slika 1.: Situacija uzvodnog dijela kanala sa ucrtanim piezometrima P86 i P89

2. REZULTATI MJERENJA VARIJACIJE PODZEMNIH VODA

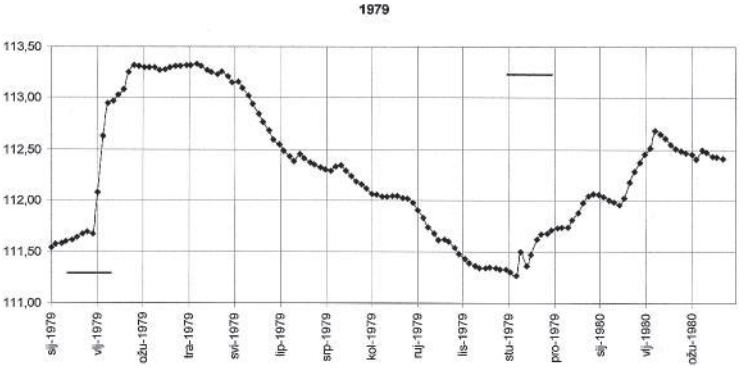
Analiza količine infiltrirane vode iz kanala u vodonosni sloj se zasniva na proračunu vertikalnog toka kroz nesaturiranu poroznu sredinu i na mjerenju promjene razine podzemne vode u piezometrima uz kanala u periodu kad je kanal bio u funkciji.



Slika 2.: Promjene razine vode u piezometru P 86 izmjerene od 1972 do 2004 god.

Na slici 2 je prikazan diagram izmjerene promjene razine podzemne vode u periodu od 1972 do 2004 godine u piezometru P86 koji se nalazi u savskom aluviju uz korito odteretnog kanala Odra. Na prikazanom diagramu se mogu očitati sezonske varijacije razine podzemne vode kao posljedica neravnomjernosti infiltracije oborina i drugih čindbenika vodnog bilansa. Također se može uočiti i konstantno sniženje srednje razine podzemne vode. Slične diagrame imaju i drugi piezometri u tom području (npr. P 89.) Kako je piezometar P 86 relativno blizu odteretnog kanala interesantno je pogledati i uvečani diagram u periodu kad je zabilježen rad odteretnog kanala (Slika 3.).

Prilikom prvog punjenja odteretnog kanala u siječnju i veljači 1979. je zabilježen nagli rast razine podzemne vode u piezometru P86 od 1.8 m. dok je potkraj iste godine za vrijeme punjenja kanala razina porasla za pola metra i nastavila je rasti zbog infiltracije oborina tijekom siječnja za još jedan metar. Značajni prirasti razine vode su zabilježeni i u vrijeme rada kanala u listopadu 1980 i prosincu 1981.



Slika 3.: Promjene razine podzemne vode u piezometru P 86 sa označenim periodima rada kanala 1979. god.

Analizom promjena razina podzemne vode u vrijeme vodnog vala iz 1990.godine se također primječuje da dolazi do značajnog porasta razine vode. Obzirom da je prirast razina u prvim slučajevima rada kanala bio nešto većeg intenziteta može se zaključiti da tijekom vremena dolazi do kolmatacije korita.

I ostali piezometru kao što su npr. piezometar P 152 koji se nalazi između kanala i

crpilišta Velika Gorica pokazuje značajne priraste razine podzemne vode u periodima kad je kanal u funkciji. Ovaj podatak ukazuje na mogućnost infiltracije vode (prihranjivanja vodonosnika) u periodima kad opada izdašnost crpilišta zbog niskih razina podzemnih voda.

3. PRORAČUN VERTIKALNE INFILTRACIJE

Osnova za računanje vertikalne infiltarcija je Darcy-ev zakon koji za laminarno tečenje u saturiranoj poroznoj sredini ima oblik [1]:

$$v = -k\frac{dh}{dl} \qquad \text{... (1)}$$

pri čemu je sa k označen koeficijent filtracije, koji se može izraziti:

$$k = \frac{\rho g}{\mu} p \qquad [m/s] \qquad (2)$$

U jednadžbi (2) je sa p označena propusnost tla koja ovisi o obliku i međusobnom položaju zrna a sa ρ i μ gustoća i viskoznosti fluida koji se mijenjaju u ovisnosti o temperaturi.

Koeficijent filtracije dobiven Darcyevim eksperimentom definira brzinu u potpuno saturiranoj sredini. U slučaju da sredina kroz koju se odvija tečenje nije u potpunosti saturirana, uobičajeno se usvaja da također vrijedi Darcyev zakon s time da se koeficijent filtracije definira u funkciji stupnja zasičenosti te se uvodi pojam nesaturirani koeficijent filtracije (k_n) koji se može računati kao umnožak relativnog koeficijent filtracije k_r i koeficijenta filtarcija k [6].

$$k_n = k \cdot k_r \qquad \text{... (3)}$$

Relativni koeficijent filtracije ovisi o stupnju saturiranosti sredine kroz koju se odvija tečenje te postoje mnogi izrazi za definiranje tog odnosa. U ovom radu je korištena jednadžba koju je predložio van Genutchen [2] [3]:

$$k_r = \sqrt{S}\left[1-\left(1-S^{\frac{1}{m}}\right)^{m}\right]^2 \qquad \text{... (4)}$$

pri čemu je m van Genutchenov parametar a S relativan stupanj zasićenja. Prilikom definiranja parametra m je potrebno poznavati još i rezidualni stupnjem saturacije (θ_r), vrijednost tlaka unutar pora, gradijenta tlaka i oblik krivulje retencije što sve utječe na vrijednost van Genutchenovih parametara n,m i α. [5].

3.1 Model toka u vertikalnoj ravnini

U ovom radu je modelirana infiltracija vode kanala Odra u vodonosnik. Nakon otvaranja (rušenja) preljeva na ulazu u kanal, formira se pozitivni nizvodni val u koritu te se kanal ispunjava vodom. Obzirom da je brzina propagacija pozitivnog nizvodnog vala relativno velika, za potrebe proračuna infiltracije iz kanala u vodonosnik je usvojeno trenutno punjenje kanala vodom.

Nakon što se kanal ispuni vodom, kroz slabopropusno dno i pokose se voda počinje infiltrirati u vodonosnik. Postepenim ispunjavanjem pora tla raste zasićenost, što uzrokuje povećanje vrijednosti nesaturiranog koeficijenta filtracije. Kako su brzine prodiranja vode

različite i ovise o tlačnom stupcu vode iznad mjesta penetriranja, brzina zasićenja pora nije svuda jednaka. Iz tog razloga se propusna moć obodnih nasipa povećava s njegovom dubinom. Vrijednost nesaturiranog koeficijenta filtracije raste nelinearno sa zasićenošću.

Ulazeći u pore, dio vode ih zapunjuje dok se manji dio nastavlja gibati. Ispunjavanjem pora povećava se propusna moć tog područja. U trenutku kad su sve pore ispunjene, koeficijent filtracije poprima maksimalnu vrijednost (*k*). Ispred, sada zasićenog područja, tlo se i dalje nalazi u nezasićenom stanju. Njegovo postepeno zasićenje odvija se analogno prijašnjem opisanom načinu.

Kad prođe veliki vodni val i kroz odteretni kanal prestane teći voda, prestaje infiltracija kroz dno kanala a voda koja se zatekla između dna kanala i vodnog lica se postepeno procjeđuje u saturirani dio vodonosnika.

3.1.1. Poprečni presjek kanala

Za potrebe izrade modela je usvojena širina dna kanala $B = 150$ m, dubina $h_k = 3$ m a nagib pokosa 1:3. Visinska kota dna kanala nalazi se 3 *m* iznad referentne ravnine, dok je teren 6 *m* iznad referentne ravnine.

Prije početka rada odteretnog kanala se pretpostavlja da je razina podzemne vode jedan metar ispod kote dna kanala te da je tlo između kote dna kanala i vodnog lica nesaturirano.

3.1.2 Karakteristike tla

Obzirom da je na osnovu rezultata mjerenja promjene razine podzemne vode uočeno da se tokom vremena smanjuje količina infiltrirane vode, za potrebe analize infiltracije su izrađena dva modela koji imaju istu geometriju modelom obuhvačenog područja ali različite karakteristike porozne sredine (Tabela 1).

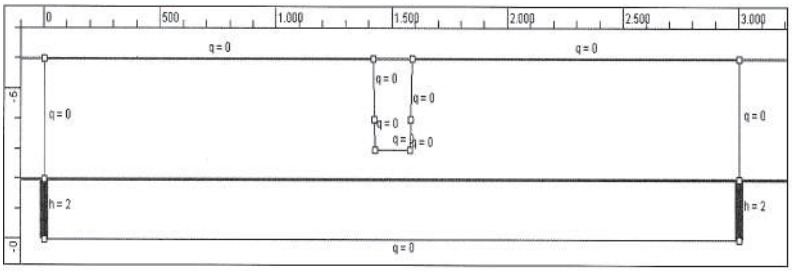
Tabela 1.: Karakteristike porozne sredine usvojene u modelima

	Materijal 1 (pijesak)	Materijal 2 (zaglinjeni pijesak)
Koeficijent anizotropije	10	10
horizontalni koeficijent filtracije (m/s)	$4.6 * 10^{-3}$	$8.2 * 10^{-5}$
specifični koef. uskladištenja	0.001	0.001
poroznost	0.375	0.43
Stupanj rezidualne zasićenosti materijala (RMC)	0.02	0.045
Van Genutchenov parametar α	4.31	14.5
Van Genutchenov parametar β	3.1	2.68

U prvom modelu je usvojeno da je na dnu kanala šljunak s pijeskom što karaterizira dobru propusnost koja odgovara stanju neposredno nakon izgradnje kanala. Zbog pojave kolmatacije (fizikalne i biološke) je tijekom vremena došlo do zapunjavanja pora u kontaktnom sloju te do smanjenja njegove propusne moći pa je u drugom modelu usvojen kontaktni sloj od zaglinjenog pijeska. Usvojene karakteristike tla su prikazane u tabeli 1.

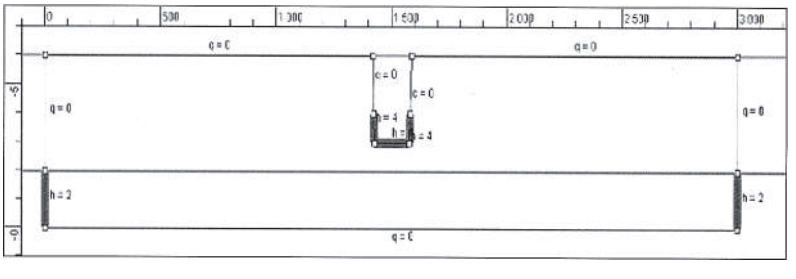
3.1.3 Rubni uvjeti

Na slikama 4 i 5 su prikazani usvojeni rubni uvjeti. Rubni uvjeti na početku simulacije je usvojen uz pretpostavku (Slika 4) da nema infiltracije oborina po površini terena kao niti iz korita kanala (q = 0). Razina podzemne vode je usvojena 1 m ispod kote dna kanala. Opisani rubni uvjet vrijedi prije početka simuliranog rada kanala te ponovo nakon prolaska vodnog vala.



Slika 4.: Distorzirani prikaz poprečnog profila kanala sa ucrtanim rubnim uvjetima na početku modeliranog procesa (Distorzija prikasa 1:100)

U periodu kad je kanal u funkciji (prolazak vodnog vala) je rubni uvjet usvojen uz pretpostavku da je u kanalu razina vode 1 m dok su po ostalim rubovima jednaki uvjeti kao i u prethodnom slučaju (Slika 5).



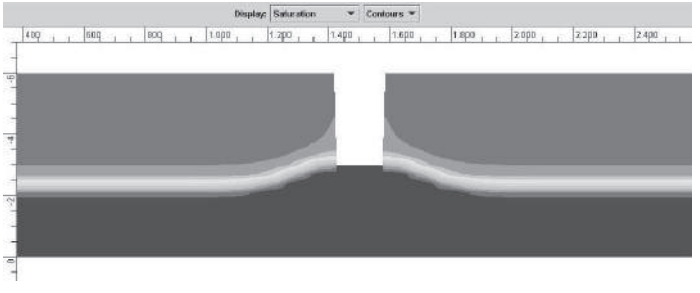
Slika 5.: Distorzirani prikaz poprečnog profila kanala sa ucrtanim rubnim uvjetima u uvjetima kad je kanal u funkciji (Distorzija 1:100)

Vremenski inkriment pri izradi propračuna je usvojen od 300 s u periodu kad su intenzivne promjene (dolazak vodnog vala) do 1 dan u periodu kad je strujanje praktički stacionarno (kraj simulacije).

4. REZULTATI MODELIRANJA

Opisanim matematičkim modelom je dobivena raspored saturiranosti u funkciji vremena. Na slici 6 je prikazan raspored saturiranosti u početnim trenutcima rada kanala kad saturirana zona kreće od dna i pokosa kanala prema vodonosniku dok je na slici 7 prikazan raspored saturacije u trenutku kad prestaje tok kroz kanal.

Slika 6.: Raspored saturiranosti u početnim trenucima rada odteretnog kanala



Slika 7.: Raspored saturiranosti nakon prestanka rada odteretnog kanala

Matematičkim modelom je također izračunata ukupna količina vode koja se prilikom usvojenog vodnog vala infiltrira u vodonosnik. Za slučaj da je kontaktni sloj izrađen od šljunka sa pijeskom infiltrira se 115m^3 po dužnom metru kanala a u slučaju da je kontakni sloj od zaglinjenog pijeska (djelomična kolmatiranost kanala) se infiltrira 56 m^3 po dužnom metru kanala.

5. ZAKLJUČAK

Za potrebe zaštite grada Zagreba od velikih voda rijeke Save je sagrađen odteretni kanal Odra koji je ukopan u aluvijalne naslage. U uvjetima rada odteretnog kanala značajne količine vode se infiltriraju u vodonosnik. U radu je prikazana hidraulička analiza infiltracije vode iz odteretnog kanala Odra u vodonosni sloj zagrebačkog aluvija.

Piezometri u blizini kanala su tijekom prolaska prvog vodnog vala zabilježili prirast razine podzemne vode do 2 m. Zamjećeno je da su se infiltracione karakteristike tokom vrema zbog kolmatacije korita (fizička i biološka kolmatacija) smanjile. Analizom izmjerenih prirasta razina podzemne vode prilikom prolaska vodnog vala kroz kanal Odra je procjenjeno da se u vodonosni sloj prosječno infiltrira oko $3*10^6$ m^3 vode.

Matematičkim modelom nestacionarnog toka u anizotropnoj, nesaturiranoj sredini (vertikalni presjek) su simulirana dva slučaja infiltracija vode iz kanala Odra u vodonosni sloj. U prvom slučaju je usvojeno da je dno kanala ukopano u sloj sačinjen od šljunka s pijeskom srednje vrijednosti horizontalnog koeficijenta filtracije k_{h1} = 4.6 $*10^{-3}$ m/s te je izračunato da se za poplavni val visine 1m i trajanja 1 dan infiltrira 115m^3 po dužnom metru kanala. U drugom modelu je usvojena pretpostavka da je u dnu kanala zbog kolmatacije došlo do smanjenja propusnosti na k_{h2} = $8.2*10^{-5}$ m/s te su odgovarajuće korigirani poroznost i van Genutchenovi parametri i izračunat je volumen infiltrirane vode od 56 m^3 po dužnom metru kanala. Izračunati volumeni infiltrirane vode pomoću matematičkog modela i na osnovu rezultata mjerenja promjene razine vode u piezometrima su istog reda veličine.

Predlaže se provedba sustavnih mjerenja protoka i razina vode u kanalu (u vrijeme njegovog rada) te razine i kvalitete vode u piezometrima u njegovoj blizini kako bi se mogla provesti detaljnija analize promjene razine i kvalitete vode vodonosnika usljed rada kanala. Rezultati ovako provedene analize mogu poslužiti za gospodarenje podzemnim vodama kao što je npr. umjetna infiltracija vodonosnika sa svrhom poboljšanja vodoopskrbe grada Zagreba.

POPIS LITERATURE:

1. Bear,J. (2007), Groundwater flow and contaminant transport, http://www.cmdlet.com/demos/mgfc-course/mgfctoc.html##toctoc
2. Gjetvaj,G.,Travaš V., (2005): Nasipi u hidromelioracionim radovima, Hidraulička analiza nestacionarnog tečenja kroz hidromelioracione nasipe,Priručnik za hidrotehničke melioracije,Elementi planiranja sustava za navodnjavanje, III kolo, Knjiga 2, str.77-130, Rijeka,
3. Prasad, K.S., Mohan, K. and Sekhar,M. (2001): Modelling flow through unsaturated zones: Sensitivity to unsaturated soil properties, Sadhana, Vol.26, Part 6, pp. 517-528,
4. Hsieh, P.A., Wingle,W., and Healy, R.W., (2000): VS2DI--A graphical software package for simulating fluid flow and solute or energy transport in variably saturated porous media: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4130, 16p.
5. Nimmo, J.R., Perkins K.(2001): Unsaturated zone flow project, National Research Program, Water Resources, US Geological Survey http://wwwrcamnl.wr.usgs.gov/uzf/index.html
6. Jurić, V.,(1994): Doprinos matematičkom modeliranju toka podzemne vode kroz porozne nezasićene sredine, Magistarski rad, Građevinski fakultet u Zagrebu

AUTORI

Prof.dr.Goran Gjetvaj, dipl. ing.građ,
Građevinski fakultet u Zagrebu, Kačićeva, 26, E-mail: goran@grad.hr

Zvonimir Tomašić, dipl. ing. građ.
Diana Šustić,dipl.ing.građ, Hidroing d.o.o, Koturaška 71, Zagreb

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.11.

POVRŠINSKA TEMPERATURA KAO ULAZNI PARAMETAR PRI ODREĐIVANJU STVARNE EVAPOTRANSPIRACIJE

Bojana Horvat, Ognjen Bonacci

SAŽETAK: Prostorno i vremenski vrlo varijabilna, evapotranspiracija (ET) je, uz oborine, najvažnija komponenta hidrološkog ciklusa. Do sada korištene tradicionalne metode određivanja te komponente temelje se na mjerenjima relevantnih fizikalnih veličina u točki zbog čega njena prostorna rapodjela uglavnom ostaje nepoznanica. Razvojem satelitske tehnologije, posebno u termalnom infracrvenom (TIC) dijelu elektromagnetskog spektra (EMS), razvile su se i metode određivanja ET, odnosno fizikalnih veličina o kojima ta komponenta ovisi, nad većim područjima čime je, osim kvantitativne procjene, omogućen i uvid u njihovu prostornu strukturu. Ovim su radom prezentirane metode određivanja površinske temperature (temperature površine tla) kao jednog od utjecajnih faktora temeljem TIC satelitskih snimaka, konkretno NOAA-14 AVHRR. Imajuću na umu specifičnosti analiziranog područja (područje krša) te nedostatnost hidrometeoroloških podataka, može se zaključiti da primijenjene metode zadovoljavaju usvojene kriterije točnosti te se daje preporuka daljnjeg istraživanja primjene prezentiranih metoda u određivanju pojedinih fizikalnih veličina kako na regionalnom tako i na globalnom nivou.

KLJUČNE RIJEČI: evapotranspiracija, prostorna raspodjela, TIC kanal, elektromagnetski spektar, površinska temperatura, NOAA-14 AVHRR

LAND SURFACE TEMPERATURE AS AN INPUT PARAMETER IN ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION

ABSTRACT: Spatially and temporally very variable, evapotranspiration (ET) is, along with precipitation, the most important component of the hydrologic cycle. Traditional methods for evapotranspiration estimation are based on point measurements of relevant physical parameters hence the spatial distribution of ET principally remains unknown. Development of satellite technology, especially in the thermal infrared (TIR) part of the electromagnetic spectrum (EMS), induced development of numerous methods for estimation of ET i.e. governing physical parameters over the larger areas. Such an approach did not only enable quantification of the observed parameter but also the insight into its spatial structure. This paper presents methods for land surface temperature estimation (as one of the governing parameters) based on the TIR satellite imagery, namely NOAA-14 AVHRR. Keeping in mind karstic characteristics of the study area as well as the scarcity of the hydrometeorological data, it can be concluded that the applied methods satisfied the adopted accuracy criteria. It is also recommended to further investigate application of the proposed methods on regional as well as the global scale.

KEYWORDS: evapotranspiration, spatial distribution, TIR band, electromagnetic spectrum, land surface temperature, NOAA-14 AVHRR

UVOD

Do sada primjenjivane tradicionalne metode omogućavale su procjenu evapotranspiracije (ET) u točki dok je njena prostorna komponenta uglavnom ostajala nepoznata. Međutim, razvojem satelitske tehnologije te primjenom satelitskih snimaka u istraživanju prirodnih procesa, razvile su se i brojne metode određivanja ET kojima je dobiven uvid i u njenu prostornu raspodjelu. Te se metode uglavnom temelje na površinskoj energetskoj bilanci odnosno:

$$Rn = \lambda ET + G + H \qquad (1)$$

gdje je Rn površinsko neto zračenje (surface net radiation), G mjera toka toplinske energije u, kroz i iz tla (soil heat flux), H se odnosi na onaj dio toplinske energije (tj. višak toplinske energije) predan atmosferi (sensible heat flux) dok je λET tok toplinske energije potrebne za prijelaz vode iz tekućeg u plinovito stanje (latent heat flux). Posljednjim je članom izraza (λET) energetska bilanca povezana s vodnom bilancom pa je očito da će se, poznavanjem količine energije potrebne za ET u danim atmosferskim uvjetima, moći odrediti i sama ET područja. Jedan od rubnih uvjeta energetske bilance u mnogim je modelima tzv. površinska temperatura LST - Land Surface Temperature [2]. Za razliku od temperature zraka koja se na standardnim meteorološkim postajama mjeri na visini 1,5 - 2 m (ovisno o državi) iznad površine terena kako bi senzori bili zaštićeni od kratkovalne i dugovalne radijacije i tako osigurali reprezentativna mjerenja u uvjetima slobodne cirkulacije zraka [1], LST se mjeri na samoj površini terena pri čemu se pod površinom terena podrazumijeva vrh krošnji stabala, grmolikog bilja ili bilo koje druge vegetacije te površina golog tla. Informaciju o površinskoj temperaturi teško je ili nemoguće dobiti mjerenjima u točki, no satelitskim snimanjem u termalnom infracrvenom (TIC) dijelu elektromagnetskog spektra (EMS) omogućena je procjena ne samo veličine LST-a već i njenih prostornih i vremenskih karakteristika [5].

Određivanje prostorne komponente evapotranspiracije posebno je otežano u slučaju heterogenih područja kao što je istarski poluotok (slika 1). Naglašena hidrološka nehomogenost Istre u prvom je redu posljedica njegove vrlo složene geološke građe i hidrogeoloških okolnosti pa se hidrografska mreža razvila na nepropusnim naslagama fliša i crvenice te pijescima, šljuncima i glinama promjenljive propusnosti dok je veći dio poluotoka prekriven dobro propusnim vapnencima na kojima se pale oborine neposredno infiltriraju u podzemlje i otječu putem brojnih priobalnih izvora i vrulja.

Slika 1: TIC snimak (NOAA-14 AVHRR) analiziranog područja

Zbog nedostatnog hidrometeorološkog monitoringa, bilanciranje voda je uglavnom vršeno primjenom empirijskih metoda sa srednjim vrijednostima oborina i temperatura zraka kao ulaznim parametrima, pri čemu je ET najčešće određivana kao razlika preostalih komponenata vodne bilance. Suprotno tome, satelitska tehnologija je omogućila bolji uvid u prostornu varijabilnost pojedinih komponenata vodne bilance, pri čemu je poznavanje LST-a uvelike pridonijelo razumijevanju izmjene energije između same površine i okoline uz napomenu da poznavanje samo prostorne raspodjele LST-a nije dostatno za određivanje varijabilnosti ET s obzirom da se radi o vrlo složenom procesu koji ovisi o nizu faktora.

METODOLOGIJA

Procjena temperature površine temelji se na poznavanju fizikalnih veličina direktno izvedivih iz informacija sadržanih u spektralnom zapisu kanala, a može se svesti na tri osnovna koraka primijenjenih u ovome radu:

1. proračun albeda (omjer reflektirane i apsorbirane energije) - kanali 1 i 2;
2. proračun temperature sijanja (brightness temperature) - kanali 4 i 5;
3. proračun površinske temperature.

Transformacija 10-bitnog zapisa kanala 1 i 2 u vrijednosti albeda na vrhu atmosfere provedena je transformacijom njihovog digitalnog zapisa u vrijednosti sijanja (radiance) Li:

$$L_i = S_i \left(C_{10,i} - C_0\right) \cdot \rho^2 \qquad (2)$$

gdje je Si nagib funkcije reakcije kanala i, a $C_{10,i}$ se odnosi na sijanje u obliku 10-bitnog zapisa izmjerenog u kanalu i. Tamni signal kanala (dark ili offset signal) C_0 definiran je vrijednošću $C_0 = 41$, dok su sezonske varijacije sunčevog zračenja na vrhu atmosfere uzete u obzir korekcijskim faktorom udaljenosti između Zemlje i Sunca ρ [8].

Albedo A_i je funkcija vanzemaljskog solarnog zračenja $F_{0,i}$ (Wm-2) i efektivne širine kanala F_i (obje su veličine navedene u stručnoj literaturi [4]) te sijanja L_i i kuta otklona Sunca od zenita θ, a određen je izrazom [8]:

$$A_i = \frac{100 \cdot \pi \cdot L_i \cdot \omega_i}{F_{0,i} \cdot \cos\theta} \qquad (3)$$

dok, prema Wydicku [10], površinski albedo ovisi o parcijalnim albedima kanala 1 i 2 (A^1 i A_2) dobivenih izrazom (3):

$$A = -0,7 + \beta_1 \times A_1 + \beta_2 \times A_2 \qquad (4)$$

Proračun empirijskih parametara β_1 i β_2 u izrazu (4) se temelji na poznavanju vegetacijskog indeksa NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) [9].

$$\beta_1 = 0,494 \times NDVI^2 - 0,329 \times NDVI + 0,372 \qquad (5)$$

$$\beta_2 = -1,439 \times NDVI^2 + 1,209 \times NDVI + 0,587$$

$$NDVI = \frac{kanal2 - kanal1}{kanal2 + kanal1} \qquad (6)$$

Za razliku od LST-a, temperatura sijanja (μK) predstavlja temperaturu crnoga tijela (emisivnost ε=1), a ovisi ponajprije o središnjem valnom broju TIC kanala (ν_i) i registriranom sijanju Li. Određuje se za oba TIC kanala pomoću obrnute jednadžbe Planck-ovog zakona zračenja:

$$T_i = \frac{C_2 \cdot \nu_i}{\ln\left(1 + \frac{C_1 \cdot \nu_i^3}{L_i}\right)}$$

pri čemu su C_1 i C_2 konstante:

$$C_1 = 1{,}1910659 \times 10^{-5}\ \mathrm{mW/(m^2 \cdot sr \cdot cm^{-4})}$$
$$C_2 = 1{,}438833\ (\mathrm{cm \cdot K})$$

Sijanje (L_i) iz jednadžbe (7) je definirano linearnom funkcijom 10-bitnog zapisa u kanalu, ali je zbog nelineranosti kalibracijske krivulje kanala 4 i 5 neophodno provesti korekciju nelinearnosti pomoću nelinearnih kalibracijskih koeficijenata A, B i D danih u stručnoj literaturi [6]:

$$L_i = A \cdot L_{LIN,i} + B \cdot L_{LIN,i}^2 + D$$

Površinska temperatura određena je tzv. metodom odvojenih prozora (split-window technique) uz emisivnost kao kritični parametar. Kao indikator za određivanje emisivnosti korišten je vegetacijski indeks NDVI pa su emisivnost kanala 4 (ε_4) i razlika emisivnosti kanala 4 i 5 (ε) određene izrazima:

$$\varepsilon_4 = 0{,}9897 + 0{,}029 \cdot \ln(NDVI) \quad (9)$$

$$\Delta\varepsilon = 0{,}01019 + 0{,}01344 \cdot \ln(NDVI) \quad (10)$$

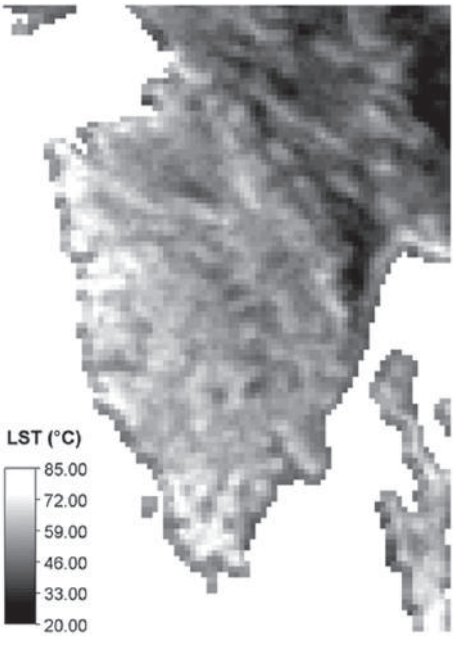
Naposlijetku, površinska je temperatura (K) određena Coll-ovom jednadžbom [4]:

$$LST = T_4 + \left[1{,}29 + 0{,}28\left(T_4 - T_5\right)\right] \times \left(T_4 - T_5\right) + 45\left(1 - \varepsilon_4\right) - 40 \times \Delta\varepsilon \quad (11)$$

REZULTATI I DISKUSIJA

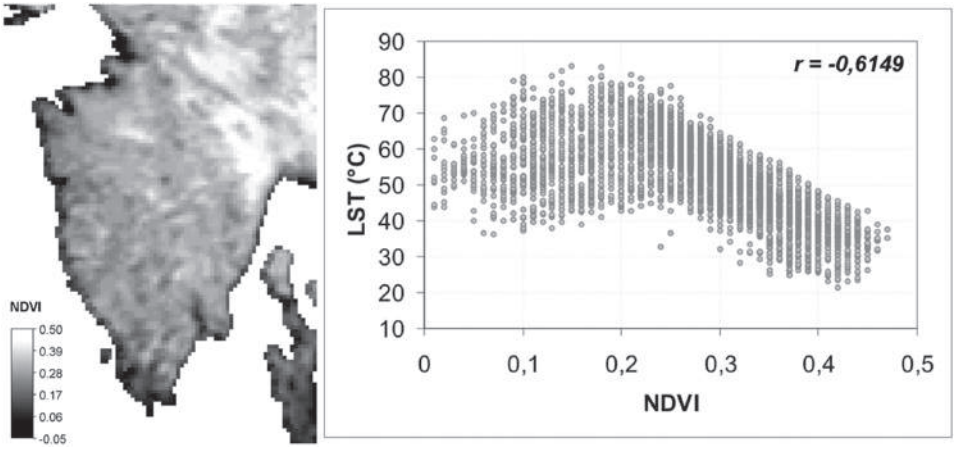
Površinska temperatura analiziranog područja (slika 2) varira od minimalnih 21,48°C u području viših nadmorskih visina (planinski masiv Učke i Ćićarije) do maksimalnih 82,96°C u priobalnim dijelovima zapadne i južne Istre, dok se njena prostorna raspodjela u velikoj mjeri podudara s prostornom raspodjelom temperatura zraka, posebno u području ekstrema.

U odnosu na vegetacijski indeks NDVI (slika 3), više površinske temperature su karakteristične za područja bez ili s vrlo oskudnom i suhom vegetacijom kakvu nalazimo u priobalnom pojasu dok će zdravija vegetacija s visokim sadržajem vlage karakteristična za sjeverozapadni dio Istre imati znatnije nižu temperaturu. Dosadašnje analize deficita otjecanja [3] ovog područja pokazale su niži deficit otjecanja na područjima s gušćom i zdravijom vegetacijom pa je za pretpostaviti da će i ET biti niža što ujedno odgovara nižim vrijednostima LST-a. Uzrok javljanja nižih vrijednosti LST-a uglavnom je šumski pokrov koji sa svojim dubokim sustavima korijena ima osiguran pristup podzemnim vodama čak i tijekom sušnih i vrućih razdoblja što znači da se i tada na tim prostorima intenzivno odvija proces transpiracije na koji se troše velike količine topline [7]. Šume iskorištavaju ogroman dio dolaznog solarnog zračenja u odnosu na ostali pokrov i tako snižavaju vrijednosti maksimalnih LST-a. Korelacija LST-a i NDVI-a je slabija (r=-0,6149), ali s jasno izraženim "lomom" LST-a u odnosu na određenu graničnu vrijednost NDVI-ja (NDVIGRAN=0,19). Zbog velike prostorne rezolucije (1 km) granica kopna i mora nije jednoznačno određena pa je veliki broj piksela koji zahvaća obalnu liniju



Slika 2: Prostorna raspodjela površinske temperature

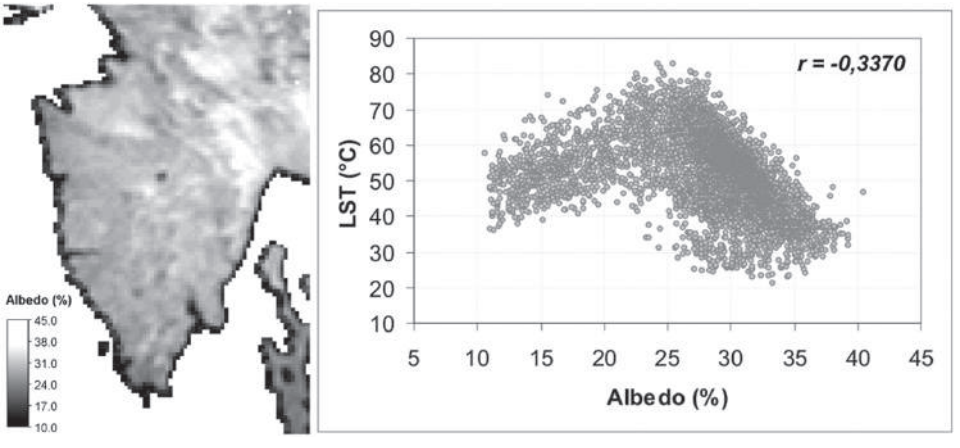
klasificiran kao kopno iako po nekim spektralnim karakteristikama više odgovara moru. Odvajanjem „pravih kopnenih“ piksela od obalnih (više vrijednosti NDVI-ja) te analizom međuodnosa LST-a i NDVI-a dobit će se čvršća korelacijska veza tih dviju veličina na kopnenim pikselima.



Slika 3: Korelacija LST-a i NDVI-ja

Sličan je odnos uočen i između površinskog albeda i LST-a (slika 4). Kako se radi o parametru koji opisuje odnos solarne energije reflektirane od zemljine površine i upadne solarne energije na promatranu površinu, za očekivati je da će zdravija vegetacija manje reflektirati ulaznu energiju pa će i albedo biti viši nego kod ogoljelih površina gdje je refleksija i najizraženija. Područja s velikim vrijednostima albeda tj. malom refleksijom

imat će i nižu površinsku temperaturu dok će se povećanjem refleksije povećavati i površinska temperatura. Zbog karakteristike vode da apsorbira veliki dio solarnoga zračenja, vodeni će pikseli imati nižu vrijednost albeda pa je i ovdje uočljiv „lom“ LST-a u odnosu na graničnu vrijednost albeda (AGRAN=23%).



Slika 4: Korelacija LST-a i površinskog albeda

ZAKLJUČAK

Radom prikazani pristup određivanja površinske temperature u potpunosti se temelji na informacijama izvedenim iz satelitskog snimka što je, u slučaju nedostatnosti mjerenih podataka, od iznimnog značaja za bilanciranje voda. Tako procijenjena površinska temperatura dat će korisnu informaciju ponajprije o prostornim karakteristikama evapotranspiracije budući da su dosadašnje analize pokazale sličnu raspodjelu objih veličina na analiziranom prostoru. Minimalne vrijednosti LST-a dobivene su na područjima viših nadmorskih visina pokrivenim gustom šumskom vegetacijom gdje su i temperature zraka znatno niže pa je za očekivati da će i evapotranspiracija biti niža. Promjenom nadmorske visine te vegetacijskog pokrova povećavat će se i vrijednosti LST-a što odgovara povećavanju deficita otjecanja. Međutim, kako LST nije jedini parametar o kojemu ovisi evapotranspiracija, odstupanja od navedenog su očekivana u priobalnom području gdje su površinske temperature ujedno i najviše, ali će zbog daleko manjih raspoloživih količina vode stvarna evapotranspiracija biti manja. Stoga je važno prilikom bilanciranja voda voditi računa i o nizu drugih parametara koji će utjecati na stvarnu evapotranspiraciju.

Ovako određena površinska temperatura temelj je procjene trenutne vrijednosti evapotranspiracije, no u praktičnoj je primjeni važno poznavanje srednjih vrijednosti duljih vremenskih baza (dnevnih, mjesečnih, godišnjih). Zahvaljujući izuzetnoj vremenskoj rezoluciji AVHRR senzora, omogućeno je kontinuirano motrenje parametara ključnih za proračun ET, a time i procjena srednjih vrijednosti potrebnih za dnevna, mjesečna, godišnja bilanciranja voda. Senzor se također odlikuje i dobrom spektralnom rezolucijom u području crvenog i IC dijela EMS-a što omogućuje prezicnije određivanje potrebnih parametara. Nedostatak senzora je loša prostorna rezolucija koja na obalnom području Istre, gdje se prostorna preciznost pokazala ključnom, čini taj senzor primjenjivijim za globalne analize dok se za regionalna bilanciranja preporučuju senzori bolje prostorne rezolucije (ASTER, MODIS). Ali i usprkos tom nedostatku pristup temeljen na korištenju

AVHRR snimaka će dati pouzdanije informacije potrebne za preciznije bilanciranje voda od tradicionalnih metoda.

LITERATURA

1. Bonacci, O. (2007.): Gdje se na Zemlji nalaze najtoplija mjesta?, Hrvatska vodoprivreda, 171, XVI, str. 38-42, Zagreb;
2. Grayson, R., Blöschl, G., eds. (2000.): Spatial Patterns in Catchment Hydrology: Observations and Modelling, Cambridge University Press, UK;
3. Horvat, B., Rubinić, J. (2006): Annual runoff estimation - an example of karstic aquifers in the transboundary region of Croatia and Slovenia, Hydrological Sciencies Journal, 51(2);
4. Jang, J.D. (2004): Evaluation of thermal-water stress of forest in southern Quebec from satellite images, PhD thesis, Department of Geomatics Sciences, Laboratoire de géomatique agricole et appliquée (GAAP), Centre de Recherche en Géomatique (CRG), Université Laval, Québec, Canada;
5. Kerr, Y.H., Lagouarde, J.P., Nerry, F., Ottlé, C. (2000.): Land Surface Temperature Retrieval Techniques and Applications (Case of AVHRR), IRT BOOK, 05/12/2000;
6. Kidwell, K.B. (1998.): NOAA Polar Orbiter Data User's Guide, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Suitland, USA,

   http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/podug/cover.htm;
7. Mildrexler, D.J., Zhao, M., Running, S.W. (2006.): Where Are the Hottest Spots on Earth?, American Geophysical Union EOS 87(43), str. 461-467.;
8. Rao, C.R.N., Chen, J. (1999.): Revised post-launch calibration of channels 1 and 2 of the Advanced Very High Resolution Radiometer on board the NOAA-14 spacecraft, NOAASIS,

   http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/aboutn14vis.html;
9. Song, J., W. Gao (1999): An improved method to derive surface albedo from narrowband AVHRR satellite data: Narrowband to broadband conversion, Journal of Applied Meteorology 38: pg. 239-249;
10. Wydick, J.E., P.A. Davis, A. Gruber (1987): Estimation of broad-band planetary albedo from operational narrowband satellite measurements, NOAA Technical report NESDIS 27, U.S. Dept. of Commerce, 32 pp., USA.

AUTORI:

mr.sc. Bojana Horvat, dipl.inž.građ.[1],
prof.dr.sc. Ognjen Bonacci, dipl.inž.građ.[2]

[1]Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, *bojana.horvat@voda.hr*

[2]Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, Matice Hrvatske 15, 21000 Split, *Ognjen.Bonacci@gradst.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.12.

HIDROMORFOLOŠKI UTJECAJI NA STANJE VODOTOKA - SLIV KUPE

Vlatko Kadić, Darko Barbalić, Tina Miholić

SAŽETAK: Procjena hidromorfoloških utjecaja na stanje voda bitna je kako za određivanje stanja voda tako i za određivanje jako izmjenjenih cjelina površinskih voda (HMWB).

Trenutno, postoje vrlo ograničeni podaci o utjecajima hidromorfoloških promjena a međuodnos između pojedinih morfoloških činilaca i njima pridruženih ekosustava često je teško razumljiv.

Za potrebe izrade planova upravljanja slivnim područjima sukladnih Okvirnoj Direktivi o vodama (ODV) definirana je metoda procjene hidromorfoloških utjecaja na stanje voda prilagođena uvjetima i podacima kojima se raspolaže u Hrvatskoj.

Prikazana je njena primjena na slivu rijeke Kupe te su dane preporuke za njeno daljnje unaprijeđenje.

KLJUČNE RIJEČI: Okvirna Direktiva o vodama, planovi upravljanja slivnim područjima, analiza pritisaka i utjecaja, hidromorfologija, jako izmjenjene vodne cjeline, sliv rijeke Kupe

HYDROMORPHOLOGICAL IMPACTS ON RIVERS - KUPA RIVER BASIN

ABSTRACT: Assessment of hydromorphological impacts is essential for description of ecological status of surface waters as well as for designation of heavily modified water bodies. Today, there is very limited data about impact of hydromorphological alterations. Also, relation of hydromorphological parameters to ecosystems is often very hard to understand.

Methodology for hydromorphological risk assessment is defined for ongoing river basin management plans in compliance with WFD. It is tailored to Croatian national circumstances and data availability. It is applied on river Kupa subbasin, and recommendations for its further improvements are given.

KEYWORDS: Water Framework Directive, river basin management plans, pressures and impact analysis, hydromorphology, heavily modified water bodies, Kupa river subbasin

UVOD

Pregled utjecaja antropogenih aktivnosti na stanje voda prema članku 5. Okvirne direktive o vodama ([1], ODV) jedno je od ključnih poglavlja planova upravljanja vodnim područjima.

Kako bi se ispunili zahtjevi ovog dijela ODV, potrebno je prikupiti informacije o vrsti i veličini značajnih pritisaka na vode, te procijeniti rizike da vode neće dostići zacrtane okolišne ciljeve (u tekstu pritisak ima značenje kako je definirano u službenom prevodu ODV, [1]).

Jedna od grupa pritisaka za koju je obavezno sprovesti ovu analizu su antropogene hidromorfološke promjene. Procjena rizika da vode neće dostići okolišne ciljeve iz ODV usljed antropogenih promjena igra važnu ulogu i pri određivanju jako izmjenjenih cjelina površinskih voda ([4]).

Analiza pritisaka i utjecaja, treba biti izvedena:

- neposrednim mjerenjem utjecaja na mjestima gdje postoje odgovarajuća opažanja
- procjenom vjerojatnih utjecaja poznatih pritisaka

Na mjestima gdje je morfologija vodene cjeline zahvaćena s više pritisaka, treba razmotriti i njihov zajednički utjecaj.

ODV promatra hidromorfološke elemente kao podršku biološkim elementima. Za rijeke, jezera, prijelazne i obalne vode određeni su bitni hidromorfološki elementi (Aneks 5, ODV). Za vodotoke su to količina i dinamika vodnog toka, veza s podzemnim vodama, kontinuitet rijeke, varijacije širine i dubine rijeke, struktura i sediment dna rijeke te struktura obalnog pojasa ([1]).

Posljednjih stotinjak godina veoma je naglašeno djelovanje čovjeka na slatkovodne ekosustave, a posljedice se često neodgovarajuće tretiraju pa čak i podcjenjuju [12]. Trenutno u Hrvatskoj, slično kao u Europskoj uniji i zemljama Dunavskog sliva ([5], [9], [10], [8], [11]) postoje ograničeni podaci o utjecajima hidromorfoloških promjena i to samo na rijetkim dionicama vodotoka i jezera. Također načini opisa i procjene hidromorfoloških promjena nisu dovoljno razvijeni da bi u punoj mjeri zadovoljili potrebe ove analize. Osim toga međudjelovanje pojedinih morfoloških činilaca i ekosustava često je teško razumljivo. Tako prema [10] postoji oko 350 kriterija za karakterizaciju i kvantifikaciju antropogenih hidromorfoloških utjecaja na ribe. Radi toga, bez sumnje veliki dio određivanja učinaka pojedinih morfoloških pritisaka na ekosustave (biološke elemente) mora se osloniti na stručne procjene.

Zbog toga, ne može se očekivati da će analiza morfoloških pritisaka i utjecaja biti zasnovana na složenim modelima koji će u potpunosti opisivati ponašanje ekosustava. Takav pristup može biti opravdan u manjem broju posebnih slučajeva, ukoliko je analiza podržana rezultatima istraživanja i opažanjima, dok će u većini slučajeva ova analiza biti zasnovana na manje zahtjevnim metodama za koje nisu potrebne veće količine podataka (npr. [5] i [7]) te koje će biti poboljšavane i usavršavane s porastom saznanja o djelovanju ekosustava te ciljanom prikupljanju podataka o hidromorfologiji vodotoka ([2]).

OPIS METODE I PRIMJENA NA SLIVU KUPE

Primijenjena metoda sastoji se u slijedećem:

- Rizik se ocjenjuje za svaku dionicu vodotoka te za svaki element morfološkog stanja.
- Rizik za morfološki element funkcija je veličine morfološke promjene (u) i osjetljivosti ekosustava (o).
- Ukoliko ne postoje pouzdaniji podaci, veličina morfološke promjene, za svaki

hidromorfološki element ocjenjuje se stručnom procjenom i to od 0% (nema promjene) do 100% (vrlo velika promjena).

- Ukoliko ne postoje pouzdaniji podaci, osjetljivost ekosustava, za hidromorfološki element, ocjenjuje se stručnom procjenom i to od 0% (ekosustav nije osjetljiv) do 100% (vrlo velika osjetljivost ekosustava).
- Rizik dionice vodotoka za hidromorfološki element jednak je srednjoj vrijednosti rizika svih promjena na dionici (pri čemu je težinski faktor dužina dionice):

$$R_i = \frac{\sum lou}{\sum l} \qquad (1)$$

gdje je: **o** - osjetljivost ekosustava na promjene hidromorfoloških elemenata
u -utjecaj hidrotehničkih građevina i aktivnosti na promjenu hidromorfoloških elemenata
l- dužina dionice
Ri - rizik za hidromorfološki element i

Mjerodavni rizik jednak je maksimalnom riziku za pojedine elemente hidromorfološkog stanja:

$$R=\max(R1) \qquad (2)$$

gdje je:

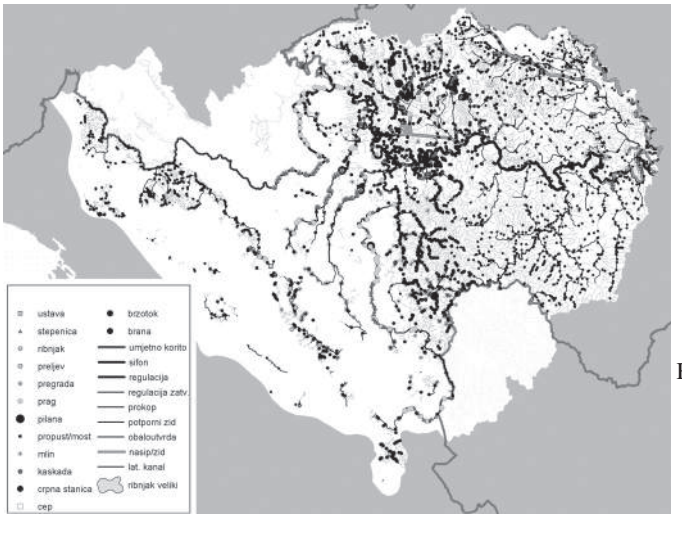
R - mjerodavni hidromorfološki rizik

Ri - rizik za hidromorfološki element i

Metoda je detaljno opisana u [13].

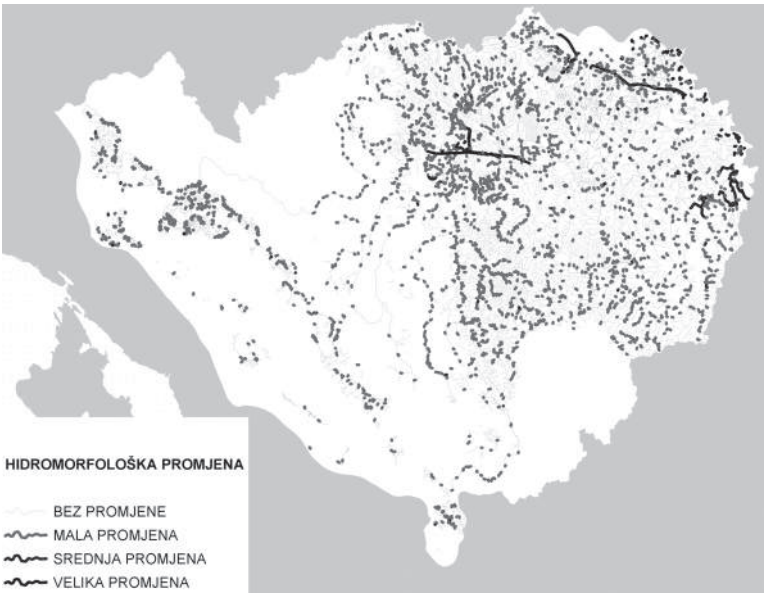
Procjena hidromorfoloških utjecaja na slivu Kupe provedena je za potrebe projekta [14], a nakon analize rezultata i kalibracije biti će primijenjena na dijelu crnomorskog sliva u Hrvatskoj.

Podaci o antropogenim promjenama na vodotocima, vektorizirani su u većini slučajeva s postojećih karata i drugih raspoloživih podloga te je formirana GIS baza podataka (slika 1). Dio podataka dostupnih u digitalnom obliku preuzet je, a podaci koji nedostaju, biti će dopunjeni.



Sl 1: Hidrotehničke građevine na slivu Kupe - prikupljeni podaci

Odgovarajuće procjene su provedene za sve hidromorfološke elemente, te je ukupna mjerodavna vrijednost promjene prikazana na slici 2.

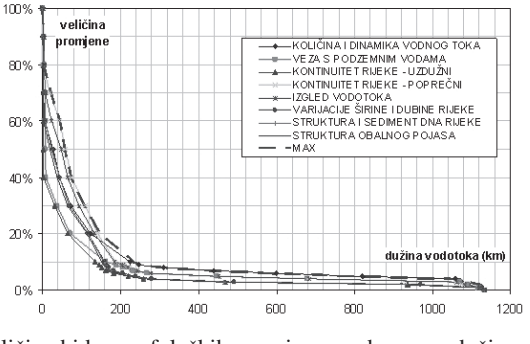


Sl 2: Mjerodavna morfološka promjena

Od oko 9 200 km vodotoka, oko 8 000 km je bez morfoloških promjena (sl 3).

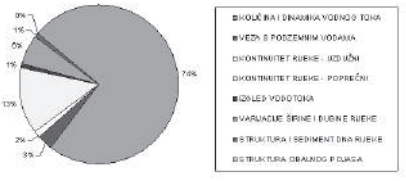
Sl 3: Vodotoci zahvaćeni antropogenim hidromorfološkim promjenama

Za oko 1 000 km vodotoka, hidromorfološkie promjene ocjenjene su jako malim (slika 4).



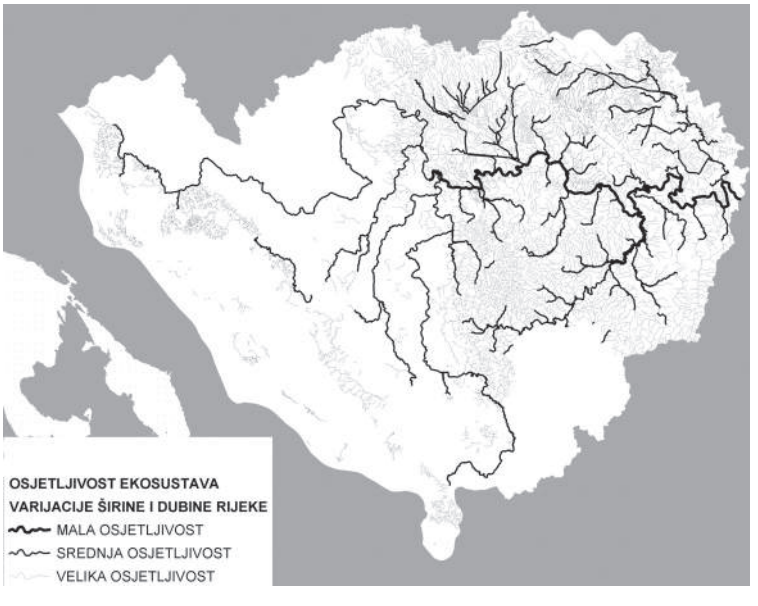
Sl 4: Veličina hidromorfoloških promjena u odnosu na dužinu vodotoka

U većini slučajeva (74%) hidromorfološke promjene najznačajnije utječu na količinu i dinamiku vodnog toka (slika 5).



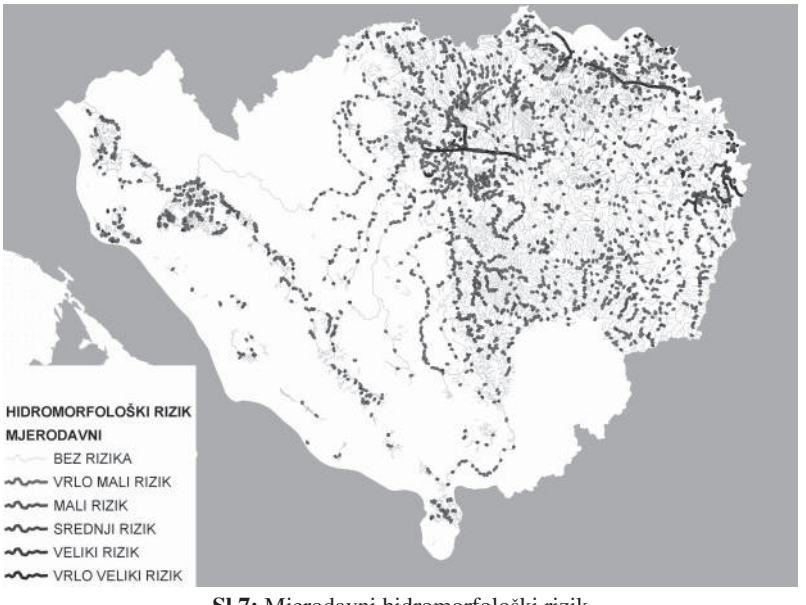
Sl 5: Kritični hidromorfološki elementi

Osjetljivost ekosistema vodotoka na hidromorfološke promjene određena je na osnovu tipova vodotoka tipiziranih prema sustavu B, ODV (detaljnije u [6]). Radi oskudnog znanja o osobinama pojedinih tipova, za potrebe ove procjene oni su grupirani u tri grupe prema ribljim zonama. Stručna procjena osjetljivosti odnosno "intenziteta utjecaja" za hidromorfološki element "varijacije širine i dubine rijeke" dana je na slici 6.

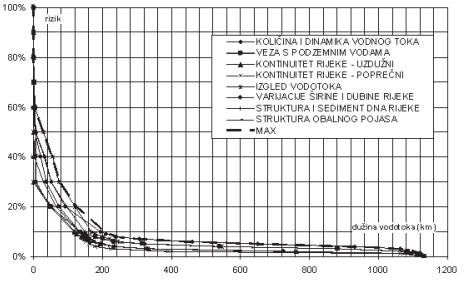


Sl 6: Osjetljivosti za hidromorfološki element "varijacije širine i dubine rijeke"

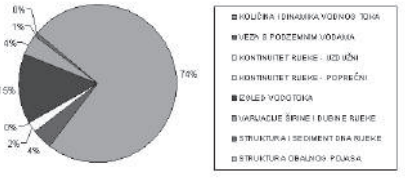
Na osnovu rezultata stručnih procjena veličine hidromorfoloških promjena i osjetljivosti ekosustava formulama (1) i (2), proračunat je rizik za sve hidromorfološke elemente i u konačnici i mjerodavni hidromorfološki rizik (slika 7).



Sl 7: Mjerodavni hidromorfološki rizik



Sl 8: Hidromorfološki rizik u odnosu na dužinu vodotoka



Sl 9: Mjerodavni elementi za hidromorfološki rizik

Može se zaključiti da za manji dio od 1 200 km vodotoka na kojim su utvrđene antropogene promjene postoji bitna mogućnost da neće moći biti postignuto ili održano dobro stanje voda. Nadalje, na slivu Kupe, promatrajući hidromorfološke promjene, najveće probleme održanju dobrog ekološkog stanja voda čini promjena količine i dinamike vodnog toka. Treba naglasiti da se najvjerojatnije radi o skupnom učinku više različitih antropogenih aktivnosti.

ZAKLJUČNE NAPOMENE

Predložena metoda prilagođena je postojećem stanju koje je u većini slučajeva obilježeno nedovoljnim poznavanjem međuodnosa pojedinih morfoloških činilaca i ekosustava te nedostatku preciznih podataka o morfološkim promjenama. Radi toga metodološki okvir sastavljen je tako da bude sveobuhvatan i prilagodljiv, odnosno da omogućava jednostavno uključivanje novih saznanja različitih stupnjeva složenosti.

Da bi se uspješno završila procjena morfoloških rizika u Hrvatskoj, što je zahtjev ODV, bilo bi uputno slijedeće:

- Dovršiti prikupljanje podataka o hidrotehničkim građevinama i drugim hidromorfološkim promjenama te ih sistematizirati u GIS bazu podataka
- Na osnovu rezultata ovog pilot projekta i ciljanih obilazaka terena kalibrirati metodu, odnosno verificirati, u mjeri u kojoj je to moguće stručne procjene koje se koriste.
- Potrebno je procijeniti granicu prihvatljivog rizika od hidromorfoloških promjena u hrvatskim uvjetima uzimajući u obzir i ekonomske i druge mogućnosti kao ograničavajući čimbenik.
- Pozornost bi trebalo pokloniti i objedinjavanju dionica vodotoka različitih stupnjeva rizika u vodne cjeline jer je procjena da korištenje preporuka iz [4] često ne daje smislene rezultate.

Upravo zbog navedenog, bilo bi neophodno pokrenuti bazična istraživanja koja bi unaprijedila saznanja o utjecaju hidromorfoloških promjena na ekosustave te umanjila udio stručnih procjena koje su trenutno prevladavajuće. Takva istraživanja trebala bi ukazati i na bitne parametre morfoloških promjena koji se mogu dovesti u vezu s utjecajima na ekosustave, što bi omogućilo određivanje podataka o morfološkim promjenama koje bi trebalo prikupljati kako bi se dobili pouzdaniji rezultati. Na žalost, radi rokova koje postavlja ODV, ova istraživanja neće biti moguće obaviti i primjeniti pri izradi prvih planova upravljanja vodnim područjima.

LITERATURA

[1] Okvirna Direktiva o vodama Europske unije, Vodnogospodarska osnova Hrvatske, izdanja II, Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Zagreb, 2002.

[2] CEN TC 230/WG 2/TG 5: N32 A Guidance Standard For Assessing The Hydromorphological Features Of Rivers, 2002.

[3] Common Implementation Strategy for the Water Framework: Guidance document no 3, Analysis of Pressures and Impacts, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2003.

[4] Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive: Guidance document n.o 4, Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2003.

[5] Draft guidance on morphological pressures (P2.v3-26.01.04), United Kingdom Technical Advisory Group (UKTAG) supporting the implementation of the European Community (EC) Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC), United Kingdom, 2004.

[6] Definiranje tipova površinskih voda i izrada nacrta tipologije površinskih kopnenih voda Hrvatske - Studija, Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u

Zagrebu i Hrvatski Prirodoslovni Muzej Zagreb, Zagreb, 2005.

[7] Izvajanje vodne direktive na Vodnem območju Donave, Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana, Slovenija, 2005.

[8] Kampa E., Kranz N.: Workshop summary report, European Workshop WFD and Hydromorphology, Prague, 2005.

[9] ICPDR-RBM/EG: ICPDR Issue Paper on Hydromorphological Alterations in the DRB - DRAFT 4, ICPDR, 2006.

[10] Schmutz S.: Hydromorphological drivers, resulting pressures and known impacts - their effect on the ecological status, Prezentacija na EU WFD and hydromorphological Alterations in the Danube River Basin Workshop, Neusiedl am See, Austria, 2006.

[11] Conclusions of EU WFD and hydromorphological Alterations in the Danube River Basin Workshop, Neusiedl am See, Austria, 2006.

[12] Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske, Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 2006.

[13] Barbalic D., Kadic V., Miholic, T: Metoda za procjenu rizika postizanja dobrog ekološkog stanja voda usljed hidromorfoloških promjena, u pripremi

[14] Pilot River Basin Plan for Sava River Sub-Basin, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Serbia and Montenegro, Characterisation Report - Kupa, Hrvatske vode, Zavod za vodno, gospodarstvo, Zagreb, u pripremi

AUTORI:

Vlatko Kadić, dipl.inž.građ.,
Hrvatske vode, Sektor zaštite od štetnog djelovanja voda, *vkadic@voda.hr*
Darko Barbalić,
dipl.inž.građ., Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, *darkob@voda.hr*
Tina Miholić,
dipl.inž.biol., Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, *tmiholic@voda.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.13.

PRAĆENJE HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETARA PROKOPA NA DRAVI KOD NEMETINA

Neven Kuspilić, Damir Bekić, Dalibor Carević

SAŽETAK: Rijeka Drava kao recipijent s velikim vodnogospodarskim značenjem, ima stalnu tendenciju produbljenja korita. Razlozi tih promjena su višestruki, a uglavnom uvjetovani antropogenim aktivnostima na vodotoku i slivu. Morfološke promjene očituju se na izmjeni prirodnog režima voda i nanosa. Prilikom provedbe radova na vodotocima i njihovom slivu, nužno je praćenje promjena na vodotoku kako bi se blagovremeno moglo reagirati ukoliko se pojave neželjeni učinci. Prirodni vodotoci predstavljaju relativno stabilan sustav kod kojeg se umjetnim promjenama narušava prirodna ravnoteža. Unutar novih okolnosti vodotoci teže postizanju nove dinamičke ravnoteže. Na rijeci Dravi, kod luke Osijek, prije dvadesetak godina izveden je prokop. U tom periodu prokop je «sazrio» i poprimio oblik dinamičke ravnoteže uz aktivno staro korito. Na starom koritu 2005. godine izvedena je pregrada, čime su stvoreni novi uvjeti za daljnji razvoj prokopa. Promjene u geometriji prokopa te hidrološko-hidrauličkih parametara mjerene su dubinomjerom i ultrazvučnim mjeračem protoka. Temeljem prikupljenih podataka može se teorijski dati ocjena globalne stabilnosti korita. U članku je dana metodologija praćenja hidromorfoloških parametara te su dani preliminarni rezultati ocjene stabilnosti korita u prokopu.

KLJUČNE RIJEČI: akustični strujomjer, riječna morfologija, posmična naprezanja, prokop

OBSERVATION OF RIVER CUT-OFF HYDROMORPHOLOGICAL PARAMETERS ON THE DRAVA RIVER AT NEMETIN

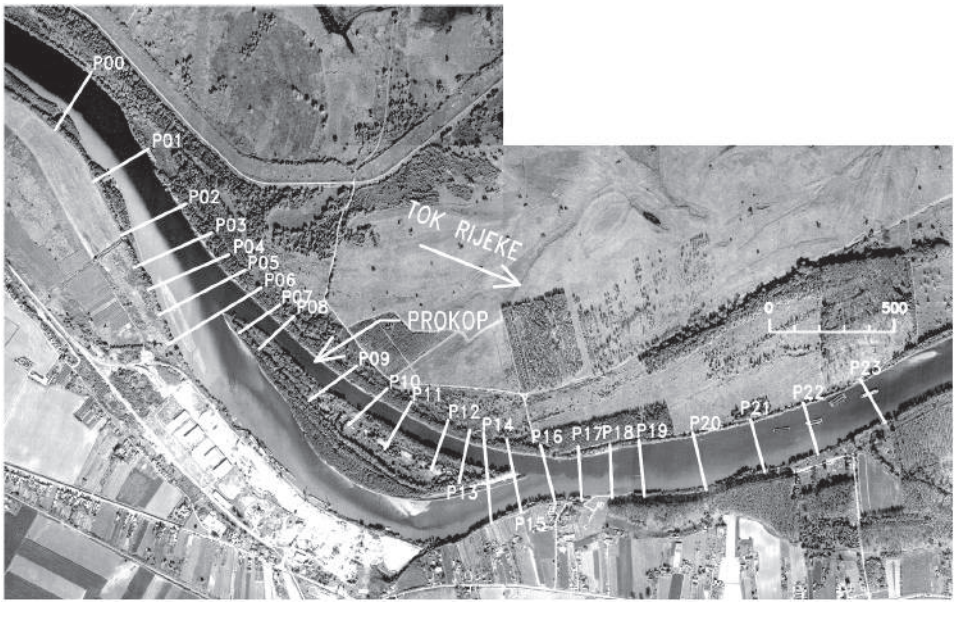
SUMMARY: The river Drava basin is of great importance for water management of countries on its watershed. During the last few decades the river geometry has been showing a significant river bed decrease. Among the reasons for such process, anthropogenic works can be highlighted. Morphological changes of the river channel are apparent as changes in flow and sediment natural regime. Monitoring of river changes during river regulation works is important, as it gives possibility for appropriate actions in case of unexpected changes. Natural watercourses have relatively stable morphology, and the artificial works disturb their natural balance. In new conditions, watercourses tend to establish a new dynamic balance inside more or less stable limits. On the river Drava, near the Osijek Port, the main river channel cut-off was created 20 years ago, as a secondary channel. During years a diverted channel has acquired a new dynamic balance. An inline weir structure was constructed on the old channel in 2005, which provided development of secondary channel.

Survey of the river bed was carried using sonar, and information of discharge and velocity profile was collected by using ADCP. Based on the collected information, global stability of river channel can be assessed. This paper gives methodology of hydromorphological data sampling and initial assessment of river channel stability in the cut-off.

KEYWORDS: ADCP, river morphology, shear stress, cut-off

1 UVOD

Predmet ovog rada je prokop Nemetin na rijeci Dravi kod nove luke Osijek (Slika 1). Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (Zavod za hidrotehniku) je, u suradnji s firmom Hidroing d.o.o. iz Osijeka, izvršio snimanja hidro-morfoloških parametara na prokopu Nemetin i u novoj luci Osijek. Snimanja su usmjerena na određivanje hidro-morfoloških zakonitosti na promjeni geometrije korita Drave u zoni prokopa uvjetovanih izgradnjom pregrade na starom koritu na profilu P06 (Slika 1). U ovom radu procijenjena je globalna stabilnost korita prokopa temeljem snimljenih podataka. Tijekom morfološkog snimanja prokopa nije bio uzorkovan materijal s dna, niti je mjeren pronos nanosa, već su mjereni profili brzina temeljem kojih je procijenjena stabilnost korita. Intencija je da se snimanja profila brzina izvrše pri malim, srednjim i velikim vodama. Najznačajnije morfološke promjene dešavaju se tijekom prolaska velikog vodnog vala, pa je intencija izvršiti snimanja prije, tijekom i nakon prolaska velikog vodnog vala. U analizi snimljenih podataka strujne slike Drave, zbog blizine ušća, bilo je potrebno uključiti i utjecaj uspora od Dunava.

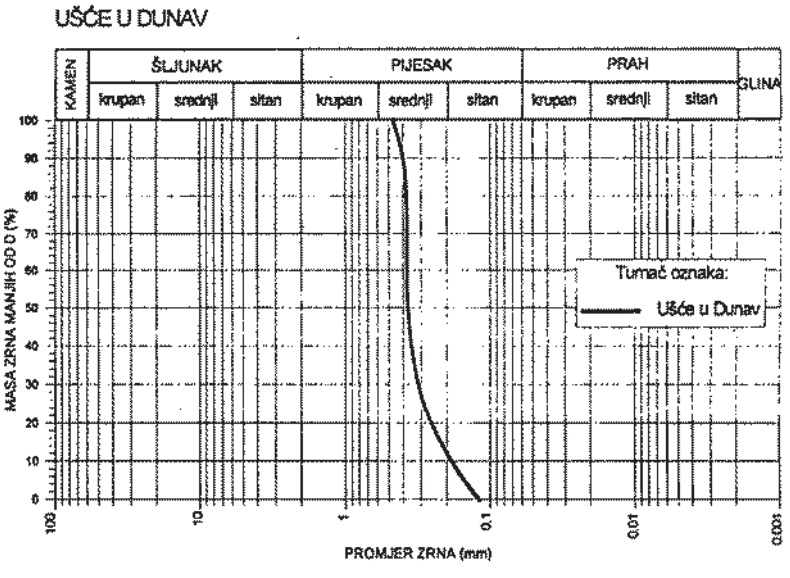


Slika 1.: Situacija prokopa Nemetin s mjestima kontrolnih poprečnih profila.

Snimanja geometrije korita te snimanja protoka i profila brzina vršena su na 24 kontrolna profila. Snimanja su vršena za vrijeme 10 izlazaka na rijeku u periodu od gotovo godinu dana u 2006-toj godini. Protok i profil brzina snimani su sa čamca korištenjem ADCP

uređaja (akustičnog strujomjera). Preko GPS uređaja čamac je lociran na kontrolnim profilima (P00-P23). U radu je korišten ADCP uređaj tipa RDI Workhorse Rio Grande, frekvencije 1200 kHz. ADCP je bio pričvršćen bočnom dijelu čamca. Izmjerene vrijednosti sa ADCP-a pohranjene su na računalo korištenjem računalnog programa WinRiver. Podaci o vodostajima preuzeti su sa web stranice Hrvatskih voda za vodomjerne stanice Osijek na Dravi i Dalj na Dunavu, a sadrže satna opažanja razine vode.

2 NANOS



Slika 2.: Granulometrijska krivulja vučenog nanosa mjerenog na ušću Drave u Dunav.

Za cjelovito proučavanje morfoloških promjena važno je promatranje vučenog nanosa koje uključuje pronos Q_n i njegove granulometrijske karakteristike. Unutar ovog istraživanja nije bilo promatranja pronosa nanosa, niti uzorkovanja materijala s dna. Stoga su u analizama korišteni podaci o mjerenjima pronosa nanosa na Dravi preuzetih iz studije "Prognoze morfološko-psamoloških procesa u rijeci Dravi nakon izgradnje HE Novo Virje", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb, veljača 1998. U elaboratu je dana granulometrijska krivulja vučenog nanosa na ušću u Dunav (Slika 2). Iz granulometrijske krivulje moguće je očitati da je promjer 50%-tnog zrna d_{50}=0.35 mm. Ta vrijednost je odabrana kao karakteristični promjer nanosa d_{50} korišten u daljnjim analizama.

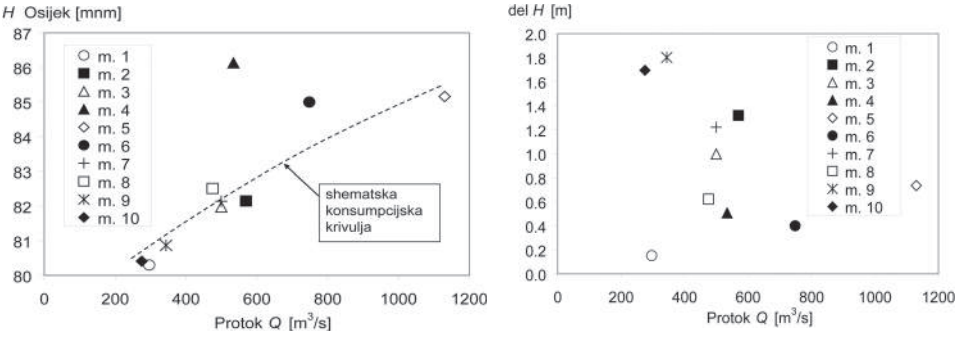
3 REZULTATI MJERENJA

3.1 Protoci

Do sada je obavljeno 10 mjerenja u 2006. godini i to: 10.02., 01.03., 21.03., 07.04, 06.05., 12.06., 15.07., 19.08., 13.10. te 10.11. Za svako mjerenje prikazani su izmjereni protoci Q u odnosu na vodostaj Drave kod Osijeka H_{Osijek} (Slika 3a). Numeričke oznake mjerenja dane su kronološkim redoslijedom. Mogu se uočiti tri skupine mjerenja. Prvu skupinu čine mjerenja 1, 9, 10 za vrijeme malih voda Drave (Q<350 m^3/s). Drugu skupinu čine

mjerenja 2, 3, 4, 7, 8 za vrijeme srednjih voda Drave (450<Q<600 m^3/s). Treća skupina mjerenja 5, 6 bila su za vrijeme većih voda Drave (Q>750 m^3/s). Na slici 3a ucrtana je shematska konsumpcijska krivulja. Uočava se da mjerenja 4, 6 značajno odstupaju od te krivulje, što ukazuje na utjecaj uspora Dunava pri tim mjerenjima.

Na slici 3b prikazan je odnos izmjerenih protoka *Q* i razlike vodostaja *delH* između v.s. Osijek na Dravi i v.s. Aljmaš na Dunavu. Uočava se da je u skupini srednjih protoka razlika vodostaja pri mjerenjima 4, 6 najmanja (*delH*=0.5 m) što potvrđuje utjecaj uspora Dunava.



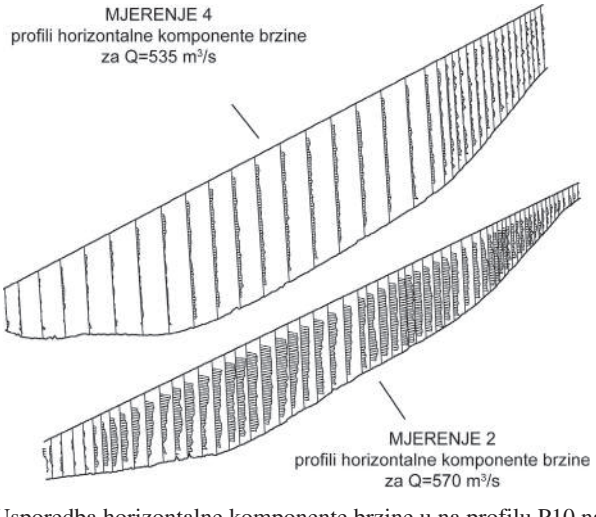
a) Odnos protoka i pripadajućih vodostaja Drave na v.s. Osijek.

b) Odnos izmjerenih protoka i razlike vodostaja između v.s. Osijek i v.s. Aljmaš.

Slika 3.: Odnos izmjerenih protoka i vodostaja.

3.2 Profil brzina

Izmjereni podaci o brzinama, trasi broda, dubini korita, itd. mogu se direktno kontrolirati na računalu za vrijeme mjerenja te pohraniti za kasniju obradu. Prilikom mjerenja korišten je računalni program WinRiver 1.06. Za vrijeme mjerenja moguće je kontrolirati smjer i iznos brzine, te računate protoke.



Slika 4.: Usporedba horizontalne komponente brzine u na profilu P10 na prokopu za srednje vode Drave.

Nakon snimanja na rijeci, prikupljeni podatci obrađeni su korištenjem računalnog programa izgrađenog na Građevinskom fakultetu u Zagrebu, a čime se omogućava prikaz trodimenzionalnog profila brzina, kao i zasebne komponente brzine (u, v, w). Ovdje je dan usporedni prikaz horizontalne komponente brzine u (okomite na poprečni presjek). Dan je prikaz brzina na profilu P10 (u prokopu) za vrijeme srednjih voda Drave. Pri mjerenju 2 nije bilo uspora Dunava, dok je kod mjerenja 4 bio značajan utjecaj Dunava.

Evidentno je značajno smanjenje brzina, što je i očekivano. Međutim, upitno je događa li se pokretanje nanosa na dnu i kod uvjeta smanjenih vrijednosti profilnih brzina, ili je dno stabilno. U nastavku je dan postupak i način analize procjene stabilnosti korita.

4 TEORIJSKE ANALIZE STABILNOSTI KORITA

Narušavanje globalne stabilnosti korita, kao preduvjeta za pojavu trajnih morfoloških promjena, započinje kada posmično (tangencijalno) naprezanje na dnu τ_0 prijeđe vrijednost dopuštenog naprezanja τ_d. Posmično naprezanje na dnu τ_0 [Pa], koje se prenosi s vode na dno korita, određeno je izrazom:

$$\tau_0 = \rho g h I \tag{1}$$

gdje su: ρ - gustoća mase vode [kg/m^3], g - ubrzanje sile teže [m/s^2], h - dubina vode [m] i I - pad linije energije [m/m].

Dijeljenjem izraza (1) s gustoćom mase vode dobije se:

$$\frac{\tau_0}{\rho} = ghI = u_*^2 \tag{2}$$

gdje se parametar u_* [m/s] naziva brzina posmičnog naprezanja. Ovisno o režimu, hidrauličko glatkom, hidraulički hrapavom ili prelaznom području, moguće je odrediti odnose brzine $u(y)$ na nekoj udaljenosti od dna y i brzine posmičnog naprezanja kako slijedi:

Tablica 1. Odnos brzine *u(y)* na nekoj udaljenosti od dna *y* i brzine posmičnog naprezanja ovisno o hidrauličkom režimu [3].

Hidraulički glatko dno	$\frac{u(y)}{u_*}$	$\frac{1}{\kappa}\ln\left(9{,}0\frac{u_* y}{\nu}\right)$	$Re_* < 3{,}32$
Prijelazno područje		$\frac{1}{\kappa}\ln\left(\frac{y}{k_s}\right)+\frac{3{,}23}{\kappa Re_*}\ln(Re_*)-\frac{9{,}96}{Re_*}+8{,}5$	$3{,}32 < Re_* < 70$
Hidraulički hrapavo dno		$\frac{1}{\kappa}\ln\left(30\frac{y}{k_s}\right)$	$70 < Re_*$

U gornjim izrazima su κ - von Karmanova konstanta (0.4 za čistu vodu i ravno dno), $Re_* = \frac{u_* k_s}{\nu}$ - Reynoldsov broj hrapavosti, ν - kinematički koeficijent viskoznosti [m^2/s] i k_s - apsolutna hrapavost površine dna [m].

Iz gore navedenih obrazaca moguće je za ravno nepokretno dno i čistu vodu odrediti veličinu posmičnih naprezanja na dnu τ_0 za poznatu veličinu horizontalne komponente brzine na nekoj udaljenosti od dna y, za poznatu apsolutnu hrapavost površine k_s te za poznate uvjete hidrauličke hrapavosti. Prirodni uvjeti su znatno složeniji, jer cijelu sliku uvjetuje i neprizmatičnost korita, forma dna korita, suspendirani nanos u vodi, te

pokretnost čestica na dnu. Ti parametri djeluju na raspodjelu brzina strujanja po dubini, pa time i na raspodjelu tangencijalnih naprezanja. Ukupno tangencijalno naprezanje na dnu zapravo je superpozicija tangencijalnih naprezanja uslijed hrapavosti površine dna τ_0, tangencijalnih naprezanja uslijed forme dna τ_1 i tangencijalnih naprezanja uslijed prisutnosti suspendiranju čestica u vodi τ_2. Svjesni navedenih utjecaja, a i činjenice da za određivanje veličina τ_1 i τ_2 nema pouzdanih metoda proračuna, pretpostavljeno je da dominantan utjecaj na pokretanje čestica ima komponenta τ_0. Rezultate u kvantitativnom smislu stoga treba uzeti sa određenim stupnjem rezerve. Rad na daljnjem istraživanju upravo i ide u smjeru određivanja utjecaja forme dna i suspendiranog nanosa na veličinu ukupnih posmičnih naprezanja na dnu τ. Teorijski gledano (Yalin, 1992) doprinos forme dna (dine s naborima) obzirom na doprinos hrapavosti površine dna na promjenu ukupne hrapavosti, može se odrediti koristeći slijedeći obrazac:

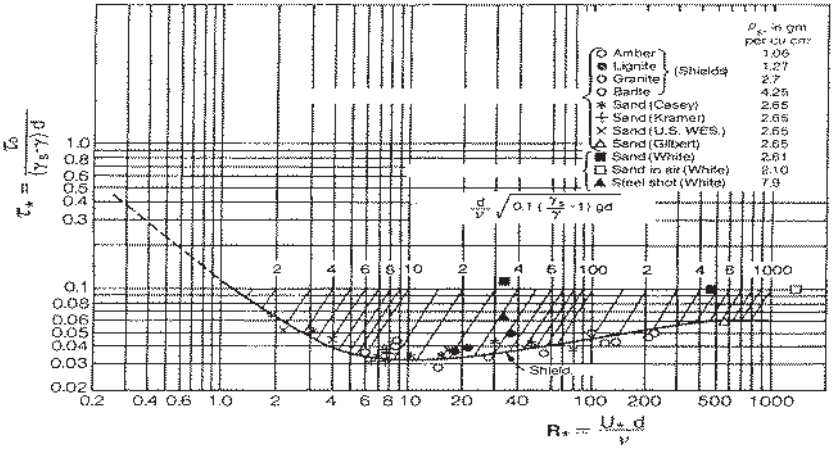
$$\frac{1}{c^2} = \frac{1}{c_f^2} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2}\left(\frac{\Delta}{\Lambda}\right)_i^2 \frac{\Lambda_i}{h} \tag{3}$$

gdje su $c_f = \frac{\bar{u}}{u_*}$ - bezdimenzionalan Chezyev koeficijent koji se odnosi na hrapavost površine dna, $\bar{u}$ - brzina toka (srednja brzina vode) [m/s], c - bezdimenzionalan Chezyev koeficijent koji se odnosi na ukupnu hrapavost korita, Δ_1 - visina dine [m], Λ_1 - duljina dine [m], Δ_2 - visina nabora [m], Λ_2 - duljina nabora [m] i h - srednja dubina vode (od površine do sredine visine dine) [m].

Nadalje, moguće je izvesti da je:

$$\tau = \frac{\bar{u}^2 \rho}{c} \tag{4}$$

Provedenom kontrolom, uz pretpostavljenu geometriju forme dna, za uvjete tečenja na lokaciji istraživanja, doprinos forme dna na ukupna posmična naprezanja iznosi cca 15%, što smo ocijenili kao prihvatljivu grešku. Učinak forme dna nije razmatran u daljnjim analizama.



Slika 5.: Izmijenjen Shields-ov dijagram.

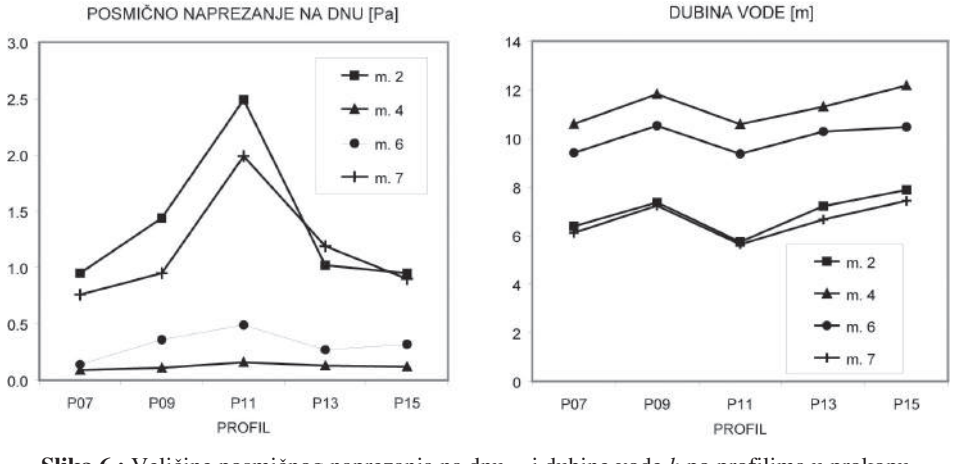
Korištenjem navedene teorijske metodologije, stabilnost korita analizirana je na nekoliko karakterističnih kontrolnih profila, te za različite uvjete tečenja. Brzina posmičnog

naprezanja u_* [m/s] određena je preko vrijednosti pridnenih brzina, a ovisno o hidrauličkom režimu sukladno jednadžbama iz tablice 1. Nadalje, veličina posmičnog naprezanja određena je za ravno nepokretno dno i čistu vodu temeljem jednadžbe (2). Tako izračunata vrijednost τ_0 uspoređena je s graničnim vrijednostima τ_c dobivenim korištenjem Shields-ove zakonitosti (Slika 5). Granična vrijednost τ_c izračunata je iz vrijednosti τ_* a koja je dobivena vizualnim očitanjem vrijednosti iz Shields-ove zakonitosti za karakteristični promjer zrna nanosa d_{50}=0.35 mm.

Tablica 2.: Posmična naprezanja na dnu τ_0 i graničnih vrijednosti τ_c prema Shields-u.

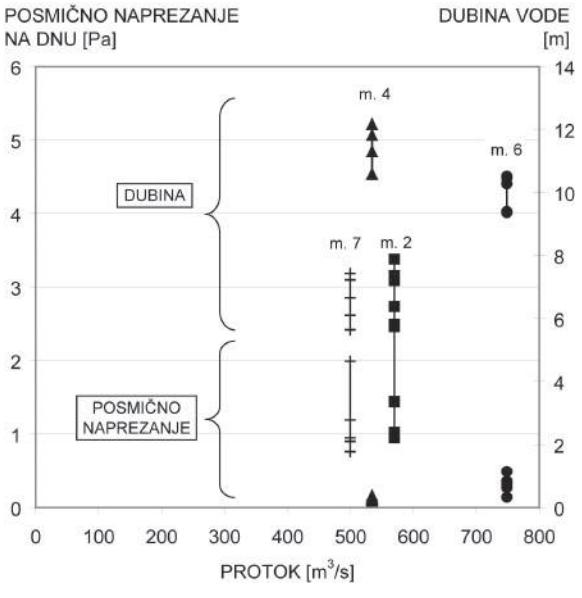
	Uspor Dunava		Bez uspora Dunava		
Mjerenje	4	6	2	7	
Datum	07.04.2006	12.06.2006	01.03.2006	15.07.2006	
Profil	τ_0 [Pa]				τ_c [Pa]
P07	0.09	0.14	0.95	0.76	
P09	0.11	0.36	1.44	0.95	
P11	0.16	0.49	2.49	1.99	0.20
P13	0.13	0.27	1.02	1.19	
P15	0.12	0.32	0.95	0.9	

Veličine posmičnog naprezanja na dnu izračunate su za slučajeve tečenja s utjecajem uspora Dunava (7.4. i 12.6.) i bez utjecaja uspora (1.3. i 15.7.). Za analizu su odabrani kontrolni profili na prokopu, ukupno 5 profila koji pokrivaju ukupnu dužinu prokopa. Profil P07 nalazi se na ulazu u prokop, a profil P15 na njegovom izlazu. U tablici 2 prikazane su vrijednosti teorijskog proračuna posmičnih naprezanja na dnu τ_0 i graničnih vrijednosti τ_c prema Shields-u. Uočava se da su naprezanja po čitavoj dionici prokopa značajno veća nego kritična naprezanja za gotovo sve uvjete tečenja. Izuzetak su uvjeti tečenja sa značajnim usporom Dunava pri mjerenju 4 (7.4.). To ukazuje na značajnu nestabilnost korita u prokopu u ovoj fazi njegova razvoja.



Slika 6.: Veličine posmičnog naprezanja na dnu τ_0 i dubine vode h po profilima u prokopu.

Iz promjene posmičnih naprezanja duž prokopa (Slika 6) uočava se pravilo povećanje naprezanja od početka prokopa, dostizanje maksimuma na središnjem dijelu (P11), te onda smanjenje prema izlazu prokopa, a pri svakom protoku. Pravilnu promjenu naprezanja prati i promjena dubine duž prokopa (Slika 6), s razlikom što promjena dubine ima suprotan trend u odnosu na promjenu naprezanja. Prema izrazu (1) povećanje dubine vode *h* daje povećanje posmičnih naprezanja na dnu τ_0. Da je tečenje za mjerenja 4 i 6 pod utjecajem uspora od Dunava, uočava se preko nižih posmičnih naprezanja uz veće dubine vode (Slika 6 i 7).



Slika 7.: Odnos posmičnog naprezanja na dnu 0 te dubine vode h spram protoka.

5 ZAKLJUČAK

U radu je prikazan postupak procjene stabilnosti korita rijeke Drave na prokopu Nemetin. Radi nedostatka uzorkovanja svih morfoloških parametara, stabilnost korita procijenjena je temeljem posmičnih naprezanja uslijed hrapavosti površine dna τ_0. Posmična naprezanja na dnu izračunata su temeljem izmjerenog profila brzina i uspoređena s kritičnim vrijednostima. Kako dobivena naprezanja na dnu višestruko prelaze kritična naprezanja u svim uvjetima tečenja (s i bez uspora), zaključuje se da je sadašnje korito u prokopu izrazito nestabilno, te se obzirom na trenutačne hidromorfološke uvjete može očekivati daljnje produbljenje korita. Cilj cjelokupne studije je predvidjeti, odnosno procijeniti granice nove dinamičke ravnoteže koja će nastupiti u prokopu nakon pregrađivanja starog korita. Kako značajne promjene nastupaju u uvjetima prolaska većih vodnih valova, a njihova učestalost nije velika, bit će potrebno navedena mjerenja provoditi kroz duži vremenski period. Ocjenjuje se da je tri godine uzastopnih mjerenja minimalno vrijeme unutar kojeg bi se mogao skupiti reprezentativni uzorak za određivanje granica nove dinamičke ravnoteže.

6 LITERATURA

1. RD Instruments (2003): WinRiver User's Guide International Version.
2. Yalin, M.S. (1992): River Mechanics, Pergamon Press.
3. Zanke, U. (1982): Grundlagen der Sedimentbewegung, Springer-Verlag.

AUTORI:

Dr.sc. Neven Kuspilić, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, tel.: 01-4639242, fax: 01-4639260, email: kuspa@grad.hr

Mr.sc. Damir Bekić, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, tel.: 01-4639213, fax: 01-4639238, email: dbekic@grad.hr

Dalibor Carević, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, tel.: 01-4639309, fax: 01-4639260, email: car@grad.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.14.

MALOČETINAŠI (OLIGOCHAETA) KAO POKAZATELJI TROFIJE AKUMULACIJA NA RIJECI DRAVI

Zlatko Mihaljević, Mladen Kerovec, Ivančica Ternjej

SAŽETAK: U radu su prikazani rezultati dvogodišnjih istraživanja zajednice makrozoobentosa akumulacija na rijeci Dravi s posebnim osvrtom na maločetinaše. Na svakoj od istraživanih akumulacija (Varaždin, Čakovec i Dubrava), uzorci su uzimani sezonski, na dvije postaje. Postaja 1 nalazi se na plićem, početnom dijelu akumulacija, dok se postaja 2 nalazi na najdubljem dijelu akumulacija, u blizini brana. Na istraživanim postajama brojem jedinki dominiraju predstavnici Oligochaeta. U plićim dijelovima akumulacija Čakovec i Dubrava guste populacije imaju i ličinke kukaca iz skupine dvokrilaca (Diptera). Tijekom istraživanog razdoblja zabilježeno je 27 predstavnika maločetinaša, koji pripadaju slijedećim porodicama: Tubificidae, Naididae, Lumbriculidae, Lumbricidae i Enchytraeidae. Najviše vrsta zabilježeno je unutar porodica Naididae (13 vrsta) i Tubificidae (10 vrsta). Ako izuzmemo akumulaciju Varaždin, veća raznolikost vrsta zabilježena je na postajama koje se nalaze na početnom dijelu akumulacijskih jezera, a manja na postajama smještenim u blizini brana. Na temelju brojnosti i raznolikosti maločetinaša, njihovog postotnog udjela u zajednici makrozoobentosa te udjela vrste *Limnodrilus hoffmeisteri*, možemo zaključiti da je akumulacija Varaždin na višem stupnju trofije u odnosu na druge istraživane akumulacije. Akumulacija Dubrava ima najmanji intenzitet trofije.

KLJUČNE RIJEČ: Oligochaeta, trofija, akumulacije, Drava

OLIGOCHAETA AS A TROPHY LEVEL INDICATOR OF DRAVA RESERVOIRS

SUMMARY: This paper presents the results of a two-year study of the macrozoobenthos community in Drava River reservoirs, with special emphasis on the oligochaetes. Sampling was conducted seasonally at two stations on each of the reservoirs (Varaždin, Čakovec and Dubrava). Station 1 was positioned in shallower waters at the beginning of the reservoir while Station 2 was positioned at the deepest part of the reservoir, near the dam. Oligochaetes constituted the bulk of the total macrozoobenthos in the investigated reservoirs. Larval insects (Diptera) were found with higher densities in the shallow parts of the Čakovec and Dubrava reservoirs. During the study period, 27 taxa of the oligochaetes were reported, belonging to the following families: Tubificidae, Naididae, Lumbriculidae, Lumbricidae and Enchytraeidae. The largest number of taxa was recorded within the families Naididae (13 taxa) and Tubificidae (10 taxa). With the exception of the Varaždin reservoir, the greatest diversity was recorded at Station 1, with lower diversity

near the dams. Based on the abundance and diversity of oligochaetes, their share in the macrobenthos community and the share of the taxa *Limnodrilus hoffmeisteri*, it can be concluded that the Varaždin reservoir has a higher trophic level compared to the other two studied reservoirs. The Dubrava reservoir proved to have the lowest trophic intensity.

KEYWORDS: Oligochaeta, trophy level, reservoirs, Drava

UVOD

Trofija se može definirati i kao stupanj opskrbljenosti jezera organskim tvarima i mineralnim solima te obimom primarne i sekundarne produkcije. Budući da stupanj trofije označava cjelokupnost ekološkog stanja u vodenim ekološkim sustavima, za njihovo određivanje koristi se čitav niz kriterija koji su pokazatelji pojedinih biotičkih ili abiotičkih segmenata u kruženju tvari ili protoku energije kroz ekološki sustav (Mihaljević, 1999). Stoga se napredovanje trofije ne očituje samo u promjeni fizikalno-kemijskih svojstava vode jezera (kao pokazatelja trenutnog stanja), već i u strukturi i sastavu zajednica koje su odraz općeg i prosječnog stanja u ekološkom sustavu. Proces eutrofikacije uzrokuje homogenizaciju staništa (kroz povećanu sedimentaciju čestica organske tvari), te degradaciju kakvoće voda (Jonasson, 1969). Uz napredovanje procesa eutrofikacije, u mnogim jezerima brojnost tolerantnih vrsta se povećava.

Budući da su maločetinaši široko rasprostranjeni te često zauzimaju najznačajniji udio u zajednici makrozoobentosa u akumulacijskim i jezerskim ekosustavima, mogu imati važnu ulogu u gospodarenju vodama, posebice kao indikatori određenog stupnja onečišćenja i trofije (Goodnight i Whitley, 1960, Brinkhurst i Jamieson, 1971; Milbrink, 1983, Lang, 1984; Slepukhina, 1984, Kerovec i sur. 1989).

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA I METODE RADA

Istraživanja makrozoobentosa provedena su tijekom 2004. i 2005. godine na akumulacijskim jezerima HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava. Navedene akumulacije predstavljaju protočne stajaćice, tj. umjetno ujezerene dijelove rijeke Drave, koji se razlikuju po starosti i veličini. HE Varaždin je najuzvodnija elektrana koja koristi potencijal rijeke Drave za proizvodnju električne energije, a u pogonu je od 1975. godine. Akumulacija ima zapremninu od 6 x 10^6 m^3. Druga u nizu je hidroelektrana HE Čakovec, čije akumulacijsko jezero ima zapremninu od 50 x 10^6 m^3, u pogonu je od 1982 godine. HE Dubrava je u pogonu od 1989. godine, a njezino akumulacijsko jezero ima najveću zapreminu (94 x 10^6 m^3).

U svakoj od istraživanih akumulacija uzorci faune dna sakupljani su sezonski, na dvije postaje. Postaja 1 (V1, Č1 i D1) nalazi se na dubini od 1-1,5 m u početnom dijelu akumulacija, dok se postaja 2 (V2, Č2 i D2) nalazi na suprotnom, najdubljem dijelu akumulacija, u blizini brana. Na postaji V1 i Č1 prevladavaju muljevito - pjeskoviti sedimenti, dok se na postaji D1 sediment sastoji od čestica šljunka i pijeska. Na postajama V2, Č2 i D2 prevladavaju muljeviti sedimenti.

Uzorci su sabrani grabilom tipa Eckman. Na postaji 1 akumulacije Dubrava korištena je posebno konstruirana bentos mreža (tzv. kracer), sa donjim ravnim metalnim dijelom za struganje sedimenta i mrežom veličine oka 200 µm. Makrofauna je odvajana od sedimenta prosijavanjem kroz bentos mrežu promjera okašca od 500 µm te je konzervirana u 4% formaldehidu. Kasnije je u laboratoriju provedeno razvrstavanje makrofaune po skupinama te determinacija do najnižih mogućih sistemskih kategorija. Broj jedinki preračunavan je

na površinu od 1m^2. Guste populacije školjkaša *Dreissenia polymorpha* zabilježene su na postajama akumulacija HE Čakovec i HE Dubrava, no vrijednosti brojnosti nisu uzimane u obzir prilikom analize makrozoobentosa.

Kao pokazatelj raznolikosti Oligochaeta na istraživanim postajama korišten je Shannon-Wiener indeks raznolikosti: $H' = -\sum (p_i)(\log_2 p_i)$, gdje je: p proporcija i-te vrste u uzorku, a s je broj vrsta u uzorku. Vrijednosti indeksa raznolikosti također mogu biti pokazatelji kakvoće vode (Wilhm i Dorris, 1968). Naime, ako su te vrijednosti manje od 1, onda ukazuju na snažno onečišćenja, dok vrijednosti između 1 i 3 ukazuju na umjereno onečišćenje.

Hijerarhijsko grupiranje brojnosti pojedinih vrsta maločetinaša na istraživanim postajama po sličnosti/udaljenosti testirano je Bray-Curtis klaster analizom, unutar koje je provedena metoda jednostruke veze (Single Linkage) za formiranje klastera uzoraka.

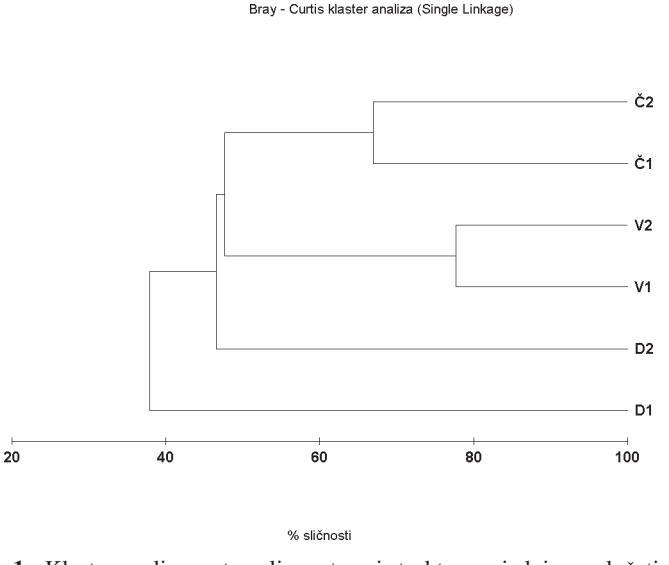
REZULTATI I RASPRAVA

U akumulacijama prevladavaju muljevito - pjeskoviti sedimenti, što uvjetuje dominaciju predstavnika faune dna koji konzumiraju različite frakcije finog i ultrafinog detritusa. To su uglavnom predstavnici maločetinaša (Oligochaeta), a na postajama Č1 i D1 brojne su i ličinke kukaca iz skupine dvokrilaca (Diptera) (Tablica 1). Uglavnom se radi o ličinkama porodice Chironomidae, a u nekim uzorcima s malim gustoćama populacija javljaju se i ličinke dvokrilaca iz porodice Ceratopogonidae.

Tablica 1.: Postotni udio pojedinih skupina faune dna na istraživanim postajama.

	Ak. Varaždin		**Ak. Čakovec**		**Ak. Dubrava**	
Skupina	**V1**	**V2**	**Č1**	**Č2**	**D1**	**D2**
Turbellaria					0.03	
Nematomorpha					0.16	
Nematoda	0.43				0.30	
Gastropoda	0.25	0.35	0.25	0.24	0.16	4.30
Bivalvia	1.43	3.77	2.49	2.14		
Oligochaeta	85.73	80.13	41.90	83.21	47.53	78.88
Hirudinea	0.61	0.03	0.08	0.24	0.78	
Hydracarina			0.09			
Cladocera						
Copepoda		0.21			0.05	
Isopoda	0.01	0.35			0.15	0.29
Amphipoda		0.06			1.63	
Ephemeroptera	0.06	0.24	1.78		4.88	1.21
Heteroptera					0.40	
Coleoptera	0.03	0.03	0.35		0.05	
Trichoptera	0.06	0.03	0.13		1.64	
Diptera	11.30	14.78	52.92	14.18	42.23	15.32
Ukupno (jed./m^2)	17359	17709	15793	5261	9276	2067

Tijekom istraživanog razdoblja zabilježeno je 27 predstavnika maločetinaša, koji pripadaju slijedećim porodicama: Tubificidae, Naididae, Lumbriculidae, Lumbricidae i Enchytraeidae. Najviše vrsta zabilježeno je unutar porodica Naididae (13 vrsta) i Tubificidae (10 vrsta). Veća raznolikost vrsta zabilježena je na postajama koje se nalaze na početnom dijelu akumulacijskih jezera, a manja na postajama smještenim u blizini brana. Izuzetak je akumulacija Varaždin, gdje je na postaji V1 zabilježeno 10, a na postaji V2 12 vrsta maločetinaša (Tablica 2). Radi se o relativno plitkoj akumulaciji, s dubinom manjom od 5 m, što je i uzrok malih razlika među istraživanim postajama u kvalitativnoj i kvantitativnoj strukturi Oligochaeta. Maločetinaši iz porodice Tubificidae u potpunosti dominiraju na postajama uz branu, gdje su dubine od 5-12 m. Maločetinaši iz porodice Naididae javljaju se na postajama koje su smještene na plićem dijelu akumulacija (dubina od 1-1,5 m).



Slika 1.: Klaster analiza na temelju sastava i strukture zajednica maločetinaša na svim istraživanim postajama.

Najgušće populacije maločetinaši imaju na području akumulacije Varaždin, dok je njihova najmanja brojnost zabilježena na području akumulacije Dubrava. Tijekom istraživanog razdoblja na postaji V1 prosječno je zabilježeno 14881 jed. m^{-2}, dok na postaji V2 maločetinaši imaju prosječnu gustoću od 14191 jed. m^{-2}. Srednje gustoće populacija oligoheta znatno su manje u akumulaciji Čakovec (6617 jed. m^{-2} na postaji Č1 i 4378 jed. m^{-2} na postaji Č2), dok najmanja prosječna brojnost maločetinaša karakterizira postaju D2 (1631 jed. m^{-2}). Udio maločetinaša u zajednici makrozoobentosa također je najveći na području akumulacije Varaždin, gdje na maločetinaše otpada od 80,1 - 85,7 % od ukupne brojnosti faune dna. U akumulacijama Čakovec i Dubrava udio maločetinaša veći je na postajama uz branu. Uvjeti života na dnu jezera variraju prvenstveno s dubinom. Povećanjem dubine mijenjaju se osnovni fizikalno-kemijski uvjeti na staništu, te izvori dostupne hrane. Tako npr. temperatura vode i prodor svjetla smanjuju se progresivno s povećanjem dubine, a s druge strane dolazi do taloženja sve finijih organskih i anorganskih čestica. Čestice sedimenta ne predstavljaju samo stanište za faunu dna, već imaju i vrlo važno trofičko značenje (Mihaljević, 1999). Rieradevall i Prat (1991) također uočavaju

da se gustoća populacija Oligochaeta povećava s dubinom, dok hironomidi imaju veću važnost u plićim zonama jezera. Di Giovanni i sur. (1996), prilikom istraživanja akumulacije Montedoglio (Italija) nalaze oligohete iz porodice Tubificidae uglavnom na dubini od 7-9 m, a hironomide na dubini od 1-3 m.

Tablica 2.: Zastupljenost i postotni udio pojedinih vrsta maločetinaša na istraživanim postajama.

	Ak. Varaždin		**Ak. Čakovec**		**Ak. Dubrava**	
	V1	**V2**	**Č1**	**Č2**	**D1**	**D2**
Tubificidae						
Branchiura sowerbyi	5.56	9.68	19.52	38.13	0.62	31.60
Isochaeta sp.		0.74				
Limnodrilus hoffmeisteri	74.06	67.93	38.55	50.67	32.21	46.34
Limnodrilus udekemianus		1.76	0.86	8.57		4.60
Peloscolex velutina		0.70	0.01			
Potamothrix hammoniensis	7.39	4.30	20.99	1.21	0.17	5.20
Psammoryctes moravicus		0.70				5.37
Psammoryctes barbatus		6.23				
Tubifex tubifex	2.30					0.77
Tubifex ignotus			1.18			
Naididae						
Homochaeta naidina		0.53				
Chaetocaster diaphanus					0.60	
Nais barbata			1.73		20.75	0.77
Nais bretscheri		0.53	2.16		13.01	
Nais communis	0.26		0.01		1.56	
Nais elinguis	0.22		1.94		25.40	0.77
Nais pseudobtusa			0.96		0.11	
Nais pardalis			1.30		0.74	
Ophidonais serpentina	6.92	1.53	2.37		2.18	
Pristina foreli					0.06	
Stylaria lacustris	0.34		3.45		2.18	
Vejdovskyella intermedia	0.76		0.86			
Uncinais uncinata	2.18		0.01		0.09	
Lumbriculidae						
Rhynchelmis limosella						4.60
Stylodrilus heringianus		5.36	3.09	1.43	0.20	
Lumbricidae g.sp.					0.11	
Enchytraeidae g. sp.			0.74			
Ukupno (jed.m-2)	14881	14191	6617	4378	4409	1631
Broj vrsta	10	12	18	5	16	9
Shannon-Wiener indeks (H')	1.47	1.81	2.67	1.50	2.91	2.94

Prilikom procjene stupnja trofije jezera na temelju populacija maločetinaša, najčešće se koriste različiti indeksi koji se baziraju na postotnom udjelu Oligochaeta u zajednici faune dna, udjelu porodice Tubificidae, ili pak na udjelu pojedinih vrsta pokazatelja određenog stupnja trofije (Goodnight i Whitley, 1960; Milbrink, 1983; Slepukhina, 1984). U akumulaciji Varaždin brojnošću dominira vrsta maločetinaša iz porodice Tubificidae - *Limnodrilus hoffmeisteri,* čiji je brojčani udio u zajednici maločetinaša 74 % na postaji V1, odnosno 68 % na postaji V2. Navedena vrsta je eurivalentna i dobro podnosi ekstremne ekološke prilike na staništu. Radi se o relativno otpornoj vrsti prema organskom opterećenju, koja razvija guste populacije u onečišćenim vodama te u stajačicama višeg stupnja trofije. Izravan rezultat dominacije ove vrste na području akumulacije Varaždin je smanjena vrijednost indeksa raznolikosti (Tablica 2). Najniže vrijednosti indeksa raznolikosti ukazuju na jače onečišćenje vode u akumulaciji Varaždin, a njegove visoke vrijednosti (2,9) utvrđene u akumulaciji Dubrava, ukazuju na znatno niži stupanj onečišćenja. U akumulacijama Čakovec i Dubrava udio vrste *Limnodrilus hoffmeisteri* je smanjen, a brojnošću se još ističe vrsta *Branchyura sowerbyi*, koja je pokazatelj nešto nižeg stupnja trofije.

U svrhu utvrđivanja sličnosti istraživanih akumulacija na temelju kvalitativnog i kvantitativnog sastava maločetinaša provedena je klaster analiza. Rezultati analize prikazani su na slici 1. Akumulacije Varaždin i Čakovec izdvajaju se zasebno. Najmanja je sličnost u sastavu i strukturi populacija maločetinaša akumulacije Dubrava u odnosu na ostale dvije akumulacije. Postaja D1 izdvaja se od ostalih istraživanih postaja zbog velikog brojčanog udjela predstavnika porodice Naididae (66,7 %) i tipa sedimenta. Naime, sediment na navedenoj postaji se sastoji od čestica šljunka i pijeska, koji u velikoj mjeri utječe na svojstvenu strukturu i sastav populacija Oligochaeta. Od vrsta iz porodice Naididae posebno su brojne *Nais elinguis*, *N. barbata* i *N. bretscheri*. *N. elinguis* je tolerantna i eurivalentna vrsta koja je često brojna u obraštaju koji se razvija kao posljedica velikog unosa nutrijenata (Nijboer i sur., 2004).

LITERATURA

1. Brinkhurst, R.O., Jamieson, B.G.M., (1971): Aquatic Oligochaeta of the World. Oliver & Boyd, Edinbourgh.

2. Di Giovanni, M.V., Goretti, E., Tamanti, V. (1996): Macrobenthos in Montedoglio Reservoir, central Italy. Hydrobiologia 321, 17-28.

3. Goodnight, C.J., Whitley, L.S. (1960): Oligochaetes as indicators of pollution. Proc. 15th. Ann. Waste Conf., Purdue Univ. 139-142.

4. Jónasson, P. M. (1969): Bottom fauna and eutrophication. U: Eutrophication: causes, consequences, correctives. Nat. Acad. Sci., Washington, D. C., 274-305.

5. Kerovec, M., Tavčar, V., Meštrov, M. (1989) Macrozoobentos as an Indicator of the Level of the Trophy and Saprobity of Lake Jarun. Acta hydrochim. hydrobiol. 17, (1) 37-45.

6. Lang, C. (1984): Eutrophication of lakes Léman and Neuchâtel (Switzerland) indicated by oligochaete communities. Hydrobiologia 115, 131-138.

7. Mihaljević, Z. (1999): Sezonske promjene u trofičkoj strukturi makrozoobentosa Visovačkog jezera. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb. Disertacija

8. Milbrink, G. (1983): An improved environmental index based on the relative abundance of oligochaete species. Hydrobiologia 102, 89-97.

9. Nijboer, R.C., Wetzel, M.J., Verdenschot, P.F.M. (2004): Diversity and distribution of Tubificidae,

Naididae, and Lumbriculidae (Annelida: Oligochaeta) in the Nederlands: an evolution of twenty years of monitoring data. Hydrobiologia 520, 127-141.

10. Rieradevall, M., Prat, N. (1991): Benthic fauna of Banyoles Lake (NE Spain). Verh. Internat. Verein. Limnol. 24, 1020-1023.

11. Slepukhina, T.D. (1984): Comparison of different methods of water quality evaluation by means of oligochaetes. Hydrobiologia 115, 183-186.

12. Wilhm, J.L., Dorris, T.C. (1968): Biological parameters for water quality criteria. BioScience 18, 477-481.

AUTORI:

Doc. dr. sc. Zlatko Mihaljević,

Prof. dr. sc. Mladen Kerovec,

Doc. dr. sc. Ivančica Ternjej

Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, email: zmihalj@biol.pmf.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.15.

VAŽNOST TOČNOG ODREĐIVANJA PRIRODNIH KONCENTRACIJA TRAGOVA EKOTOKSIČNIH METALA U VODAMA RH

Marina Mlakar, Željko Kwokal

SAŽETAK: Republika Hrvatska bogata je vodama, kako količinom tako i kvalitetom. Svakoj afirmaciji, održivom iskorištavanju prirodnih voda i očuvanju bioraznolikosti u njima, mora prethoditi temeljito poznavanje sadržaja štetnih tvari pa tako i ekotoksičnih metala bez obzira na razine njihovih koncentracija. Dugogodišnjim mjerenjima odnosno praćenjem biogeokemijskog ciklusa tragova metala : žive (Hg), kadmija (Cd), olova (Pb), cinka (Zn), bakra (Cu), urana (U), možemo reći da je najveći dio prirodnih voda Republike Hrvatske (more, rijeke, estuariji, jezera, podzemne vode i izvori) čist. Pravni akti i norme koje reguliraju klasifikaciju prema kvaliteti, i zaštitu voda Republike Hrvatske, trebaju se temeljiti na stvarnom stanju voda bez povođenja za standardima zemalja Europske Unije, čije su vode uglavnom, opterećenije zagađivalima od voda Republike Hrvatske. To stvarno stanje može se odrediti jedino korištenjem točnih i pouzdanih metoda i tehnika za određivanje koncentracija tragova ekotoksičnih metala u čistim prirodnim vodama (piko- i nanomolarno područje koncentracija). Posebna pažnja posvećena je razradi metoda uzimanja uzoraka voda iz prirode kako bi se izbjegla artificijelna (uključujući antropogena) povećanja ili smanjenja koncentracija mjerenih tragova metala.

KLJUČNE RIJEČI: ekotoksički metali, vodni resursi, metode, Hrvatska, Europska unija

THE IMPORTANCE OF ACCURATE DETERMINATION OF NATURAL ECOTOXIC METAL CONCENTRATIONS IN WATERS OF THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY: The Republic of Croatia is very abundant with water resources, quantitavely as well as qualitatively. For the overall affirmation, sustainable development and biodiversity conservation of natural waters, it is crucial to have knowledge on the toxic materials and ecotoxic metals present in aquatic systems, regardless to their concentrations. From our long experience of trace ecotoxic metals monitoring and evaluation of their biogeochemical cycle: Mercury (Hg), Cadmium (Cd), Lead (Pb), Zinc (Zn), Copper (Cu), Uranium (U), etc., it can be concluded that overall aquatic resources of the Republic of Croatia (sea, estuaries rivers, lakes, springs and groundwater), are unpolluted. Legal Acts, Bylaws and Norms that regulate classification of water bodies on the quality and protection, should be based on the real state of waters without considering standards of the European Union's (EU). Waters in the EU are much more loaded due to the intensive industrial and traffic development. The real state can be estimated only by using highly accurate

methods and techniques for the trace ecotoxic metals determination in unpolluted, natural waters (pico- and nanomolar concentration levels). Special attention should be paid to the waters sampling process from the nature to avoid artificial (including anthropogenic) enhancements or diminishments of measured trace metals concentrations.

KEYWORDS: ecotoxic metals, water resources, methods, Croatia, European Union

UVOD

Tijekom vremena fizičkim, kemijskim i biološkim procesima u zemlji i stijenama metali dospijevaju u sve odjeljke prirode : atmosferu, litosferu i hidrosferu [1]. Tada se govori o njihovim prirodnim koncentracijama («background level»). Za svako karakteristično područje prirodna razina tragova metala je različita i važeća je za dotične biogeokemijske uvjete. S druge strane, različitim i brojnim ljudskim aktivnostima (rudnici, industrija, poljoprivreda, izgaranje fosilnih goriva, itd.) povećavaju se koncentracije tragova metala do daleko viših razina od prirodnih, kada mogu postati toksični za biotu odnosno čovjeka. Da li će koncentracije metala u nekom vodenom sustavu postati toksične ne ovisi samo o njihovim ukupnim koncentracijama, nego i o kemijskim oblicima (specijama) u kojima su biološki dostupni. Treba napomenuti da su vodeni sustavi daleko osjetljiviji od kopnenih na prisustvo ekotoksičnih metala, zbog većeg broja trofičkih razina u hranidbenom lancu. Procesima bioakumulacije i biomagnifikacije živi organizmi ugrađuju u sebe dovoljne količine metala da u jednom trenutku mogu postati, kao hrana, opasni za čovjeka. Ulaskom u ljudski organizam toksični metali se brzo oslobađaju iz krvi i specifično ugrađuju u vitalne organe, odnosno tkiva gdje onda oštećuju normalne funkcije biološkog sustava. Iako su neki metali esencijalni kao što su cink i bakar (organizmu potrebni za prirodne enzimatske reakcije), prisutni u povišenim koncentracijama također su toksični kao i oni koji nemaju biološku funkciju - ne-esencijalni metali: živa, kadmij, olovo, krom, uran.... Mjerenjem tragova ekotoksičnih metala mogu se predvidjeti i zagađenja ostalim tvarima jer su antropogena onečišćenja, uglavnom, smjese niza zagađivala (elemenata i spojeva).

Dozvoljene razine tragova ekotoksičnih metala u vodama Republike Hrvatske propisuju : Zakon o vodama (NN 107/95, 105/05), Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98), Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 182/04), Pravilnik o temeljnim zahtjevima za prirodne, mineralne, izvorske i stolne vode (NN 2/05) te Uredba o opasnim tvarima u vodama (NN 78/98).

Prihvaćene standardne metode (ISO) za određivanje tragova metala u vodama kao i norme za koncentracije različitih metala (npr. Cd, Pb, Hg) obuhvaćaju vrijednosti koje vrijede tek za drugu vrstu voda i koriste se metode i analitički postupci koji ne mjere koncetracije metala u prirodnim, nezagađenim vodama (vode prve vrste).

METODOLOGIJA

Analiza tragova metala (Zn, Cd, Pb, Cu i Hg) u raznim vrstama prirodnih voda započinje uzorkovanjem u kojem se izbjegava moguća kontaminacija uzorka (povećanje ili smanjenje koncentracije adsorpcijom). Racionalizirajući broj koraka pri postupku uzorkovanja na najmanju moguću mjeru, uzorak se uzima direktno u posudu-bocu u kojoj se drži do analize. To su prethodno pripremljene boce od polietilena visoke tvrdoće (HDPE) volumena od 1 L, odnosno, također posebno pripremljene boce od borosilikatnog stakla ili teflona od 1L uzorke vode u kojima se mjeri živa. Uzorkovanje se vrši ručno ukoliko se radi o površinskim vodama, odnosno ronjenjem ukoliko se uzorkuje vodeni stupac. Uzorci

vode za određivanje Zn, Cd, Pb i Cu, u cilju razlikovanja otopljenog od ukupnog oblika i njihovih količina filtriraju se s 0.45 μm membranskim (acetatnim) filterom pod tlakom. Zakiseljavaju se dodatkom vrlo čiste dušične kiseline (s.p. Merck, Darmstadt, Njemačka) do pH<2 te razaraju zračenjem UV svjetlom tijekom 24 sata. U tako pripremljenim uzorcima vode mjere se tragovi metala diferencijalnom pulsnom voltametrijom s anodnim otapanjem (DPASV), a prema metodi temeljenoj na normi DIN 38406E-16. Granica dokazivanja mjerenja («detection limit») je različita za pojedine metale : Cd ~1.0 ngL^{-1}, Pb ~2.0 ngL^{-1}, Cu ~5 ngL^{-1}, Zn ~10 ngL^{-1} [1, 8, 9]. Svi oblici žive prisutni u prirodi, određuju se metodom atomske apsorcijske spektrometrije hladnih para (CVAAS), s granicom dokazivanja mjerenja 0.005 ngL^{-1} za prirodne vodene uzorke. Za određivanje ukupne žive uzorak se zakiseljuje dušičnom kiselinom visoke čistoće (na živu) do pH ≈1 te razara UV zračenjem. Za ostale oblike (otopljena plinovita živa, reaktivna, ionska, metil i dimetil živa) uzorak se specifično obrađuje [4, 5].

Koncentracije metala određuju se prema prihvaćenim standardiziranim procedurama (ISO 8288:2001; ISO 5961:2001; ISO 11885:1996, ISO 17294-2:2004, itd.).

REZULTATI I RASPRAVA

U tablici 1 nalaze se podaci iz Uredbe o klasifikacije voda (NN 77/98) kojima se uređuju razine dozvoljenih koncentracija tragova ekotoksičnih metala u prirodnim vodama. Za akvatorij Republike Hrvatske posebno je važno ograničenje razine tragova ekotoksičnih metala u prvoj vrsti voda, koja obuhvaća podzemne i površinske vode koje se u svom prirodnom stanju ili nakon dezinfekcije mogu koristiti za piće ili u prehrambenoj industriji te površinske vode koje se mogu koristiti za uzgoj plemenitih vrsta riba. Isto vrijedi i za vode druge vrste koje se u prirodnom stanju mogu koristiti za kupanje i rekreaciju, za sportove na vodi, za uzgoj drugih vrsta riba (ciprinidi) ili koje se nakon odgovarajućeg pročišćavanja mogu koristiti za piće i druge namjene u industriji. U tablicama 2 i 3 prikazani su primjeri prosječnih koncentracija tragova metala (veliki dio Jadranskog mora, jezero u čistoj prirodi, dvije rijeke) izabranih jer su se u okvirima tih akvatorija mjerili tragovi metala i prije dvadesetak godina. U tablici 2 prikazani su rezultati količina ekotoksičnih metala otvorenih voda srednjeg i južnog Jadrana dobivenih u okviru znanstveno-interinstitutskog krstarenja istraživačkim brodom «Andrija Mohorovičić» u listopadu 1985. Uzorci su uzimani na četiri transekta s dvanaest postaja: Žirje-Pescara, Vis-Monte Gargano, Dubrovnik-Bari, Fano-Otranto. Uzorci su mjereni odmah u laboratoriju na brodu [3]. U nedostatku plovila takvih maritimnih sposobnosti i visokog stupnja autonomnosti plovidbe, 2003. izvršena su uzorkovanja na šest postaja u vanjskim vodama otoka (prema otvorenom moru) srednjeg i južnog Jadrana: Visa, Hvara, Sušca, Lastova i Korčule. Mjerenja su provedena naknadno u laboratoriju. Za usporedbu sa starim i recentnim mjerenjima, u istoj tablici uvrštene su koncentracije ekotoksičnih metala Baltičkog mora, koje je boćato i ekološki jedinstveno kao jedno od najvećih takvih vodenih ekosustava na Zemlji [10]. Stoga je u okviru Helsinške Konvencije 1992. Baltičko more proglašeno posebno zaštićenim morskim područjem od strane Helsinške komisije (HELCOM). Bez obzira što raspored i površine Jadranskog mora koje obuhvaćaju postaje iz 1985. i 2003. nisu iste (postaje iz 1985. su smještene na otvorenom moru, a one iz 2003. bliže otocima), dobiveni rezultati su slični (tablica 2). Ova nepromjenjenost kroz duži vremenski period posebno je zanimljiva jer je Jadran zatvoreno more sve više opterećeno zagađenjem (turizam, promet, itd.). Činjenica da su metode za mjerenje ekotoksičnih metala bile razvijene i prije nekoliko desetljeća te da se sve promjene u jadranskom akvatoriju mogu točno i, ako hoćemo, na vrijeme utvrditi, ima posebnu važnost u smislu zaštite Jadrana ne samo za Republiku Hrvatsku, nego i za ostale zemlje na njegovim obalama.

Tablica 1: Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98)

Tragovi metala	I vrsta	II vrsta	III vrsta	IV vrsta	V vrsta
Zn , μg/L	<50	50-80	80-100	100-200	>200
Cd , μg/L	<0.1	0.1-0.5	0.5-2	2-5	>5
Pb , μg/L	<0.1	0.1-2	2-5	5-80	>80
Cu , μg/L	<2	2-10	10-15	15-20	>20
Hg, μg/L	<0.005	0.005-0.02	0.02-0.10	0.10-1	>1

Tablica 2: Usporedba prosječnih koncentracija tragova metala u površinskim vodama mora srednjeg i južnog Jadrana (1985.-2003.) i Baltičkog mora (μg L^{-1})

Metal	Vode otvorenog mora srednjeg i južnog Jadrana I.B. «Andrija Mohorovičić» (listopad 1985.)[3]	Vanjske vode otoka srednje i južne Dalmacije (veljača 2003.)	Baltičko more (2005.)[10]
Zn	0,092 (<0,030-0,168)	0,140 (0,060-0,210)	0,60-1,00
Cd	0,002 (<0,002-0,005)	0,002 (<0,001-0,005)	0,012-0,016
Pb	0,028 (0,013-0,050)	0,022 (0,010-0,040)	0,012-0,020
Cu	0,083 (<0,006-0,181)	0,218 (0,150-0,290)	0,500-0,700
Hg	0,0002 (0,0001-0,0005)	0,0006 (0,0005-0,0008)	0,005-0,006

U tablici 3 prikazani su rezultati (srednje vrijednosti dvaju mjerenja) sadržaja tragova metala iz slatkih voda Republike Hrvatske: jezero Kozjak (Plitvička jezera) te dvije rijeke sliva rijeke Kupe: Mrežnica i Korana [2, 11]. Također za usporedbu prikazani su i rezultati-rasponi koncentracija tragova metala u nezagađenim površinskim slatkim vodama Republike Njemačke [7]. Ne postoji puno podataka o prisustvu štetnih, toksičnih tvari u vodama europskih jezera pa tako ni ekotoksičnih metala. Izuzetak su jezera nordijskih zemalja gdje postoji razlika u onima na sjeveru i onih na jugu tih zemalja. Tako je granica koncentracija olova u sjevernim jezerima oko 0,300 μg L^{-1}, a u južnim između 1,00 i 10,00 μg L^{-1}. U sličnim granicama, a prema svojim udjelima u međusobnim odnosima, pojavljuju se drugi metali [6]. Jezero Kozjak kao i ostale vode Plitvičkih jezera pokazuju ne samo karakterističnu čistoću, nego i njenu konstantnost tijekom četvrtine stoljeća. To govori o očuvanju prirodnog okoliša tog dijela Hrvatske kroz sretnu kombinaciju prirodnih karakteristika i uklanjanja antropogenog utjecaja. Izvjesna razlika se može uočiti u slučaju rijeka Korane i Mrežnice što pripisujemo mjestu uzorkovanja. Naime 2006. uzorci su uzimani u gradu Karlovcu, a 1981. na mjestima desetak kilometara od urbane sredine. No, bez obzira na to, u jednom i drugom slučaju (podacima iz 1981. i 2006.) radi se o vodama prve vrste s obzirom na ekotoksične metale s izrazito niskim koncentracijama.

Važno za sve opisane akvatorije (more, rijeke i jezera) je smanjenje koncentracija olova zbog smanjenja korištenja benzina s tetraalkilolovom zamjenom s bezolovnim. Svaka tehnologijska promjena velikih razmjera odražava se i na prirodu, a u ovom slučaju na

biogeokemijski ciklus olova. Ovakav trend količina olova sada prisutnog u prirodnim vodama registriran je korištenjem metoda koje mogu detektirati kako njegove niske koncentracije uz mogućnost određivanja i njegovih kemijskih oblika.

Tablica 3: Usporedba prosječnih koncentracija tragova metala u nekim slatkim vodama Republike Hrvatske i Republike Njemačke (μg L^{-1})

Mjesto i datum uzorkovanja	Zn	Cd	Pb	Cu
Jezero Kozjak, NP Plitvička jezera (listopad 1981.)[2]	0,200	0.001	0,080	0,120
Jezero Kozjak, NP Plitvička jezera (svibanj 2006.)[11]	0,227	0,001	0,006	0,126
Rijeka Korana - Logorišće (listopad 1981.)[2]	0,178	0,009	0,165	0,155
Rijeka Korana - Gaza (listopad 2006.)	0,860	0,006	0,038	0,264
Rijeka Mrežnica - Zvečaj (listopad 1981.)[2]	0,246	0,001	0,060	0,010
Rijeka Mrežnica - Mostanje (listopad 2006.)	0,520	0,003	0,036	0,306
NJEMAČKA nezagađene površinske vode («background level» - 2003.)[6]	1,80-7,00	0.009-0,036	0,40-1,70	0,50-2,00

ZAKLJUČCI

Razvojem, usavršavanjem i primjenom metoda i tehnika kojima se mogu točno mjeriti stvarne-prirodne koncentracije (ponekad i ekstremno niske vrijednosti) tragova ekotoksičnih metala u slanim, boćatim i slatkim vodama Republike Hrvatske slijedi da se:

- afirmira visoka kakvoća voda Republike Hrvatske u usporedbi s vodama zemalja Europske Unije;
- prati sadržaj i biogeokemijski ciklus tragova ekotoksičnih metala i njihovih oblika u prirodnim koncentracijama kako bi se utvrdile razlike između njihovih prirodno prisutnih oblika i onih prisutnih zbog utjecaja antropogenih faktora, što su temelji legislative koja bi trebala regulirati zaštitu voda Republike Hrvatske.

LITERATURA

1. Branica M., Tragovi metala u prirodnim vodama, (2001) Kem. Ind. 50 (9).
2. Centar za istraživanje mora Zagreb (1983), Izvještaj: «Određivanje specifičnih parametara za procjenu podobnosti voda iz susjednih slivova za opskrbu vodom područja pod utjecajem NE-Krško, Institut «Ruđer Bošković» Zagreb

3. Kwokal, Ž., Peharec Ž., Branica, M. (1986) Izvještaj i rezultati istraživanja Jadranskog mora, «Andrija Mohorovičić», HIRM, Split.

4. Kwokal, Ž., May, K., Branica, M. (1994) «On spot» collection on reactive mercury onto gold wire from aquatic environment. Sci. Total Environ. 154, 63.

5. Kwokal, Ž., Branica, M. (2005) Određivanje raznih oblika žive u prirodnim uzorcima, XIX hrvatski skup kemičara i kemijskih inžinjera, Opatija, sur.: Vladimir Rapaić, Marko Rogošić, Zagreb, Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa; Hrvatsko kemijsko društvo, 2005.

6. Klein, W. (1999) Revised Proposal for List of Priority Substances in the Context of the Water Framework Directive (COMMPS Procedure). Final Report. Declaration ref.: 98/788/3040/DEB/E1.

7. Nixon, S., Trent, Z., Marcuello, C., Lallana, C. 2003. Europes Water : An Indicator-Based Assessment, European Environment Agency, http://www.eea.eu.int.

8. Omanović, D., Peharec, Ž., Pižeta, I., Burg, G., Branica, M. (1997) The New Mercury Drop Electrode for Trace Metal Analysis, Anal. Chim. Acta, 339 147.

9. Omanović, D., Peharec, Ž., Branica, M. (1999) Voltametrijsko određivanje tragova metala u prirodnim vodama, 2. Hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik,. Zbornik radova, urednik D. Gereš, Zagreb, Hrvatske vode 1999..

10. Pohl, C., Hennings, U. 2005. Heavy Metals in Water, HELCOM, http:/www.helcom.fi/environment2/ifs/en_GB/cover/.

11. Zavod za istraživanje mora i okoliša, (2006) Završno izvješće Projekt «Ekotoksični metali u vodenim organizmima Nacionalnog parka Plitvička jezera», vod. D. Omanović, Institut»Ruđer Bošković», Zagreb.

AUTORI:

Marina Mlakar, dr.sc., mlakar@irb.hr i

Željko Kwokal, kwokal@irb.hr

Zavod za istraživanje mora i okoliša, tel. 4561 194, Institut Ruđer Bošković,
Bijenička c. 54, Zagreb

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.16.

UVOĐENJE NOVOG SUSTAVA PRIKUPLJANJA PODATAKA S UDALJENIH HIDROLOŠKIH STANICA U DHMZ-U

Nataša Nimac, Borivoj Terek

SAŽETAK: Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) pokrenuo je tijekom 2006. godine aktivnosti u cilju modernizacije sustava prikupljanja podataka s udaljenih hidroloških stanica. S obzirom da mrežu hidroloških stanica (kako površinskih tako i podzemnih voda) sačinjava više stotina stanica, očekuje se da će se aktivnosti implementacije novog sustava protegnuti kroz nekoliko slijedećih godina. Uvidom u stanje podataka na hidrološkim stanicama, u realnom vremenu, moći će se bolje pratiti rad pojedinih stanica, te kvalitetnije planirati aktivnosti koje se na pojedinim stanicama moraju provesti. Uvođenjem u rad novog sustava rada kontrola podataka mjerenja će biti učinkovitija, podaci mjerenja će biti kvalitetniji, a značajno će se skratiti i vrijeme naknadne obrade podataka. Pored toga, podaci prikupljeni u realnom vremenu, moći će biti na dispoziciji svim zainteresiranim stranama primjenom internetskih alata.

U radu je, nakon uvodnog opisa stanja opreme i trenutačnog načina rada u postojećoj hidrološkoj mreži, dan konceptualni prikaz novog načina prikupljanja podataka s opisom primjenjene mjerne opreme i prateće programske podrške, te načini prijenosa podataka.

KLJUČNE RIJEČI: hidrološka mreža, daljinska dojava, mjerna oprema, prijenos podataka

IMPLEMENTATION OF THE REMOTE DATA AQUISITION SYSTEM IN DHMZ

SUMMARY: During the year 2006 DHMZ has started to upgrade its hydrological data acquisition system. Since the hydrological network (both surface and groundwater) consists of several hundred stations, it is expected that these activities will extend to several years. Real time data acquisition system enables both better station monitoring as well as more effective planning of field activities. Up-to-date acquisition system enables more efficient audit of the data, data quality enhancement as well as post-processing time cut off. With the aid of internet tools, the real time data is at disposal to all interested parties.

The paper reports the present state of hydrological network data collection, accounts an overview of the new remote data acquisition system concept, new mesuring equipment and software description, and presents the used remote data transmission methods.

KEYWORDS: hydrological network, remote data acquisition system, measuring equipment, remote data transmission

UVOD

Razvojem elektroničke, informatičke i komunikacijske opreme, u zadnjih su desetak godina postupci mjerenja razine površinskih i podzemnih voda znatno unaprijeđeni. Za razliku od analognih instrumenata, koji su doskora bili praktički jedina opcija u smislu mjerenja razine vode, nova, elektronička mjerna oprema pruža mogućnost zapisa podataka mjerenja u znatno fleksibilnijem digitalnom obliku. Digitalni zapis podataka mjerenja omogućava znatno jednostavniju pohranu velikog broja podataka mjerenja u memoriji instrumenta ili računala, njihovu učinkovitiju kontrolu, te lakšu naknadnu obradu. U kombinaciji s telekomunikacijskim sustavima suvremena digitalna oprema omogućava izravan dohvat i/ili prihvat podataka mjerenja s udaljenih stanica u realnom ili gotovo realnom vremenu, uključivo s realizacijom mjerenja na udaljenim stanicama na izravan zahtjev.

Kako bi unaprijedio kvalitetu svojih podataka u segmentu mjerenja razine, Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) je tijekom 2006. godine pokrenuo aktivnosti u cilju modernizacije sustava prikupljanja podataka s udaljenih hidroloških stanica. S obzirom da mrežu hidroloških stanica (kako površinskih tako i podzemnih voda) sačinjava više stotina stanica, očekuje se da će se implementacija novog sustava protegnuti kroz nekoliko slijedećih godina. U ovom radu prikazane su osnove aktivnosti u sklopu ovog procesa koji je u tijeku. Nakon uvodnog prikaza trenutačnog stanja opreme i načina rada u postojećoj hidrološkoj mreži, u radu se daje konceptualni prikaz novog načina rada, mjerne opreme i prateće programske podrške, te način prijenosa podataka s udaljenih stanica.

POSTOJEĆE STANJE

Podaci mjerenja razine vode (vodostaja) pohranjuju se u DHMZ-u, zajedno s rezultatima drugih terenskih mjerenja, u bazu hidroloških podataka HIS 2000. Vrijednosti vodostaja mjere se pritom na nekoliko osnovnih načina:

a) izravno, očitavanjem na mjernoj letvi

b) izravno, mjerenjem vertikalnog pomaka plovka u mjernom zdencu

c) posredno, mjerenjem tlaka visine vodenog stupca

Znajući da mjerne letve predstavljaju čvrstu geodetsku izmjeru, očitanje vodostaja na mjernoj letvi predstavlja temeljnu referencu za svako mjerenje razine. Iz tog razloga se mjerne letve uvijek moraju nalaziti na svakoj hidrološkoj stanici. Njihovo postavljanje je vrlo jednostavno i jeftino, ali se one u praksi mogu pokazati vrlo skupim "instrumentom" budući da očitanje vodostaja vrši čovjek. U hidrološkoj mreži u Hrvatskoj još uvijek postoji oko 15% posto stanica na kojima su postavljene samo mjerne letve. Očito je da treba težiti ubrzanoj modernizaciji takvih stanica postavljajući na njih opremu s mogućnošću zapisa podataka mjerenja, bez potrebe za neposrednom intervencijom čovjeka.

Za određivanje vodostaja mjerenjem vertikalnog pomaka plovka u zdencu u DHMZ-u se upotrebljava više različitih tipova instrumenata. Prvu skupinu čine mehanički instrumenti tipa Seba-Delta i Cetina sa analognim zapisom podataka mjerenja na papiru. U drugu skupinu ulaze elektronički instrumenti starije generacije s digitalnim zapisom podataka, tipa HMV. Iako kod HMV instrumenata postoji zapis podataka u elektroničkom obliku, sam instrument je koncipiran kao relativno zatvoren sustav i kao takav nije pogodan za uključivanje u neki automatizirani mjerni sustav. Ova skupina instrumenata broji oko 50 % ukupnog broja svih instrumenata u mreži.

Od instrumenata koji razinu mjere na principu razlike tlaka, a koji se još uvijek široko

susreću u praksi, treba najprije navesti pneumo-mehanički instrument Seba-Omega s analognim zapisom podataka na papiru (zastupljenost oko 10%), a potom i elektronski instrument HMV-TS (zastupljenost oko 3%). Potonji instrument generacijski pripada ranije opisanom HMV instrumentu, pa s njim dijeli i iste tehničke probleme. Oba navedena instrumenta razinu vode mjere posredno mjereći razliku tlaka stupca tekućine u odnosu na atmosferski tlak zraka.

Iako gore opisani instrumenti imaju i neke svoje prednosti - posebno se to odnosi na mehaničke i pneumo-mehaničke instrumente s analognim zapisom podataka na papiru, koji su se pokazali pouzdanim u radu kroz period od nekoliko desetaka godina - došlo je vrijeme kada ih treba zamijeniti tehnološki naprednijom opremom. Više razloga govori tome u prilog: Operativni troškovi održavanja ovakvih (oldtimer) instrumenata su relativno visoki jer oni zahtijevaju učestalo održavanje, a najčešće i dodatne motritelje. Da bi se podaci zapisani na papiru mogli obraditi na odgovarajući način oni se moraju digitalizirati, pa i to predstavlja dodatni trošak. Zbog mehaničkih pogrešaka u radu instrumenta podaci se moraju pažljivo kontrolirati što rezultira dodatnim troškom iskazanim kroz dodatno utrošeno vrijeme obrade. Konačno, podaci zapisani na papiru imaju preveliki vremenski pomak od trenutka svog nastanka (zapisa) do trenutka kad ih korisnik dobije na raspolaganje. Posljednji navedeni nedostatak u današnje vrijeme postaje sve kritičniji, jer se svakim danom, sve više, javlja potreba za podacima u realnom vremenu.

SUSTAV PRIHVATA PODATAKA

U cilju realizacije prihvata podataka s udaljenih stanica najprije se trebaju definirati tehnički kriteriji kojima sustav mora udovoljavati - kako u dijelu koji se odnosi na mjernu opremu, tako i u dijelu koji se odnosi na rukovanje podacima.

Ovakav projekt može se praktično provesti samo istovremenom realizacijom više parcijalnih aktivnosti čiji sinergijski učin potom dosiže krajnji, željeni cilj. U slučaju razvoja sustava za prihvat podataka mjerenja s udaljenih stanica jasno se mogu razlikovati tri glavne aktivnosti neophodne za realizaciju projekta. Prva aktivnost je vezana uz odabir vrste instrumenata koji će se instalirati na udaljenim stanicama, kao i na njihovu neposrednu instalaciju. Druga aktivnost obuhvaća instalaciju opreme za nadzor rada sustava, a to znači odgovarajućeg serverskog računala s pratećom programskom podrškom. Treću, završnu, aktivnost predstavljaju sve aktivnosti rukovanja podacima - uključivo nadzor i kontrolu podataka, sustavno backup-iranje podataka, uređivanje podataka s naknadnim arhiviranjem, te prikaz podataka na odgovarajućim mrežnim servisima (intranet/internet), Valja primjetiti da se niti jedna od ovih aktivnosti ne može voditi samostalno ili odvojeno od preostale dvije. One se međusobno isprepliću i nadopunjavaju, a rezultat svake pojedine aktivnosti mora biti kompatibilan s rezultatima preostalih dviju.

Prilikom odabira vrste instrumenata postavljeni su određeni kriteriji. Najvažniji kriteriji nalažu da instrumenti moraju:

- Udovoljiti tehničkim zahtjevima mjerenja
- Imati mogućnost ugradnje na postojeće stanice
- Biti upravljivi i kontrolabilni putem programskih alata za daljinski prijenos podataka
- Imati podršku proizvođača tijekom eksploatacije
- Biti izrađeni u skladu s WMO / ISO standardima

Odluku o tome kakve instrumente odabrati ne može se (zbog gore navedenog uvjeta

kompatibilnosti) donijeti bez definiranja zahtjeva koje mora ispuniti programski paket za podršku sustava u cjelini. Takav paket mora omogućiti:

- Automatski prijenos podataka od stanice do servera
- Individualno parametriranje i upravljanje radom radom instrumenta
- Automatsko i programabilno postavljanje upozorenja
- Mogućnost čuvanja (backup) originalnih podataka mjerenja
- LAN /intranet/internet pristup serverskom računalu

Uvažavajući ovako postavljene kriterije zaključeno je da je oprema njemačke tvrtke OTT Messtechnik GmbH primjerena potrebama DHMZ-a. Hidrološke stanice opremit će se OTT instrumentima (Thalimedes, Nimbus, Kalesto, PS1), dok će prateća programska podrška sustavu biti programski paket OTT Hydras 3 Pro (H3P).

MJERNA OPREMA

Odabrani tipovi instrumenata omogućavaju izravno ili posredno mjerenje razine - ovisno o uvjetima koji se zatiču na nekoj konkretnoj lokaciji. Izravno mjerenje ostvaruje se primjenom instrumenata Thalimedes i Kalesto, dok se posredna mjerenja ostvaruju primjenom instrumenata Nimbus i tlačne sonde PS1, vidi sliku 1.

U trenutku pripreme ovog rada novi instrumenti postavljeni su na ukupno sedamnaest hidroloških stanica, vidi tablicu 1. Za sada nije instalirana niti jedna tlačna sonda PS1.

Tablica 1.: Lista postojećih stanica u sustavu daljinske dojave

Naziv stanice	Vodotok	Oznaka	Datum ugradnje	Instrument
Lepoglava	Bednja	5140	28.07.2006.	Thalimedes
Željeznica	Bednja	5075	28.07.2006.	Thalimedes
Donji Hrašćan	Trnava	5154	28.07.2006.	Thalimedes
Farkašić	Kupa	4010	11.10.2006.	Nimbus
Zagreb	Vrapčak	3125	13.10.2006.	Thalimedes
Stubičke Toplice	Toplica	3375	23.10.2006.	Nimbus
Ludbreg	Bednja	5089	24.10.2006.	Nimbus
Dubica	Una	3026	25.10.2006.	Nimbus
Novo Virje skela	Drava	5098	30.10.2006.	Nimbus
Dubrava	Štefanovec	3312	30.10.2006.	Thalimedes
Kutina	Kutina	3158	31.10.2006.	Thalimedes
Veliko Vukovje	Ilova	3115	31.10.2006.	Thalimedes
Zabok	Krapinčica	3175	06.11.2006.	Thalimedes
Bračak	Krapina	3387	06.11.2006.	Thalimedes
Samobor	Gradna	3194	07.11.2006.	Thalimedes
Goričan	Mura	5035	18.01.2007.	Kalesto
Bregana remont	Bregana	3012	30.01.2007.	Thalimedes

Kad god je to fizički moguće novi se instrument ugrađuje u hidrološku kućicu zajedno sa postojećim instrumentom. Stari instrument u tom slučaju predstavlja redundantni instrument.

Zajednička instalacija se najjednostavnije izvodi prilikom ugradnje Thalimedesa, koji se u tom slučaju može smatrati analogno-digitalnim konverterom za pretvorbu analognog signala vertikalnog pomaka plovka u digitalni podatak. U slučaju ugradnje Nimbusa stari se instrument najčešće demontira, budući da je na stanici nepraktično imati dva nezavisna tlačna voda.

Kao izvor napajanja na većini je stanica instaliran solarni panel Helios H 750 nominalne snage 75 W koji omogućava napajanje instrumenta i prateće opreme. Stanica je redovno opskrbljena s Helios BAT 40 HL gel-akumulatorom nominalnog kapaciteta 46 Ah, napona 12 V. Radom sustava za napajanje upravlja regulator napajanja Helios Bravo 15 C. Na dvije stanice, gdje zbog njihova položaja nije bilo moguće postaviti solarni panel, kao izvor napajanja postavljeni su samostojeći akumulatori kapaciteta 40 Ah koji se mijenjaju po potrebi. Na svim stanicama ugrađen je Audiotel GSM-GPRS komunikacijski modem. Veza između modema i instrumenta ostvaruje se standardnom serijskom RS232 vezom s internom brzinom od 19200 bit/s. Modemi su aktivirani u GSM načinu rada s brzinom prijenosa od 9600 bit/s. Postoji mogućnost njihove aktivacije i u GPRS načinu rada.

Podaci mjerenja pohranjuju se u internu memoriju instrumenta u ritmu primjerenom svakoj pojedinoj stanici (15 min, 0 h, 1h). Uz instrument Kalesto, koji nema svoju internu memoriju, u tu je svrhu na stanici instaliran Data Loger OTT LogoSens (koji ondje ujedno upravlja i radom samog instrumenta). Na poziv modema na strani servera, podaci se prebacuju na server, bez brisanja podataka u memoriji instrumenta. Ritam prozivanja udaljenih stanica je u pravilu svaka 4 sata, ali on, po potrebi, može biti i kraći.

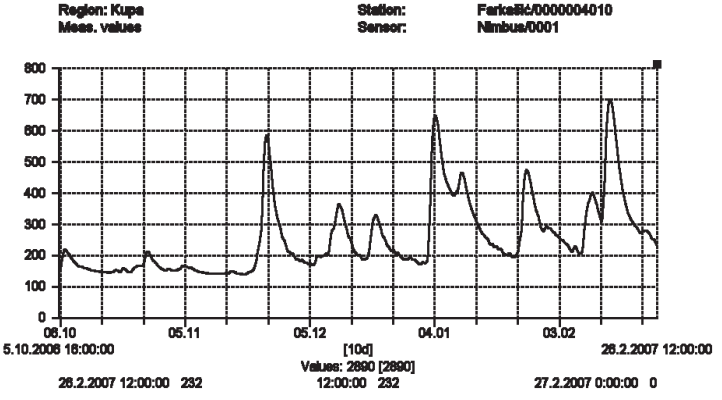
PROGRAMSKA PODRŠKA

Sustavom prihvata podataka s udaljenih stanica upravlja serverski programski paket H3P koji je u tu svrhu instaliran na serverskom računalu. H3P je, u suštini, baza podataka vodostaja otvorena za istovremeni pristup više korisnika. Pored prikupljanja podataka s udaljenih stanica, koji se automatski dodatno pohranjuju (backup), program omogućava daljinsko parametriranje pojedinih instrumenata, prikaz podataka mjerenja u grafičkom i numeričkom obliku, grafičko editiranje podataka, eksportiranje podataka prema drugim programima, te neke osnovne statističke analize. Program posjeduje mogućnost postavljanja automatskih vremenskih rutina (job management) i/ili upozorenja (alarm management). Upozorenja se mogu postaviti za svaku stanicu posebno, a mogu se slati zainteresiranim stranama putem e-mail ili SMS poruka. H3P ima interni programski jezik (script language) namijenjen izradi specifičnih procedura, posjeduje mogućnost razmjene podataka s programima namijenjenim za GIS kao i mogućnost pripreme podataka za Web servere.

Budući se H3P pokazuje jakim i sofisticiranim alatom za preliminarnu obradu podataka, to se njime mogu obrađivati podaci mjerenja sa svih hidroloških stanica, ne nužno samo sa onih na kojima je postavljena oprema za daljinski prihvat podataka. H3P postaje time centralno mjesto za prikupljanje i obradu podataka mjerenja vodostaja, centralna baza podataka vodostaja. Preliminarno obrađeni podaci vodostaja programom H3P proslijeđuju se dalje na konačnu obradu i arhiviranje u bazu hidroloških podataka HIS 2000.

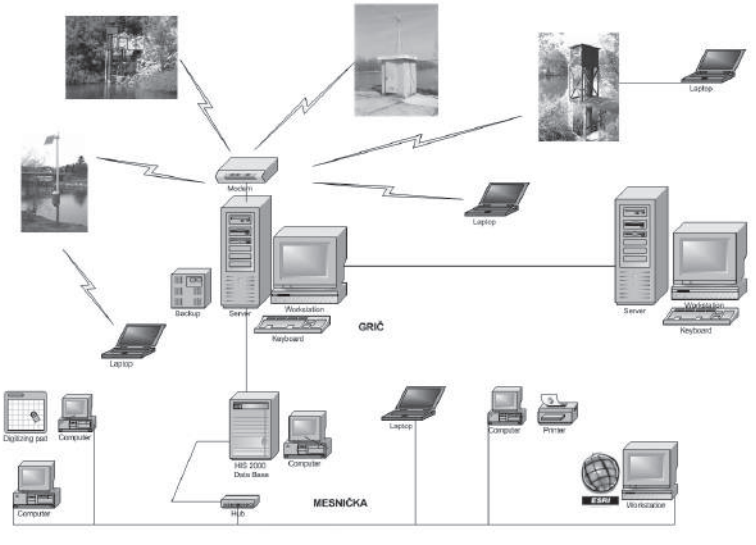
KONFIGURACIJA SUSTAVA

Cjelokupnim sustavom prikupljanja podataka mjerenja vodostaja s udaljenih stanica



Slika 2. H3P aplikacija - prikaz radnog prozora

upravlja programski paket H3P. Ovaj program instaliran je na centralnom serverskom računalu, slika 3.



Slika 3. Konfiguracija sustava

Prozivanjem pojedinih stanica sirovi podaci mjerenja vodostaja s udaljenih stanica dolaze na serversko računalo. Njima se, u svrhu kontrole i uređivanja, pristupa putem LAN mreže. Pregledani i uređeni podaci proslijeđuju se na daljnju obradu prema HIS 2000 bazi podataka odnosno prema Web serverima i dalje na Internet. Ovako koncipiran sustav omogućava razmjenu podataka ne samo unutar DHMZ-a, nego i općenito. U tom smislu DHMZ je otvoren za razmjenu sirovih podataka mjerenja s drugim ustanovama koje imaju neki oblik monitoringa voda, a koje su zainteresirane za razmjenu podataka u realnom ili gotovo realnom vremenu.

ZAKLJUČAK

Tijekom 2006. godine DHMZ je pokrenuo modernizaciju sustava prikupljanja podataka s udaljenih hidroloških stanica. Uvidom u stanje podataka u realnom vremenu moći će se bolje pratiti rad pojedinih stanica, te kvalitetnije planirati aktivnosti koje se na pojedinim stanicama moraju provesti. Uvođenjem u rad novog sustava rada kontrola podataka mjerenja će biti učinkovitija, podaci mjerenja će biti kvalitetniji, a značajno će se skratiti i vrijeme naknadne obrade podataka. Podaci prikupljeni u realnom vremenu moći će biti na dispoziciji svim zainteresiranim stranama primjenom internetskih alata.

Očekuje se da će tijekom slijedećih pet godina nova oprema biti postavljena na dvjestotinjak stanica u ritmu kako to budu dozvoljavale tehničke i materijalne mogućnosti.

Autori:

Nataša Nimac

Državni hidrometeorološki zavod,

Grič 3, 10000 Zagreb .tel: +38514882880, fax: +38514882886,

e-mail: *nimac@cirus.dhz.hr*

Borivoj Terek

Državni hidrometeorološki zavod,

Grič 3, 10000 Zagreb, tel: +38514882663, fax: +38514882886

e-mail: *terek@cirus.dhz.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.17.

IZMJENA VODE U STRATIFICIRANOM ESTUARIJU ZRMANJE

Goran Olujić, Hrvoje Mihanović, Marina Carić, Zvonko Gržetić

SAŽETAK: U ovom radu prikazana je metoda izračuna izmjene vode u estuariju Zrmanje. Metoda se temelji na prilagođenom Knudsenovom hidrografskom teoremu. Na osnovi bilance soli i vode izračunato je vrijeme izmjene vode (t_f) koje je definirano kao vrijeme potrebno da se volumen vode (V) u estuariju zamijeni novom svježom vodom koja "nastaje" dotokom rijeke (R). Iz protoka i vrijednosti saliniteta za estuarij Zrmanje, uz korištenje LOICZ modela (Land-Ocean Interactions in the Coastal zone), izračunat je protok vode između postaja (bilanca vode) i količina soli koja prolazi kroz estuarij Zrmanje (bilanca soli). U izračunu modela korišteni su dubina halokline, te srednje vrijednosti saliniteta iznad i ispod halokline. Izmjena vode u estuariju Zrmanje od postaje Z4a do postaje Z1 najkraća je u proljetnom periodu (oko 1.5 dana) a najduža u ljetnom razdoblju (oko 8.6 dana). U jesenskom i zimskom razdoblju vrijeme potrebno za izmjenu vode iznosi oko 3 dana.

KLJUČNE RIJEČI: estuarij Zrmanje, Knudsenov teorem, vrijeme izmjene vode, LOICZ model, haloklina, salinitet.

EXCHANGE OF WATER IN THE STRATIFIED ZRMANJA ESTUARY

SUMMARY: The paper presents the estimation of flushing time in the Zrmanja estuary. The method used is based on adapted Knudsen's hydrographic theorem. Flushing time (t_f) is defined as the time needed to replace the volume of the estuary (V) with new fresh water coming from the river flow (R). It was calculated by using the salt balance and water balance in the estuary. Water balance between stations and salt balance in the Zrmanja estuary were computed from the river flow and measured salinity profiles in the Zrmanja estuary. The LOICZ model was applied (Land-Ocean Interactions in the Coastal zone) and the computation included the determination of halocline depth at the stations together with average values of salinity above and below the halocline. The shortest flushing time in the Zrmanja estuary was determined during spring season (around 1.5 days) whilst the longest flushing time was computed for summer season (about 8.6 days). The time needed to exchange the water in the estuary during autumn and winter was about 3 days.

KEYWORDS: Zrmanja estuary, Knudsen's theorem, flushing time, LOICZ model, halocline, salinity.

1. UVOD

Vrijeme izmjene vode (eng. flushing time) u estuariju rijeke Zrmanje (slika 1) procijenjeno je korištenjem Knudsenovog hidrografskog teorema [1], poznavajući protok rijeke Zrmanje te izračunom srednjih vrijednosti salinititeta ispod i iznad halokline. Obala rijeke Zrmanje od Jankovića buka do postaje Z1 je digitalizirana te su proračunati podaci o širini i duljini estuarija između pojedinih postaja (tablica 1. i slika 1). Korištenjem tih podataka i primjenom LOICZ modela [2 i 6] određeno je vrijeme izmjene vode između postaja. Budući da je procjena vremena izmjene vode po Knudsenovom teoremu aproksimativna metoda koja uzima u obzir samo protok rijeke na izvoru i salinitet na ušću rijeke, izračun vremena izmjene vode rađen je između svih postaja mjerenja, čime je smanjena pogreška proračuna. Zbrajanjem vremena izmjene vode između postaja određeno je vrijeme izmjene vode za cjelokupni estuarij Zrmanje od Jankovića buka do postaje Z1.

Tablica 1.: Protok rijeke Zrmanje kod Jankovića buka te podaci o širini i duljini estuarija Zrmanje od Jankovića buka do postaje Z1. Navedeni su termini mjerenja protoka rijeke i termohalinih svojstava.

bazen	index	datum	R (m^3s^{-1})	dubina (m)	duljina (m)	širina(m)	V (m^3)
Jank. buk-Z4a	4						
Z4a-Z4	3						
Z4-Z2	2						
Z2-Z1	1	ožujak 2003.	16.60				
Jank. buk-Z4a	4						
Z4a-Z4	3						
Z4-Z2	2	srpanj					
Z2-Z1	1	2000.	1.68				
Jank. buk-Z4a	4						
Z4a-Z4	3						
Z4-Z2	2						
Z2-Z1	1	listopad 2000.	7.88				
Jank. buk-Z4a	4			5.7	70	52.8	10534
Z4a-Z4	3			4.8	3600	55.7	481248
Z4-Z2	2			5.6	8400	95.1	2236752
Z2-Z1	1	prosinac 2000.	10.60	4.3	2600	156.9	877071

2. PODACI I METODE

U ovom radu korišteni su podaci saliniteta mjereni na 5 postaja (N1, Z1, Z2, Z4 i Z4a) u estuariju rijeke Zrmanje (slika 1). Salinitet je mjeren od površine do dna svakih 10 cm kroz četiri godišnja doba (CTD sonda Seabird 9), pri različitim protocima rijeke Zrmanje (tablica 1).

Korištenjem LOICZ modela (Land-Ocean Interactions in the Coastal zone), iz protoka rijeke Zrmanje kod Jankovića buka (tablica 1) i vrijednosti saliniteta za estuarij Zrmanje u sezonama navedenima u tablici izračunati su sljedeći parametri:

- protok vode između postaja (bilanca vode),
- količina soli koja prolazi kroz estuarij Zrmanje (bilanca soli),

- vrijeme izmjene vode (eng. flushing time) za estuarij Zrmanje.

Model se temelji na očuvanju mase vode (M) u sustavu:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{dQ}{dt} = 0, \tag{1}$$

gdje je Q protok vode (m^3s^{-1}) u sustavu. Jednadžba (1) ne uključuje unutarnji ulaz ili izlaz vode, te vrijedi:

$$0 = \sum ulaz - \sum izlaz. \tag{2}$$

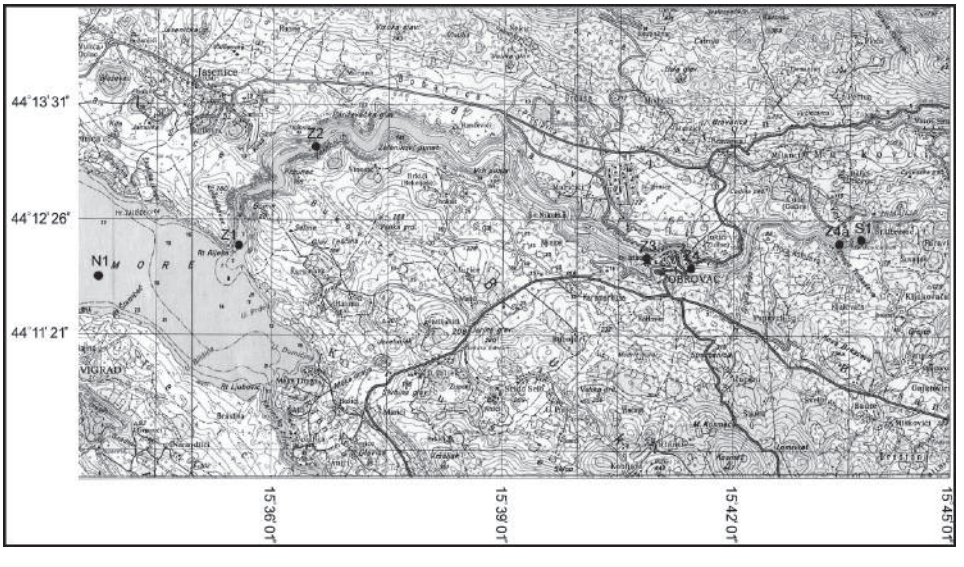
Prilikom izračuna bilance vode i bilance soli područje istraživanja podijeljeno je na četiri bazena (slika 2):

bazen 4: od Jankovića buka do postaje Z4a,

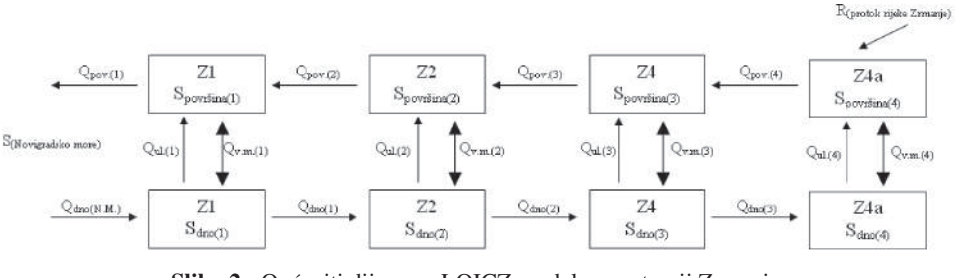
bazen 3: od postaje Z4a do postaje Z4,

bazen 2: od postaje Z4 do postaje Z2,

bazen 1: od postaje Z2 do postaje Z1.



Slika 1.: Područje istraživanja s naznačenim postajama mjerenja u estuariju Zrmanje.



Slika 2.: Općeniti dijagram LOICZ modela za estuarij Zrmanje.

Bilanca vode

Bilanca vode izračunata je iz protoka vode u površinskom i pridnenom sloju za svaki bazen pojedinačno. Protok vode u površinskom sloju definiran je jednadžbom:

$$Q^{*}(n) + Q_{p.(n)} + Q_{ul.(n)} + Q_{pov(n+1)} = Q_{pov(n)} \tag{3}$$

gdje je:

$$Q^{*}(n) = Q_{R} + Q_{prec} - Q_{evap} \tag{4}$$

Protok vode u pridnenom sloju opisan je relacijom:

$$Q_{dno(n-1)} - Q_{dno(n)} = Q_{ul.(n)} \tag{5}$$

gdje indeksi predstavljaju:

R - trenutni protok rijeke,

prec. - precipitacija,

evap. - evaporacija,

p - podzemene vode.

$Q_{ul.(n)}$ predstavlja protok vertikalnog ulaza iz pridnenog sloja *n*-tog bazena u površinski sloj, dok $Q_{pov.(n)}$ predstavlja protok horizontalnog istjecanja iz površinskog sloja *n*-tog bazena i (*n*-1) bazen. Protok horizontalnog utjecanja iz pridnenog sloja (*n*-1) bazena u *n*-ti bazen označen je s $Q_{dno(n-1)}$, a $Q_{dno(n-1)}$ kada je *n*=1 predstavlja protok morske vode iz Novigradskog mora ($Q_{dno(N.M.)}$).

Bilanca soli

Sol predstavlja konzervativan materijal i za *n*-ti bazen vrijedi da je količina soli koja napušta površinski sloj jednaka količini soli koja ulazi u pridneni sloj:

$$S_{pov(n)} Q_{pov(n)} = S_{dno(n-1)} Q_{dno(n-1)} \tag{6}$$

Koristeći jednadžbe (3), (5) i (6) dobiju se izrazi za protok vode u površinskom sloju ($Q_{pov.(n)}$), protok vode u pridnenom sloju ($Q_{dno(n)}$) te protok vode iz pridnenog u površinski sloj ($Q_{ul.(n)}$). Za ukupnu bilancu soli nužno je uvesti izraz za vertikalno miješanje vode između površinskoga i pridnenog sloja ($Q_{v.m.(n)}$) [2 i 6]:

$$Q_{v.m(n)} = \frac{Q_{dno(n-1)}(S_{dno(n-1)} - S_{dno(n)})}{(S_{dno(n)} - S_{pov(n)})} \tag{7}$$

Na temelju bilance soli i bilance vode izračunato je vrijeme izmjene vode po Knudsenu:

$$Q_{pov} - Q_{dno} = R \tag{8}$$

$$Q_{pov} S_{pov} = Q_{dno} S_{dno} \tag{9}$$

Vrijeme izmjene t_f definirano je kao vrijeme potrebno da se volumen vode (*V*) u estuariju zamijeni novom svježom vodom koja "nastaje" dotokom rijeke (*R*).

$$t_f = V/R \tag{10}$$

Primjenom jednadžbi (8), (9) i (10) dolazi se do općenite Knudsenove formule za vrijeme izmjene vode u visoko stratificiranom estuariju:

$$t_f = V\frac{S_{dno} - S_{pov}}{S_{dno}R} = \frac{V}{R}\left(1 - \frac{S_{pov}}{S_{dno}}\right) \tag{11}$$

Ovaj izraz je prilagođen za proračun vremena izmjene vode u pojedinačnim bazenima čime je smanjena pogreška proračuna koja nastaje korištenjem podataka mjerenja samo na izvoru i na ušću u izvornom teoremu.

3. REZULTATI I RASPRAVA

Prilikom izračuna bilance vode i bilance soli u estuariju Zrmanje, uz srednje vrijednosti saliniteta u površinskom i pridnenom sloju, određen je i protok vode u površinskom i pridnenom sloju za svaki bazen primjenom jednadžbi (3), (4) i (6). Pritom je pretpostavljeno da su Q_{prec}, Q_{evap} i Q_p sadržani u R (protok rijeke). Nadalje, za bazen 4 (n =4), koji je ujedno i završetak estuarija, $Q_{dno(n)}$ u jednadžbi (5) i $Q_{pov.(n+1)}$ u jednadžbi (3) se zanemaruju. Konačni izrazi koji su korišteni za izračun bilance vode i bilance soli u pojedinim bazenima su:

za bazen 4:

$$Q_{dno(3)} = R\frac{S_{pov(4)}}{S_{dno(3)} - S_{pov(4)}} \tag{12}$$

$$Q_{pov(4)} = R + Q_{dno(3)}$$

za bazen 3:

$$Q_{pov(3)} = S_{dno(2)}\frac{Q_{dno(3)} - Q_{pov(4)}}{S_{pov(3)} - S_{dno(2)}} \tag{13}$$

$$Q_{dno(2)} = Q_{pov(3)}\frac{S_{pov(3)}}{S_{dno(2)}}$$

za bazen 2:

$$Q_{pov(2)} = S_{dno(1)}\frac{Q_{dno(2)} - Q_{pov(3)}}{S_{pov(2)} - S_{dno(1)}} \tag{14}$$

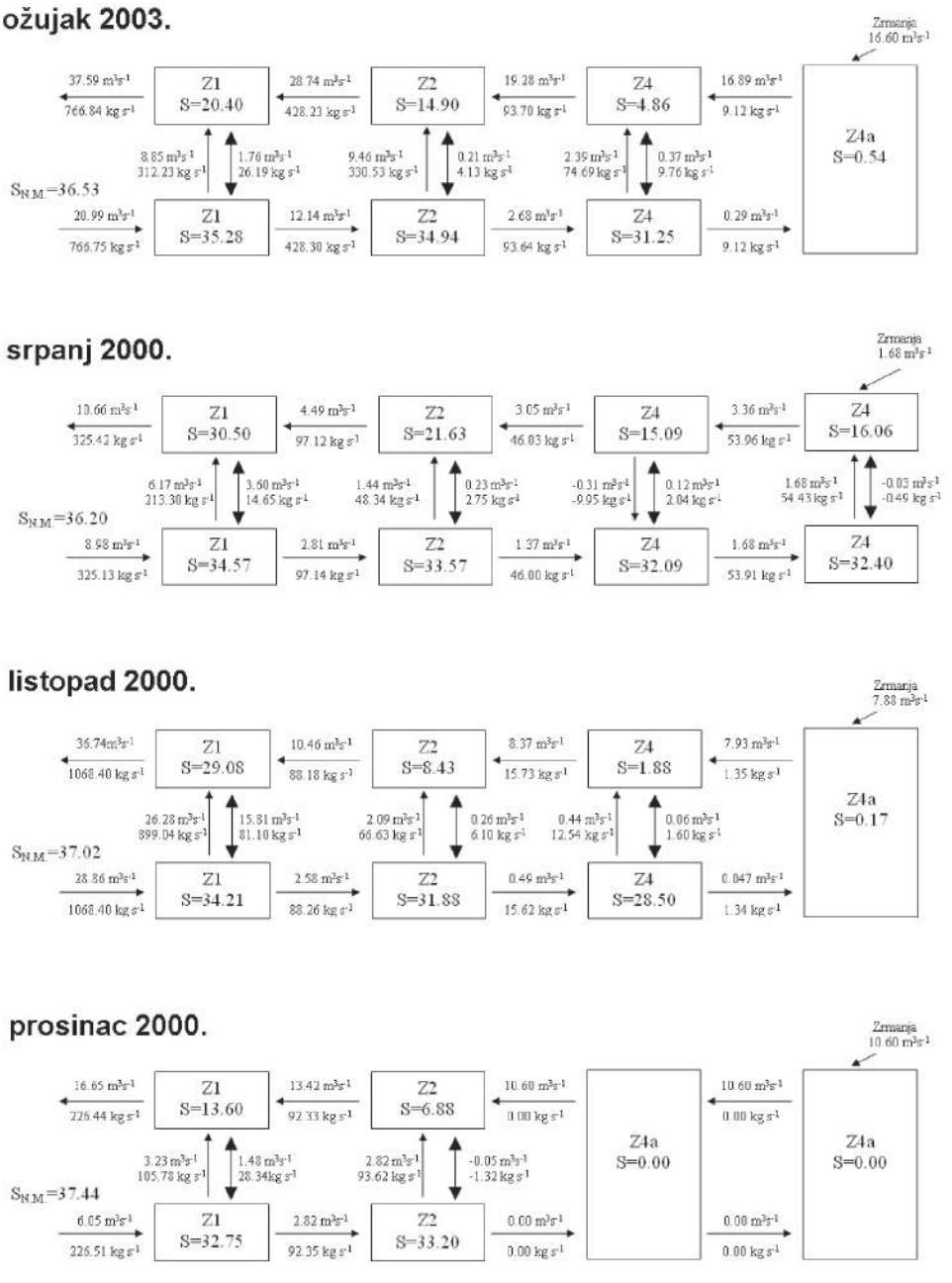
$$Q_{dno(1)} = Q_{pov(2)}\frac{S_{pov(2)}}{S_{dno(1)}}$$

za bazen 1:

$$Q_{pov(1)} = S_{dno(N.M.)}\frac{Q_{dno(1)} - Q_{pov(2)}}{S_{pov(1)} - S_{dno(N.M.)}} \tag{15}$$

$$Q_{dno(N.M.)} = Q_{pov(1)}\frac{S_{pov(1)}}{S_{dno(N.M.)}}$$

Korištenjem jednadžbi od (1) do (9) i od (12) do (15), dobiveni su rezultati bilance vode i bilance soli za estuarij Zrmanje u pojedinim sezonama te su prikazani na slici 3.



Slika 3.: Bilanca vode i bilanca soli za estuarij Zrmanje kroz četiri sezone.

Modificiranjem jednadžbe (11) te njenom primjenom za svaki bazen pojedinačno izračunato je vrijeme izmjene vode () za estuarij Zrmanje po sezonama (tablica 2). Protok rijeke (R) u općenitoj jednadžbi (11) zamijenjen je s protokom vode na površini Q_{pov} koji

je određen za svaki bazen koristeći jednadžbe od (12) do (15) i u kojem je sadržan općeniti dio jednadžbe (11): $R(1-S_{pov.}/S_{dno})$ Modificirane Knudsenove jednadžbe za pojedine bazene estuarija Zrmanje glase:

za bazen 4: $$t_{f(4)} = V_4/Q_{pov(4)}, \quad (16)$$

za bazen 3: $$t_{f(3)} = V_3/Q_{pov(3)}, \quad (17)$$

za bazen 2: $$t_{f(2)} = V_2/Q_{pov(2)}, \quad (18)$$

za bazen 1: $$t_{f(1)} = V_1/Q_{pov(1)}. \quad (19)$$

Ukupno vrijeme izmjene vode za estuarij Zrmanje je:

$$t_{f(ukupnj)} = t_{f(4)} + t_{f(3)} + t_{f(2)} + t_{f(1)} \quad (20)$$

Tablica 2.: Vrijeme izmjene vode (u danima) u estuariju Zrmanje po sezonama.

bazen	**index** (n)	**datum**	**vrijeme izmjene vode po bazenima (dani)** ()	**ukupno vrijeme izmjene vode (dani)** ()
Jank. buk-Z4a	4		0.01	
Z4a-Z4	3		0.29	
Z4-Z2	2		0.90	1.47
Z2-Z1	1	ožujak 2003.	0.27	
Jank. buk-Z4a	4		0.04	
Z4a-Z4	3		1.83	
Z4-Z2	2		5.77	8.59
Z2-Z1	1	srpanj 2000.	0.95	
Jank. buk-Z4a	4		0.02	
Z4a-Z4	3		0.67	
Z4-Z2	2		2.47	3.43
Z2-Z1	1	listopad 2000.	0.27	
Jank. buk-Z4a	4		0.01	
Z4a-Z4	3		0.53	
Z4-Z2	2		1.93	3.08
Z2-Z1	1	prosinac 2000.	0.61	

4. ZAKLJUČAK

Parametri i rezultati prikazani u ovom radu prvi su podaci o duljini, širini, volumenu i vremenu izmjene vode po sezonama u estuariju rijeke Zrmanje. Primjenom Knudsenovog hidrografskog teorema i LOICZ modela procijenjeno je vrijeme izmjene vode između svih postaja mjerenja u estuariju. Zbrajanjem vremena izmjene vode određeno je ukupno vrijeme izmjene vode za estuarij Zrmanje. Najduže vrijeme izmjene vode zabilježeno je u

ljetnom razdoblju (oko 8.6 dana) kod najmanjeg protoka rijeke (R = 1.68 m^3s^{-1}), a najkraće vrijeme izmjene vode u proljetnom periodu (oko 1.5 dana) kod najvećeg protoka rijeke Zrmanje (R = 16.60 m^3s^{-1}). U zimskom i jesenskom razdoblju kod protoka rijeke od R = 10.60 m^3s^{-1} (zima) i R = 7.88 m^3s^{-1} (jesen) ukupno vrijeme izmjene vode u estuariju Zrmanje bilo je oko 3.1 dana (zima) i oko 3.4 dana (jesen). Sljedeći korak u proučavanju izmjene vode u estuariju Zrmanje bit će usporedba rezultata prikazanih u ovom radu s proračunima drugih metoda izračuna izmjene vode [3 i 5].

LITERATURA

1. Dyer, K. R. (1997): Estuaries: a physical introduction (2nd Edition). John Wiley & Sons, Chichester, 180 pp.

2. Gordon, Jr. D. C., Boudreau, P. R., Mann, K. H., Ong, J.-E., Silvert W. L., Smith, S. V., Wattayakorn G., Wulff, F., Yanagi, T. (1996): LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines. LOICZ Reports & Studies No 5, 1-96.

3. Ketchum, B. H. (1951): The exchanges of fresh and salt water in tidal estuaries. J. Mar. Res. 10, 18-38.

4. Krajcar, V. (1993): Sezonska promjenjivost inercijalnih oscilacija u sjevernom Jadranu. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 110 pp.

5. Legović, T. (1991): Exchange of water in a stratified estuary with an application to Krka (Adriatic Sea). Mar. Chem., 32, 121-135.

6. Webster, I.T, Parslow, J.S. and Smith, S.V. (1999): Implications of spatial and temporal variation for LOICZ biogeochemical budgets. Appendix III in Smith, S.V. and Crossland, C.J. (eds): Australian estuarine systems: carbon, nitrogen and phosphorus fluxes. LOICZ Reports and Studies 12, LOICZ, Texel, The Netherlands, 182 pp.

AUTORI:

Goran Olujić[1], dipl.ing.,
mr.sc. Hrvoje Mihanović[1],
dr.sc. Marina Carić[2],
dr.sc. Zvonko Gržetić[1]

[1]Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko Frankopanska 161, 21000 Split,
tel: +385 21 361840; fax: +385 21 347242; e-mail:goran.olujic@hhi.hr

[2]Institut za more i priobalje, Kneza Damjana Jude 12, 20101 Dubrovnik,
tel: +385 20 323484

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.18.

MALE VODE DALMACIJE

Mladen Petričec, Mirjana Švonja, Ksenija Cesarec, Vedrana Ričković, Tanja Lubura Matković, Renata Vidaković Šutić, Ivana Ivanković

SAŽETAK: Vodni režimi dalmatinskih slivova uglavnom se odlikuju izraženim unutar godišnjim varijacijama otjecanja. Unatoč značajnim količinama godišnjih oborina, dio vodotoka često presušuje u ljetnim mjesecima ili početkom jeseni. Tradicionalno je prisutno korištenje vodnog bogatstva za različite namjene: vodoopskrbu, proizvodnju električne energije, navodnjavanje, plovidbu, ribnjačarstvo, turizam i rekreaciju. Izgradnja akumulacijskih jezera i pojedinih hidrotehničkih objekata i zahvata na slivovima dalmatinskih rijeka pozitivno se odrazila na sigurnost obrane od poplava nizvodnog područja, a negativne posljedice takvih zahvata obuhvaćaju, osim pojave ekstremno malih vrijednosti protoka, remećenje pronosa nanosa, učestale oscilacije vodostaja a time i izraženije erozijske procese.

Prikupljanje hidroloških podataka u profilima koji su interesantni za obranu od poplava i korištenje voda započelo je još krajem 19. stoljeća. Danas je na dalmatinskim vodotocima aktivno stotinu i dvadeset hidroloških stanica na četiri značajnije dalmatinske rijeke (Zrmanja, Krka, Cetina, Neretva) i njihovim pritocima, te nizu većih i manjih vodotoka stalnog i povremenog karaktera. Najveći dio starijih podataka je vezan uz dnevna očitanja s vodokazne letve i stoga je slabije kvalitete od podataka dobivenih na temelju limnigrafskih zapisa.

Problem osiguranja potrebnih količina vode odgovarajuće kakvoće u ljetnim mjesecima za većinu korisnika postaje sve izraženiji. Uvažavajući zahtjeve i potrebe svih potencijalnih korisnika voda na vodnom području dalmatinskih slivova, koje se razlikuju s obzirom na količinu, vrijeme korištenja i potrebni stupanj pouzdanosti opskrbe, pokrenuto je detaljnije izučavanje malih voda za razdoblje 1961. - 2004. godine. Provedene analize malih voda usmjerene su na određivanje značajki sušnog razdoblja osamdesetih i devedesetih godina prošlog stoljeća, iznalaženje stupnja korelacije između oborina i pojave sušnih razdoblja, te utvrđivanje učestalosti malovodnih razdoblja i vjerojatnosti njihove pojave.

KLJUČNE RIJEČI: dalmatinski sliv, mala voda, hidrološke stanice, minimalni godišnji protok.

LOW WATER IN DALMATIA

SUMMARY: The water regime of the Dalmatian river basins is generally characterized by marked annual discharge variations. Despite significant annual precipitation quantities, a part of watercourses frequently dries out in summer months or the begin of autumn. Traditionally, water resources have been used for various purposes: water supply, power

generation, irrigation, navigation, fisheries, tourism and recreation. The construction of reservoirs and other hydrotechnical structures and facilities in the basins of the Dalmatian rivers has a positive impact on the safety of flood control of downstream areas, whereas negative consequences of such interventions include, apart from the occurrence of extremely low discharges, disturbed balance of sediment transfer, frequent oscillations of water levels, and thus stronger erosion processes.

The collection of hydrological data in profiles interesting for flood control and water use started at the end of the 19th century. At present, there are 190 hydrological stations on the Dalmatian watercourses, i.e. on four rivers - the Zrmanja, Krka, Cetina and Neretva and their tributaries, and on a number of permanent or temporary watercourses. The majority of older data is obtained from daily staff gauge readings, and thus lower in quality than the data obtained by water level recorder readings.

The problem of provision of sufficient water quantities of adequate quality in summer months is increasingly observed. A detailed study of low water was initiated in the period from 1961 - 2004 by taking into account the demands and needs of all potential water users in the district of the Dalmatian river basins, which differ with regards to quantity, time of use and necessary reliability level of water supply. Performed analyses of low water were focused on determining the characteristics of dry periods in the 1980's and 1990's, finding correlation level between precipitation and occurrence of dry periods, and determining frequency of low water periods and probability of their occurrence.

KEY WORDS: Dalmatian basin, low water, gauge station, minimum annual discharge

1. UVOD

Kopneno područje Dalmacije, površine 11.300 km^2, raspolaže s vodnim bogatstvom, zahvaljujući velikoj količini oborina, koje su uglavnom koncentrirane u jesenskom i proljetnom intervalu. Takav raspored oborina izaziva česte nestašice vode i presušivanje dijela vodotoka u ljetnom razdoblju, dok se u zimskim mjesecima javlja višak vode. Sezonski zahtjevi pojedinih korisnika voda, naročito vodoopskrbe i navodnjavanja, su najveći upravo onda kada izvori i površinski vodotoci imaju najmanje vode.

Sjeverozapadni dio Dalmacije s rijekom Zrmanjom i Ravnim kotarima je siromašniji površinskim vodama od istočnijeg sliva rijeke Krke. Najveći i najznačajniji vodotok srednje Dalmacije je Cetina, čije se pritoke prihranjuju vodama s viših bosansko-hercegovačkih krških polja. Pored rijeke Vrljike u Imotsko-Bekijskom polju, rijeke Matice u Vrgorskom polju i bujičnih vodotoka u Konavoskom polju, jugoistočnim dijelom područja prolazi i donji tok rijeke Neretve, najvećeg vodotoka jadranskog sliva. Skoro cjelokupni sliv rijeke Neretve je na teritoriju susjedne Bosne i Hercegovine.

Izgradnjom hidroenergetskih objekata na rijeci Cetini i njenom širem slivu, te u gornjem i srednjem toku rijeke Neretve praktički je izmijenjen prirodni hidrološki režim. Izgrađene akumulacije su pozitivno djelovale na preraspodjelu voda iz kišnog u sušni režim, odnosno na smanjenje velikih vodnih valova i povećanje malih voda u sušnim razdobljima. Negativne posljedice djelovanja izgrađenih akumulacija su izostanak produkcije i pronosa nanosa i aktiviranje jačih erozijskih procesa. Učestale oscilacije vodostaja Neretve i Cetine uslijed rada uzvodnih hidroelektrana ozbiljno ugrožavaju stabilnost riječnih obala i nasipa. Akumulacijska jezera na slivu rijeke Krke za potrebe rada HE Golubić i HE Miljacka, zbog malog volumena imaju samo utjecaj na dnevni ili tjedni režim malih voda.

Prema rezultatima istraživanja [1] u posljednja dva desetljeća dvadesetog stoljeća na

prostoru Hrvatske je prisutan trend smanjenja količina oborina, a mijenja se i unutar godišnji raspored oborina. Smanjenje količina oborina ima nepovoljni učinak na stanje rezervi podzemnih voda i uzrokuje izrazito niske vodostaje rijeka i jezera. Izostanak oborina je najveći upravo u vegetacijskom razdoblju kada nanosi najveće štete u poljoprivredi. Poznavanje režima malih voda, koje prije svega uključuje njihovu količinu, razdoblje pojave i trajanje, je bitno za sve korisnike i kategorije korištenja voda, kao što su: vodoopskrba, energetika, poljoprivreda, ribnjačarstvo, rekreacija i turizam, ali i za očuvanje kakvoće voda i vodnog okoliša na području Dalmacije.

Istraživanja malih voda Dalmacije koja se provode za razdoblje nakon 1961. godine trebaju identificirati uzroke trendova srednjih i malih voda te unutar godišnju raspodjelu voda na karakterističnim lokacijama vodotoka - hidrološke stanice.

2. METEOROLOŠKA I HIDROLOŠKA MJERENJA I OPAŽANJA

Na kopnenom području Dalmacije uspostavljeno je oko 110 meteoroloških stanica. Prosječna godišnja količina oborina je oko 1400 mm i za dvadesetak posto veća od prosjeka Republike Hrvatske [8]. Najviše prosječne temperature vezane su isključivo za mjesece srpanj i kolovoz, a najniže za siječanj.

Na kopnenom dijelu Dalmacije je aktivno 120 hidroloških stanica na kojima se mjeri vodostaj, protok i temperatura vode. Tijekom Domovinskog rata prekinuta su mjerenja na 34 hidrološke stanice [2,3,4,5,6,7]. Prostorni raspored i broj aktivnih hidroloških i meteoroloških stanica u odnosu na površinu Dalmatinskih slivova je relativno dobar.

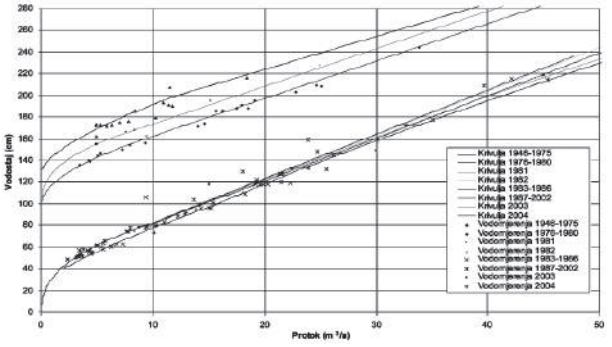
Tablica 2-1: Mjerenja na aktivnim hidrološkim stanicama Dalmacije

SLIVOVI	VODOTOCI	VODOSTAJ	PROTOK	TEMP.
Zrmanja i Lički plato	Zrmanja, Krupa, Otuča min, Otuča, Krivak izvor, Ričica	15	8	-
Ravni Kotari i Vransko jezero	Golubinka, Miljašić Jaruga, Bokanjačko Blato, Vransko jezero, Kličevica, Gl.kanal, Jablanski kanal, Pećina, Lateralni kanal, Škorobić	15	11	-
Krka	Krka, Butišnica, Čikola, Kosovčica, Goduča	16	14	3
Cetina	Cetina, Rumin veliki, Rumin mali, Ovrlja, Ruda velika, Ruda velika kanal, Grab	22	14	3
Jadro i Žrnovnica	Jadro, Žrnovnica	5	5	1
Neretva, Baćinska jezera i Imotsko polje	Matica Vrgorska, Bijeli vir, Modro oko, Klokun, Baćinska jezero, Neretva	24	6	2
Vrljika	Vrljika, Gl.natapni kanal, Suvaja, Natapni kanal, Ričina, Vrbica, Sija	11	9	1
Dubrovačko primorje	Ljuta,Ljuta l. kanal, Ljuta d. kanal, Kopačica, Konavoštica, Duboka Ljuta, Zavrelje, Ombla	12	8	2

Posljednjih desetak godina na svim hidrološkim stanicama uspostavljena su kontinuirana mjerenja (osim na dijelu stanica u delti Neretve), tako da je značajno povećana kvaliteta informacija o promjenama vodostaja. Problemi su prisutni kod utvrđivanja malih voda, na čiju točnost nepovoljno utječe: neuređenosti hidrometrijskih profila i nereguliranost

korita na utjecajnim dionicama vodotoka, pojave nestabilnosti i obraštenosti korita i obala, promjene lokacija stanica, tipa mjernih uređaja i prekida opažanja.

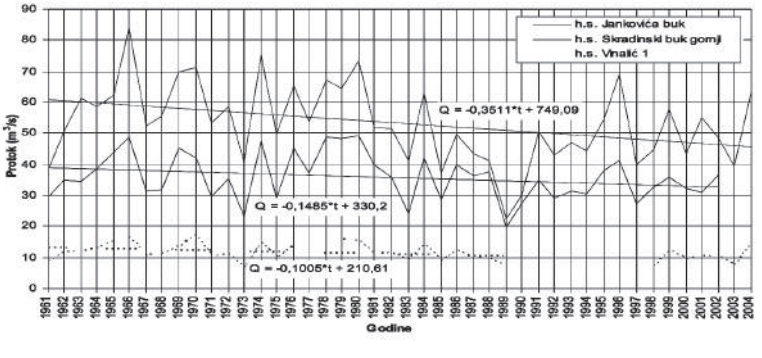
U takvim uvjetima s relativno skromnim brojem vodomjerenja vrlo je teško definirati pouzdan Q/H odnos u području malih voda. Za ilustraciju, na slici 2-1 prikazano je rasipanje podataka vodomjerenja za stanicu Topolje most na rijeci Krki i nastale promjene u odnosu vodostaja i protoka, kao posljedica promjena lokacija i nestabilnost korita.



Slika 2-1: Krivulje protoka za h.s. Topolje most na Krki

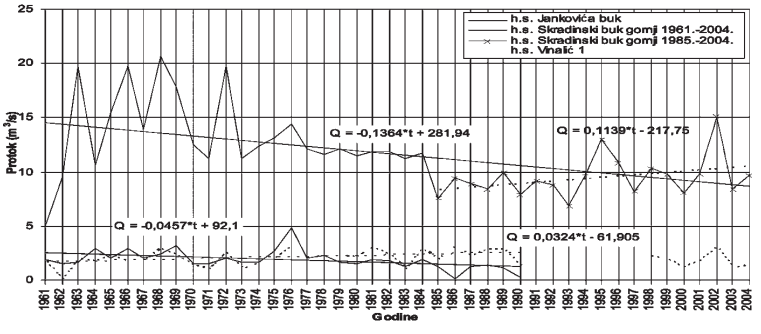
3. OSNOVNE ZNAČAJKE SREDNJIH I MALIH PROTOKA

Za usvojeno razdoblje obrada 1961.-2004. godine provedene su analize raspoloživih nizova mjerenja na svim aktivnim hidrološkim stanicama. Za stanice kod kojih je bilo moguće dopunjeni su nizovi podataka. Najčešće su produženi nizovi mjesečnih, a u slučajevima kada je bilo moguće i dnevnih protoka. Kod toga su korišteni podaci mjerodavnih hidroloških stanica i/ili podaci o oborinama s najbližih meteoroloških stanica. Za prikaz i ocjenu promjena režima dotoka odabrani su zabilježeni protoci na stanicama sliva Zrmanje (Jankovića buk), Cetine (Vinalić) i Krke (Skradinski buk gornji). Na slivu hidrološke stanica Jankovića buk došlo je nakon 1980. godine do određenih promjena režima tečenja radi izgradnje RHE Velebit. Unatoč određenim utjecajima i promjenama trenda, metodom Kolmogorov - Smirnov utvrđena je homogenost nizova srednjih i minimalnih protoka prikazanih na slikama 3-1 i 3-2.



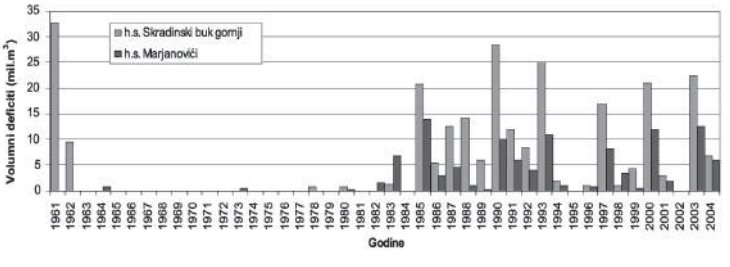
Slika 3-1: Hidrogram i trend srednjih godišnjih protoka (1961.-2004.)

Za razdoblje 1961.-2004. najveći negativni trend srednjih protoka prisutan je na h.s. Skradinski buk gornji, a nešto je manje izražen za stanice Jankovića buk i Vinalić. Na slici 3-1 uočava se stagnacija ili pozitivan trend srednjih godišnjih protoka početkom devedesetih godina i najizraženiji je kod h.s Skradinski buk gornji. U istom razdoblju trend protoka malih voda negativan je na h.s. Skradinski buk gornji, a zanemariv na h.s. Jankovića buk, dok je pozitivan na h.s. Vinalić za raspoloživi niz izravno izmjerenih podataka.



Slika 3-2: Hidrogram i trend minimalnih godišnjih protoka (1961.-2004.)

Za sagledavanje raspoloživosti malih voda ilustrativni su rezultati analize godišnjih deficita ispod repernog protoka 90% trajanja u razdoblju 1961.-2004. godine prikazani na slici 3-3. Izračunati maksimalni godišnji deficiti za protoke na h.s. Marjanovići i h.s. Skradinski buk gornji dodatno potvrđuju izrazito desetogodišnje sušno razdoblje od 1985. do 1993. godine. Na slici se vide značajni deficiti koji su se pojavili na početku razmatranog razdoblja, te naznake određenog povećanja malih voda nakon 1993. godine.



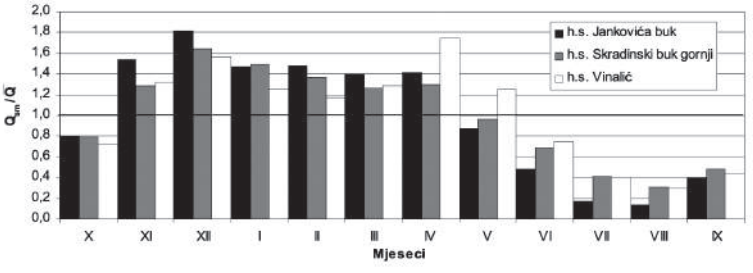
Slika 3-3: Volumen maksimalnih godišnjih deficita ispod protoka 90%-tne trajnosti

Vezano uz deficite voda na području Dalmacije treba istaknuti da čak na 32 hidrološke stanice dolazi do presušivanja tečenja u ljetnom razdoblju. Najčešća razdoblja prekida tečenja kod hidroloških stanica na Zrmanji (h.s. Ervenik) i Čikoli (h.s. Drniš) su u kolovozu i rujnu, a obično traju do 2 ili 3 mjeseca. Značajnija korelacijska veza između trenda otjecanja, trajanja i učestalosti sušnog razdoblja nije uočena.

Osim hidroenergetike koja je dominantni korisnik voda na slivovima rijeka Cetine i Krke, značajni korisnici voda su vodoopskrba stanovništva i industrije, te navodnjavanje. Kako se očekuje povećanje potreba za vodom, posebno u poljoprivredi važno je identificirati vjerojatnosti raspoloživih količina vode tijekom najvećih potreba. Važan pokazatelj stanja su srednje količine vode po mjesecima. Na slici 3-4 prikazan je odnos srednjih godišnjih

i srednjih mjesečnih protoka za odabrane stanice na području Dalmacije. Taj je odnos najnepovoljniji u sušnom razdoblju kada iznosi 3:1 za h.s. Skradinski buk gornji, a 7:1 za h.s. Jankovića buk.

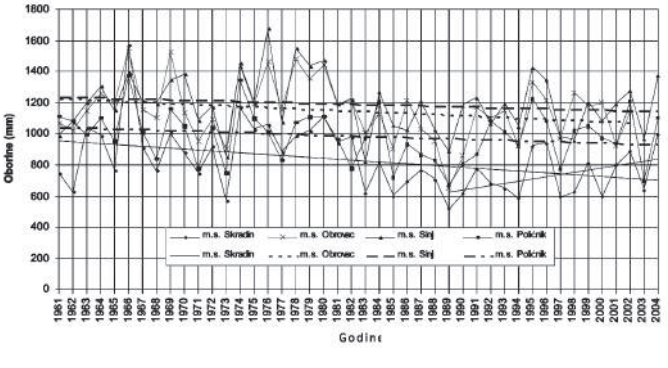
Ovisno o režimu otjecanja, statističke obrade 30-dnevnih minimalnih protoka vjerojatnosti javljanja 95% ($Q_{30,95\%}$) daju bitno različite veličine u odnosu na srednji protok. Tako za h.s Skradinski buk gornji iznose 7,4 m^3/s (Q_{sr} =53,1 m^3/s) za h.s. Jankovića buk 1,30 m^3/s (Q_{sr} = 36,9 m^3/s).



Slika 3-4: Srednji mjesečni protoci na odabranim stanicama rijeka Zrmanja, Krka i Cetina (1961.-2004.)

4. OBORINE I REŽIM MALIH VODA

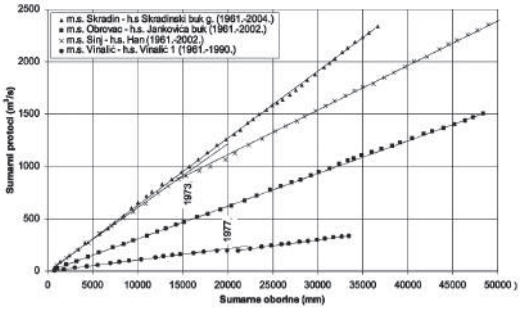
Uočeni trend protoka na slikama 3-1 i 3-2 ima svoju potvrdu u promjeni trenda oborina zabilježenih na meteorološkim stanicama područja Dalmacije. Ocjene o smanjenju količina voda na području jadranskog sliva, koje se daju posljednjih godina u člancima i stručnim radovima vrijede do kraja osamdesetih godina. Nakon toga razdoblja prema podacima o količinama oborina s više meteoroloških stanica dolazi do zaustavljanja negativnog trenda i može se reći do povećanja količina oborina. Navedeni zaključak proizlazi iz prikaza trenda godišnjih oborina nekoliko meteoroloških stanica na slici 4-1.



Slika 4-1: Hod godišnjih oborina u razdoblju 1961.-2004.

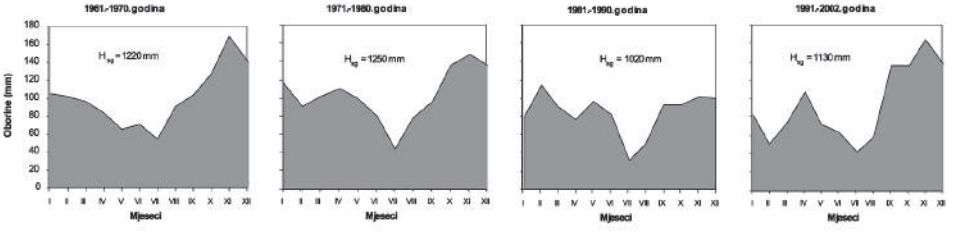
Odnos oborina i otjecanja u razdoblju 1961.-2004. godine, prikazan je za ilustraciju putem dvostrukih sumarnih količina, za karakteristične hidrološke i meteorološke stanice [2,3,5]. Krivulje na slici 4-2 ne pokazuju nikakve promjene veze osim kod h.s. Han i m.s. Sinj.

Tu je promjena veze oborina otjecanja započela 1973. godine kao posljedica izgradnje akumulacijskog jezera Buško blato i hidroelektrane Orlovac. Naime, izgradnjom akumulacijskog jezera Buško blato, s mogućnošću višegodišnjeg izravnanja dotoka, došlo je do smanjenja velikih voda i povećanja malih voda rijeke Cetine i njenih lijevih pritoka, povećanih gubitaka vode isparavanjem i korištenjem dijela voda na HE Orlovac.



Slika 4-2: Dvostruka sumarna količine oborine otjecanje u razdoblju 1961.-2004

Analize nizova oborina za odabrane meteorološke stanice pokazuju da odnosi prosječnih godišnjih i srednjih mjesečnih količina oborina u sušnom razdoblju ne prelazi 2:1, premda su promjene otjecanja znatno izraženije. Takve razlike proizlaze iz međusobno više povezanih čimbenika, a u prvom redu raspodjele oborina, klimatskih uvjete, režima podzemnih voda, načina korištenja voda na slivu. Iako najveće količine oborina padnu u studenom, a najmanje u srpnju, rezultati analiza unutar godišnje raspodjele oborina za razdoblje 1961.- 2004. godina pokazuju vezu između nedostatka oborina u jesenskom dijelu godine s sušnim razdobljima, kao što je vidljivo na slici 4-3.



Slika 4-3: Unutar godišnja raspodjela oborina na m.s. Obrovac

5. ZAKLJUČAK

Za ocjenu vodnog režima i utvrđivanja bilance površinskih voda na vodnom području dalmatinskih slivova danas postoji 120 aktivnih hidroloških stanica. Na svim stanicama se uglavnom kontinuirano bilježe razine vode, dok se mjerenje protoka provodi kod 60% stanica. Kontinuitet hidroloških nizova je najčešće narušen prekidima mjerenja, pri čemu je najizraženiji prekidi bio zbog Domovinskog rata. Provedene analize ukazuju na poboljšanje procesa hidroloških mjerenja od održavanja hidrometrijskih profila pa do organizacije i učestalosti mjerenja.

Na području Dalmacije u razdoblju 1961.-2004. godine se kod većine stanica pojavljuje

smanjenje količina oborina i otjecanja. Unutar tok razdoblja početkom devedesetih godina prošlog stoljeća uočava se zaustavljanje negativnog trenda, pa čak i porasta oborina i protoka.

Unatoč relativno velikim ukupnim prosječnim protocima na hidrografskoj mreži Dalmacije, nepovoljna unutar godišnja raspodjela upućuje na moguće deficite voda za vodoopskrbu i navodnjavanje i potreba održavanja vodnih ekosustava tijekom sušnog razdoblja koje je najčešće u kolovozu i rujnu.

Naime, minimalni protoci statistički utvrđeni za tridesetodnevno razdoblje vjerojatnosti pojave 95% su 7 (h.s. Skradinski buk gornji) do 25 puta (h.s. Jankovića buk) manji od višegodišnjeg prosjeka. Osim toga na oko 30 % hidroloških stanica je vrlo vjerojatno presušivanje korita.

Kod planiranja daljnjih potreba za vodom na području Dalmacije treba za odabrane lokacije provesti istraživanja, kako bi se osigurala pravična podjela vode, te kako bi se zaštitio ekosustav. U slučaju nedostatnih količina treba predvidjeti odgovarajuća tehnička rješenja, za što postoji primjer sliva rijeke Cetine, gdje su unatoč nekim nepovoljnim utjecajima, izgradnjom akumulacijskih jezera Peruća i Buško blato bitno povećani vodni resursi.

LITERATURA

[1] Bonacci O. (2007): Odnos malih voda, suša i održivog razvoja okoliša te potrebe vode za navodnjavanje u priobalju i krškom zaleđu tijekom vegetacijskog razdoblja, Priručnik za hidrotehničke melioracije, III. kolo, Knjiga 3. Rijeka

[2] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. (2005): Hidrološka obrada malih voda na slivu Zrmanje i Ličkom platou, Zagreb

[3] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. (2007): Hidrološka obrada malih voda Krke s priobalnim područjem, Zagreb

[4] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. (2007): Hidrološka obrada malih voda Ravnih Kotara i Vranskog jezera s priobalnim područjem, Zagreb

[5] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. (2007): Hidrološka obrada malih voda sliva Cetine, Jadra i Žrnovnice, Zagreb (u radu)

[6] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. (2007): Hidrološka obrada malih voda sliva Neretve sa slivnim područje Baćinskih jezera i Imotskog polja, Zagreb (u radu)

[7] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. (2007): Hidrološka obrada malih voda sliva Dubrovačkog primorja, Zagreb (u radu)

[8] Hrvatske vode (2005): Vodnogospodarska osnova Hrvatske - strategija upravljanja vodama, (radna verzija).

[9] Žugaj R. (1995): Regionalna hidrološka analiza u kršu Hrvatske. Hrvatsko hidrološko društvo, Zagreb

AUTORI :

dr.sc. Mladen Petričec, dipl.ing.građ.,
Institut za elektroprivredu i energetiku, Ul. grada Vukovara 37, 10 000 ZAGREB,
Tel: 01-6322-567, e-mail: mladen.petricec@ie-zagreb.hr

mr.sc. Mirjana Švonja, dipl.ing.građ.,
Hrvatske vode,VGO Split, Vukovarska 35, 21 000 SPLIT, Tel: 021-309-439,
e-mail: smirjana@voda.hr

mr. sc. Ksenija Cesarec,
Državni hidrometeorološki zavod, Služba za hidrologiju, Mesnička 49, 10 000 ZAGREB,
Tel: 01-4851-533, e-mail: cesarec@cirus.dhz.hr

Vedrana Ričković, dipl.ing.građ.,
Institut za elektroprivredu i energetiku, Ul. grada Vukovara 37, 10 000 ZAGREB,
Tel: 01-6321-434, e-mail: vedrana.rickovic@ie-zagreb.hr

Tanja Lubura Matković, dipl.ing.građ.,
Institut za elektroprivredu i energetiku, Ul. grada Vukovara 37, 10 000 ZAGREB,
Tel: 01-6322-570, e-mail: tanja.lubura-matkovic@ie-zagreb.hr

Renata Vidaković Šutić, dipl.ing.građ.,
Institut za elektroprivredu i energetiku, Ul. grada Vukovara 37, 10 000 ZAGREB,
Tel: 01-6322-568, e-mail: renata.sutic@ie-zagreb.hr

Ivana Ivanković, dipl.ing.građ.,
Institut za elektroprivredu i energetiku, Ul. grada Vukovara 37, 10000 ZAGREB,
Tel: 01-6321-428, e-mail: ivana.ivankovic@ie-zagreb.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.19.

STANJE I MEHANIZMI EUTROFIKACIJE U SJEVERNOM JADRANU

Robert Precali, Tamara Đakovac i Danilo Degobbis

SAŽETAK: Procjena stanja eutrofikacije u sjevernom Jadranu temelji se na 30-godišnjem nizu podataka sakupljenih otprilike jednom mjesečno na profilu ušće rijeke Po-Rovinj. Trofički indeksi (TRIX i koeficijent efikasnosti) korišteni su po prvi puta za klasifikaciju sjevernog Jadrana između ušća rijeke Po i Istre. Opaženo je smanjenje stupnja eutrofikacije od zapadnog prema istočnom području. Najvažniju ulogu u tome pripisuje se rijeci Po čiji je 70% -tni doprinos obogaćivanju sjevernog Jadrana hranjivim solima. Posljednjih godina na istraživanim postajama u blizini ušća rijeke Po zamijećeno je smanjenje indeksa TRIX što je u vezi s postupnim sniženjem koncentracije ortofosfata nakon primjene zakona o smanjenju sadržaja polifosfata u detergentima u Italiji tijekom druge polovice osamdesetih godina prošlog stoljeća. Sniženje koncentracije ortofosfata tijekom zadnjih godina na ovome području pripisuje se i značajnom smanjenju donosa slatke vode rijekom Po. Navedene promjene nisu bitno utjecale na promjene indeksa TRIX, iako je primijećeno malo, ali značajno smanjenje koeficijenta efikasnosti što se povezuje s prilagodbom fitoplanktonske zajednice na novonastale uvjete.

KLJUČNE RIJEČI: eutrofikacija, trofički indeks, sjeverni Jadran

STATUS AND MECHANISMS OF EUTROPHICATION IN THE NORTHERN ADRIATIC OPEN WATERS

SUMMARY: An evaluation of the eutrophication status of the northern Adriatic is based on more than 30 years of data collected on an approximately monthly scale along the transect Po River Delta-Rovinj (western Istria, Croatia). Trophic indexes (TRIX, coefficient of efficiency) were applied to open waters area. Well defined gradients of eutrophication were observed decreasing from west to east. The gradient is mainly due to the Po River discharge that account for about 70 % of the nutrient loads in the northernmost region of the Adriatic Sea. On the station closer to the Po Delta a decrease of TRIX values was observed, coinciding with the ban of polyphosphate use in detergents in mid eighties of the last century. Additionally, a substantial reduction of orthophosphate concentration

in the investigated area was observed in the last years that can mainly be ascribed to a reduction of freshwater inflow from the Po River. However, these changes did not reflect substantially on TRIX, although in the meantime a small, but significant decrease of efficiency coefficient occurred. This decrease may indicate a shift of the phytoplankton community towards species that could adapt to the changing environmental conditions.

KEYWORDS: eutrophication, trophic index, northern Adriatic

Uvod

Eutrofikacija je proces obilježen povećanom brzinom primarne proizvodnje u ekosustavu mora uslijed donosa hranjivih soli, odnosno organske tvari (EEA, 1999). Ovi donosi mogu biti s kopna, ali i s drugih morskih područja, procesima advekcije ili uzdizanja voda bogatih hranjivim solima, odnosno organskim tvarima.

Prekomjernom eutrofikacijom dolazi do štetnih posljedica za morski ekosustav. Na prvom mjestu to je učestali nedostatak ili nestanak kisika u pridnenom sloju (izražena hipoksija i anoksija), uz pomor pridnenih organizama. Nadalje, moguće su značajne promjene u sastavu bioloških zajednica koje redovno dovode do smanjivanja biomase komercijalno važnih organizama, a moguće su i pojave toksičnih planktonskih vrsta.

Opće pokazatelje stupnja eutrofikacije određenog morskog područja prvi su razradili Yamada i sur., (1980). Predložili su složene kriterije za klasifikaciju obalnih područja koji se temelje na nekoliko oceanografskih, kemijskih i bioloških parametara. Chiaudani i sur. (1982) su klasificirali zapadnu (talijansku) obalu Jadranskog mora na temelju koncentracija klorofila a i ukupnog fosfora.

U zapadnom području sjevernog Jadrana prekomjerna eutrofikacija uzrokovana je donosom hranjivih soli, prvenstveno rijekom Po (Degobbis i sur., 2000). Međutim, u istočnom, pretežno oligotrofnom dijelu, povremeno je važan prijenos organske tvari iz eutrofnog područja, posebno krajem proljeća i ljeti.

S obzirom na značajne probleme s prekomjernom eutrofikacijom u obalnom području ušća rijeke Po i pokrajine Emilia-Romagna, Vollenweider i sur. su 1998. godine razradili trofičku klasifikaciju na temelju trofičkog indeksa (TRIX), kao i pomoću koeficijenta efikasnosti korištenja dostupnih hranjivih soli. Navedena je klasifikacija uvedena u talijanski zakon 1999. godine (D.LGS. 152/99).

U ovom radu pokušat će se na temelju tih indeksa ustanoviti stupanj eutrofikacije otvorenih voda sjevernog Jadrana (sjeverno od crte Rimini-rt Premantura), te ukazati na mehanizam njegovih višegodišnjih kolebanja, posebno posljednjih godina.

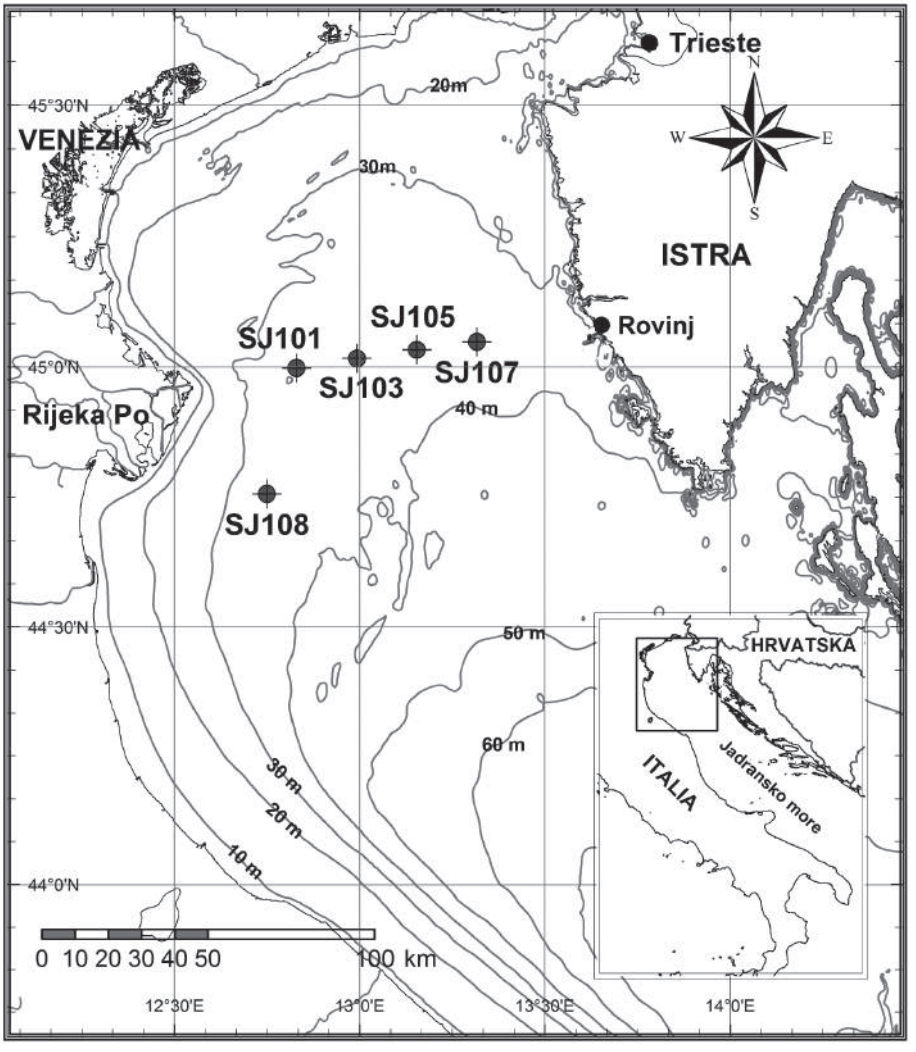
Metode

Podaci obrađeni u ovom radu odnose se na površinski sloj (prvih 10 m) pet postaja na profilu ušće rijeke Po - Rovinj (Slika 1.), sakupljanih otprilike mjesečno u razdoblju 1975.-2006.. Podaci za osnovne oceanografske parametre, koncentracije hranjivih soli i klorofila a dobiveni su metodama koje se najviše koriste u oceanografiji (Parsons et al., 1984).

Trofički indeks (TRIX) i koeficijent efikasnosti (Vollenweider i sur., 1998) izračunavaju se iz koncentracija klorofila a, ukupnog anorganskog dušika, ukupnog fosfora, te udjela zasićenja kisikom. Za proračun se uzima ukupni fosfor jer ortofosfat vrlo brzo prelazi u organsku frakciju, a i brzo se oslobađa (Ivančić i Degobbis, 1987).

Podaci o protoku rijeke Po na postaji Pontelagoscuro (70 km od ušća rijeke Po) za razdoblje 1917.-2006. dobiveni su od Pokrajinske agencije za zaštitu okoliša Emilie-Romagne, Oceanografska jedinica Daphne II, Cesenatico.

Podaci su obrađeni Box-i-Whisker dijagramima. Površina pravokutnika sadrži podatke s učestalošću između 25 i 75 %; donji rub pravokutnika je granica prvog kvartila (prosječno niske granične vrijednosti), a gornji rub je granica trećeg kvartila (prosječno visoke granične vrijednosti). Minimumi i maksimumi označeni su posebnim znakom s donje, odnosno gornje strane pravokutnika, a vrlo niske vjerojatnosti (P<5 %)prikazane su posebnim simbolima. Crta unutar pravokutnika označava medijan, odnosno stupanj simetričnosti raspodjele obrađenih podataka oko srednje vrijednosti. U slučaju normalne raspodjele, medijan se poklapa s prosječnom vrijednosti.



Slika 1. Raspored postaja.

Rezulati i diskusija

Srednje vrijednosti TRIX-a na postajama profila ušće rijeke Po - Rovinj (Slika 2.) ukazuju na očekivani izraženi trofički gradijent od zapada prema istoku s obzirom da je rijeka Po glavni izvor hranjivih soli u području. Naime, analiza varijance potvrđuje da su te opažene razlike među postajama duž profila značajne (p=0,000).

Srednje vrijednosti TRIX-a kreću se od 4,4 do 3,1 na postaji SJ108, odnosno SJ107 i ukazuju da je zapadni dio profila mezotrofan dok je središnji i istočni dio pretežno oligotrofan. Zona postaje SJ103 ima prijelazno obilježje.

Prema koeficijentu efikasnosti čitavo područje spada u ekosustave koji vrlo efikasno koriste hranjive soli (Giovanardi i Vollenweider, 2004), što se vjerojatno može pripisati činjenici da su donosi hranjivih soli jako promjenljivi tako da su se selekcionirale odgovarajuće oportunističke vrste fitoplanktona.

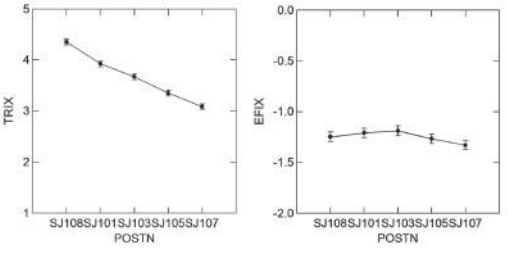
Prema klasifikaciji ekološkog stanja mora s obzirom na stupanj eutrofikacije (Precali i sur., 2003) najzapadniji dio je dobrog stanja a preostali dio istraživanog akvatorija vrlo dobrog tj. najvišeg ekološkog stanja. Prema dosadašnjoj spoznaji o eutrofikaciji sjevernog Jadrana bilo je za očekivati da su razlike između zapadnog i istočnog područja veće, s obzirom da rijeka Po predstavlja oko 70% donosa hranjivih soli u to područje. Tome najviše doprinosi pulsna priroda riječnih donosa ovih soli kada biva zahvaćen i širi dio akvatorija. Bez tog dodatnog unosa sjeverni Jadran bio bi izrazito oligotrofno morsko područje, kao što je i najveći dio Jadrana.

Srednje godišnje vrijednosti TRIX-a i koeficijenta efikasnosti na, prema trofičkom gradijentu, rubnim postajama profila (SJ108 i SJ107), pokazuju znatne međugodišnje oscilacije, (Slika 3.), u donosu hranjivih soli rijekom Po u sjeverni Jadran, zbog promjena njihovih koncentracija u samoj rijeci ili pak znatnih višegodišnjih kolebanja protoka. Također mogu biti važni i procesi na skali čitavog Jadrana (promjene u dinamici vodenih masa; npr. Oddo i sur., 2005) kao i šireg područja (ingresije slanije vode u Jadran; npr. Cushman-Roisin i sur., 2001).

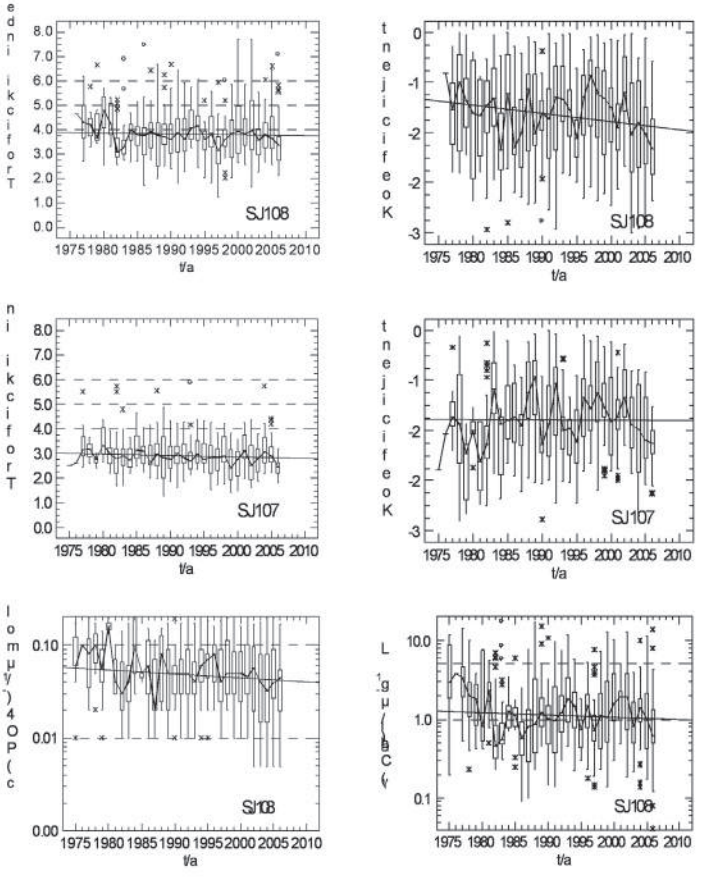
Vrijednosti TRIX-a na postaji SJ108 (Slika 3.) su do početka osamdesetih bile značajno više nego u narednom razdoblju. Slično su se kretale i vrijednosti koncentracija ortofosfata i klorofila a (Slika 3.). S obzirom da se prosječni godišnji protok rijeke Po nije značajno promijenio sve do 2003. (Slika 4.), navedene se promjene mogu najvjerojatnije pripisati postupnom sniženju koncentracije ortofosfata. Do ovog sniženja došlo je prvenstveno nakon primjene zakona o smanjenju sadržaja polifosfata u detergentima u Italiji tijekom druge polovice osamdesetih godina prošlog stoljeća, kao i drugih mjera smanjenja opterećenja otpadnih voda u sjevernojadranskoj regiji.

U skladu sa značajnim sniženjem protoka rijeke Po u razdoblju od 2003., TRIX, a naročito koeficijent efikasnosti također su bili niži (Slika 3.). Uočava se i češća pojava vrlo niskih koncentracija ortofosfata, uz više vrijednosti koncentracije ukupnog anorganskog dušika (TIN) (Slika 4.). Naime, kod značajnog smanjenja ortofosfata prvenstveno u uvjetima povišenog N/P omjera, što je slučaj posljednjih godina (Đakovac, 2006), TIN se samo djelomično troši u procesu primarne proizvodnje organske tvari, tako da dolazi do njegovog nagomilavanja u ekosustavu. Važno je napomenuti da su razlike u ukupnom unosu hranjivih soli tijekom godina sa niskim protokom i onih s povišenim ili osrednjim značajne i mogu bitno utjecati na ravnoteže u ekosustavu. Tako je tijekom 2003. rijekom Po doneseno 10740 t fosfora i 66265 t ukupnog anorganskog dušika. 2004. godine su međutim te količine iznosile 23829 t, odnosno 125465 t (Anon., 2006). Stoga, izuzetno sniženje protoka tijekom posljednjih godina (2003., 2005., a posebno 2006.; Slika 4.),

može značajno utjecati na bilans i utjecaj hranjivih soli u ekosustavu. Takvi protoci rijeke Po su najvjerojatnije vezani uz klimatske oscilacije ali i promjene, pa trajanje sličnih scenarija može značajno promijeniti ekosustav sjevernog Jadrana.

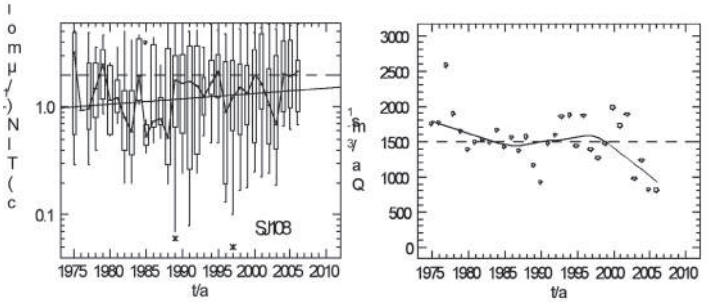


Slika 2. Srednja vrijednost trofičkog indeksa i koeficijenta efikasnosti s pripadajućom standardnom pogreškom za pojedine postaje u razdoblju 1975.-2006. Vrijednosti su dobivene analizom varijance.



Slika 3. Raspodjela trofičkog indeksa prikazana dijagramima po Box i Whiskeru i koeficijent efikasnosti na postajama SJ108 i SJ107, te koncentracija (c) ortofosfata i klorofila a (Chla) na

postaji SJ108 za pojedine godine u razdoblju 1975.-2006. Isprekidane crte označavaju granice klasa (Precali i suradnici, 2003) a puna crta pravac dobiven linearnom regresijom.



Slika 4. Dijagrami po Boxu i Whiskeru prikazuju raspodjelu koncentracija (c) ukupnog anorganskog dušika (TIN) na postaji SJ108 za pojedine godine u razdoblju 1975.-2006. Isprekidane crte su granice klasa (Precali i suradnici, 2003) a puna crta pravac dobiven linearnom regresijom. Prosječni godišnji protok (Qa) rijeke Po na mjernoj postaji Pontelagoscuro za razdoblje 1975.-2006. Isprekidana crta je prosječni godišnji protok za razdoblje 1917.-2006. a puna crta regresijski pravac dobiven Lowess metodom.

Zaključak

Na temelju trofičkih indeksa (TRIX i koeficijent efikasnosti) ustanovljen je izraženi gradijent stupnja eutrofikacije od zapadnog prema istočnom području sjevernog Jadrana. Najvažniju ulogu u tome ima rijeka Po, koja doprinosi oko 70% ukupnom donosu hranjivih soli s kopna u sjeverni Jadran. Posljednjih petnaestak godina na istraživačkim postajama u blizini ušća rijeke Po zamijećeno je sniženje vrijednosti TRIX-a. To je u vezi s postupnim sniženjem koncentracije ortofosfata nakon primjene zakona o uklanjanju najvećeg dijela sadržaja polifosfata u detergentima u Italiji tijekom druge polovice osamdesetih godina prošlog stoljeća. Osim toga, sniženje koncentracije ortofosfata u sjevernom Jadranu posljedica je značajnog smanjenja slatkovodnog donosa. Međutim, navedene promjene nisu bitno utjecale na promjene TRIX-a na čitavom području. Malo, ali značajno sniženje koeficijenta efikasnosti ukazuje na moguću prilagodbu fitoplanktonske zajednice na novonastale uvjete.

Literatura

Anonimous (2006): Caratteristiche del bacino del fiume Po e primo esame dell'impatto ambientale delle attività umane sulle risorse idriche. Autorità di Bacino del fiume Po, Parma 2006, 583 str.

Chiaudani, G., Gaggino, G.F., Marchetti, R., Vighi, M. (1982): Caratteristiche trofiche delle acque costiere Adriatiche: campagna di rilevamento 1978-1979. CNR, Promozione della qualità dell'ambiente, Serie di Monografie AQ/2/14, Roma, 170 str.

Cushman-Roisin, B, Gacic, M, Poulain, PM, Artegiani, A, editors. (2001): Physical Oceanography of the Adriatic Sea. Past, present and future. Kluwer Academic Publ., 354 str.

Degobbis, D., Precali, R., Ivančić, I., Smodlaka, N., Fuks, D., Kveder, S. (2000): Longterm changes

in the northern Adriatic ecosystem related to anthropogenic eutrophication. Int. J. Envir. Poll., 13, 495-533.

Đakovac, T. (2006): Učestalost i uvjeti nastajanja cvjetanja mora, izrazite hipoksije i anoksije u sjevernom Jadranu. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, 139 str.

EEA (1999): Nutrients in European ecosystems. Environmental Assessment Report No. 4, 155 str.

Giovanardi, F., Vollenweider, R.A. (2004): Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applaying the Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas. J. Limnol., 63, 199-218.

Oddo, P., Pinardi, N., Zavatarelli, M. (2005): A numerical study of the interannual varaiability of the Adriatic Sea (2000-2002). Sci. Total Envir., 353, 39-56.

Ivančić, I., Degobbis, D. (1987): Mechanisms of production and fate of organic phosphorous in the northern Adriatic Sea. Mar. Biol., 94, 117-125.

Precali, R., Šolić, M., Šurmanović, D., Ćosić-Flajsig, G. (2003): Stanje kakvoće priobalnog mora Hrvatske. U: Gereš, D. (ur.) 3. Hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode u 21. stoljeću. Zbornik radova, Hrvatske vode, Zagreb, 435-442.

Parsons T.R., Maita Y., Lalli C.M. (1984): A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press. Oxford, New York, Toronto, Sydney and Frankfurt.

Vollenweider, R.A., Giovanardi F., Montanari, G., Rinaldi A. (1998): Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Environmetrics, 9, 329-357.

Yamada, M., Tsuruta, A., Yoshida, Y. (1980): A list of phytoplankton as eutrophic level indicator. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 46, 1435-1438.

Autori:

Robert Precali,
Tamara Đakovac
Danilo Degobbis

Centar za istraživanje mora, Institut „R. Bošković“, G. Paliage 5, 52210 Rovinj
Tel: +385 52 804741; Fax: +385 52 813 496
E-mail: precali@cim.irb.hr; djakovac@cim.irb.hr; degobbis@cim.irb.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.20.

ANALIZA IZDAŠNOSTI PRIOBALNIH IZVORA NA PODRUČJU OPATIJE KORIŠTENJEM TERMALNIH INFRACRVENIH SATELITSKIH SNIMAKA

Josip Rubinić, Bojana Horvat, Mladen Kuhta, Andrej Stroj

SAŽETAK

Krški priobalni izvori često imaju šire nelokalizirane zone istjecanja čiji je režim teško hidrološki kvantificirati klasičnim hidrometrijskim postupcima. Takav je slučaj s područjem Opatije, odnosno izvorišnom zonom gdje je najkoncentriranije i najstalnije mjesto istjecanja Kristal. Zbog specifičnosti njegovog vodonosnika prisutan je problem hidrogeološkog lociranja zone kao i ocjene ukupne bilance istjecanja tijekom dugotrajnih sušnih razdoblja. Stoga su klasični hidrogeološki pristupi dopunjeni hidrološkim procjenama bilance istjecanja korištenjem termalnih infracrvenih (TIC) satelitskih snimaka. Provedena procjena veličine temperaturnog površinskog odraza na moru iskorištena je za procjenu bilance istjecanja priobalnih izvora i to usporedbom termalnog odraza izvora poznate (mjerene) izdašnosti (i temperature) s termalnim odrazom izvorišne zone nepoznate izdašnosti. Razvijen je novi metodološki pristup temeljen na raspoloživim (vrlo oskudnim) hidrološkim podacima širega područja, a dobiveni rezultati ukazuju da je ukupna izdašnost zone istjecanja priobalnog izvora Kristal manja od 0,3 m3s-1. U radu su, u kontekstu primijenjene metodologije, rezultati procjene izdašnosti priobalnih izvora i vrulja i regionalno interpretirani. Utvrđeno je da ukupne minimalne izdašnosti priobalnih izvora i vrulja analiziranoga područja, procijenjene pomoću TIC snimaka, ukazuju na vrlo izraženo pražnjenje priobalnog krškog vodonosnika te relativno male rezerve podzemnih voda tijekom dugotrajnih sušnih razdoblja.

KLJUČNE RIJEČI: izdašnost izvora, TIC, temperatura sijanja, prostorna raspodjela, temperaturna anomalija

ABUNDANCE ANALYSIS OF THE COASTAL SPRINGS IN THE OPATIJA REGION USING THERMAL INFRARED SATELLITE IMAGERY

ABSTRACT

Karstic coastal springs are often characterized with the wide non-localized discharge zone that is difficult to quantify using the traditional hydrometric methods. Such is the case with the wider Opatija region i.e. the spring zone with the Kristal Spring as the

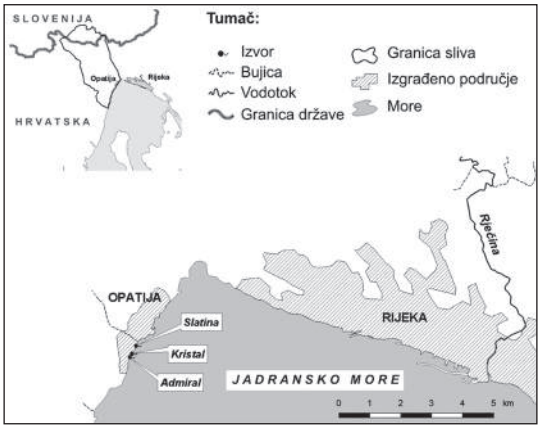
most concentrated and the most permanent outflow point. Due to the characteristics of the karstic aquifer, there is a problem of hydrolgeological designation of the zone as well as the total outflow balance during the long-lasting droughts. Therefore, the traditional hydrogeological approaches are supplemented with the use of thermal infrared (TIR) satellite imagery. Thermal signatures on the sea surface are used to estimate the outflows from the coastal springs in a way that the thermal signature of the location with the known (measured) discharge is compared to the thermal signature of the spring with the unknown discharge. A new methodological approach was developed based on the (very scarce) hydrological data from the wider analyzed area, with results showing that the total abundance of the Kristal spring is less than 0,3 m^3s-1. In the context of the applied methodology, the results of the estimation are interpreted regionally. It was affirmed that the total minimum outflows from the coastal and the submarine springs estimated using the TIR imagery show the emphasized discharge from the coastal aquifer as well as the relatively small reserves of the groundwater during the long-lasting droughts.

KEYWORDS: spring abundance, TIR, brightness temperature, spatial distribution, temperature anomaly

UVOD

Na opatijskom se području nalazi veliki broj priobalnih izvora i vrulja te više ili manje izražene zone difuznog istjecanja. Radi se o izvorima u neposrednom kontaktu s morem, koji su zaslanjeni tijekom duljeg vremenskog razdoblja ili stalno, s ekstremnim vrijednostima klorida većim od 10.000 mg/l. Veličina sliva je oko 366 km^2, od čega je u Hrvatskoj oko 300 km^2, a preostalih 66 km2 u Sloveniji [5] (Slika 1). Zbog povišene slanosti izvorske vode ti izvori nisu niti bili predmet sustavnih hidroloških praćenja uz iznimku od desetak vodomjerenja provedenih na izvorima Kristal, Admiral te nekoliko drugih izvorišta tog područja koja su obuhvatila tek dio podzemnih voda koje istječu na glavnim izvorišnim ograncima. Već je iz rezultata mjerenja bilo očito da se radi o značajnim resursima, posebno na izvoru Kristal gdje su tijekom sušnih razdoblja izmjereni protoci i od 0,5 m^3s-1, no s vrlo velikim udjelom morske vode (oko 1/3). U svrhu procjene ukupne izdašnosti, javila se ideja primjene daljinskih istraživanja tj. termalnih infracrvenih (TIC) satelitskih snimaka. Naime, snimci su korišteni za preliminarnu procjenu prostorno-vremenske raspodjele istjecanja te procjenu izdašnosti na temelju usporedbe termalnog „potpisa“ u zoni njihovog istjecanja u more s termalnim „potpisom“ istjecanja podzemnih voda poznate izdašnosti (u ovom slučaju s poznatim protocima Rječine na ušću, koje tijekom suše čine preljevi izvora Zvir).

Iako su mjerenja površinske temperature mora pomoću TIC dijela elektromagnetskog spektra (EMS) započela prije dvadesetak godina ugradnjom TIC kanala u sustave za daljinska istraživanja, do sada nisu poznati pokušaji primjene TIC snimaka za procjenu izdašnosti priobalnih izvora. Radi se, dakle, o inicijalnom pokušaju provedenom na temelju oskudnih raspoloživih terenskih podataka, a sa zadatkom ocjene mogućnosti primjene takvih analiza i metodologija proračuna te analize, verifikacije i regionalne interpretacije dobivenih rezultata [3]. Rezultati su dvostruko interesantni, kako sa stajališta verifikacije primijenjene metodologije, tako i sa stajališta njihove uporabne vrijednosti tj. ocjene minimalnih izdašnosti opatijskih izvora.



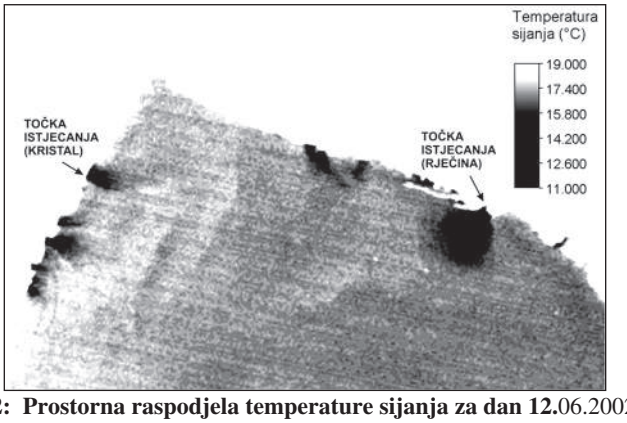
Slika 1 Situacija analiziranog područja

METODOLOGIJA PROVEDENIH OBRADA

Zahvaljujući svojim termalnim karakteristikama, priobalne izvore i vrulje je relativno lako uočiti na termalnim snimcima. TIC kanali su ugrađeni na tek nekoliko satelitskih platformi, a za regionalne se analize preporučaju prostorno detaljniji snimci (npr. ASTER, Landsat). U danom su radu korišteni snimci snimljeni Landsatovim senzorima TM (Thematic Mapper) i ETM (Enhanced Thematic Mapper) s prostornim rezolucijama 120 m odnosno 60 m koje omogućuju detekciju temperaturnih anomalija i manjih dimenzija.

Konačni cilj provedenih temperaturnih analiza bio je pronalaženje zavisnosti veličine temperaturnih anomalija na površini mora na mjestu istjecanja priobalnih izvora o njihovim protocima. Da bi se omogućila usporedba termalnih anomalija s registriranim protocima, datumi snimanja snimaka usklađeni su s raspoloživim hidrološkim podacima u sušnim razdobljima godine pa su odabrani snimci snimljeni 12.06.2002., 27.09.2003. te 29.09.2004. U svrhu definiranja prostorne raspodjele temperature odnosno definiranja temperaturnih anomalija proračunata je tzv. temperatura sijanja (brightness temperature) koja pretpostavlja emisivnost analizirane površine jednaku emisivnosti crnog tijela tj. $\varepsilon=1$ i nekoliko je stupnjeva niža od temperature površine. Kako joj se prostorna raspodjela podudara s prostornom raspodjelom površinske temperature, temperatura sijanja predstavlja važan parametar u analizi temperaturnih anomalija. Pretvorba digitalnog zapisa Landsatovog TIC kanala u spektralno sijanje temelji se na Planckovom zakonu [2] uz pretpostavku emisivnosti vode jednake 1. Na temelju tako dobivenog spektralnog sijanja proračunate su temperature sijanja (Slika 2).

Kao ekvivalent protoku, u analizi istjecanja je korištena veličina površine utjecaja slatke vode na morskoj površini, određena na temelju prostorne raspodjele temperature sijanja. Porastom udaljenosti od točke istjecanja smanjuje se i veličina utjecaja odnosno povećava se temperatura pa će površine različitih temperatura imati i različit težinski udio u proračunu ukupne površine utjecaja. U tu svrhu uvedeni su težinski koeficijenti čija se vrijednost smanjuje porastom temperature odnosno porastom udaljenosti od točke istjecanja. Proračun težinskih koeficijenata proveden je tzv. fuzzy funkcijom pripadnosti [1] (Slika 3) na način da su izraženi na kontinuiranoj ljestvici od 1 (potpuna pripadnost) do 0 (potpuna nepripadnost) i za svaki su snimak određeni zasebno. Ukupan temperaturni utjecaj pojedinih površina tj. "otežana" površina [4] određen je izrazom (1). Površine



Slika 2: Prostorna raspodjela temperature sijanja za dan 12.06.2002. god.

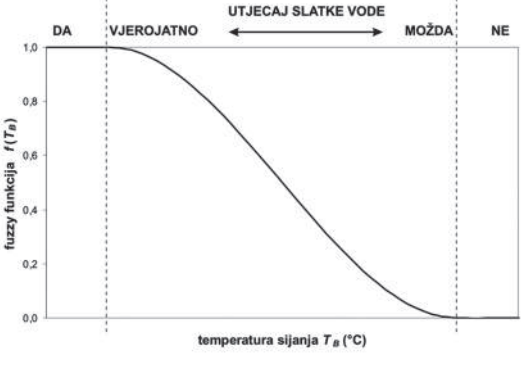
jednakih temperatura sijanja odnosno jednakih vrijednosti težinskih koeficijenata izračunate su pomoću histograma težinskih koeficijenata.

$$P = \sum_{i=1}^{n} P_i w_i \qquad (1)$$

gdje je: P - „otežana“ površina (m^2)

P_i - površine jednakih temperatura (m^2)

w_i - težinski koeficijenti površina jednakih temperatura



Slika 3 Fuzzy funkcija pripadnosti

Uvažavajući pretpostavku o proporcionalnosti između „otežane“ površine i izdašnosti izvora, izdašnost izvora za koji je dostupan samo podatak o temperaturama sijanja dobivenih obradom TIC satelitskih snimaka je određen izrazom (2):

$$\frac{P_1}{Q_1} = \frac{P_2}{Q_2} \qquad (2)$$

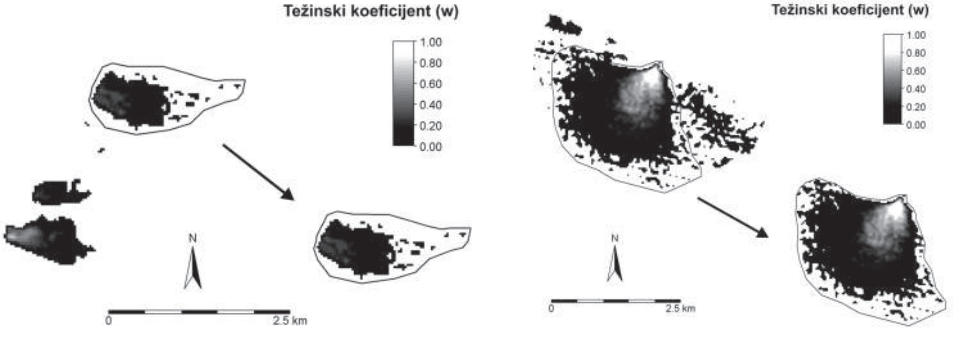
gdje je P_1 „otežana“ površina (m^2) na lokaciji s izmjerenim protokom Q_1 (m^3s-1) dok se P_2 odnosi na „otežanu“ površinu (m^2) na lokaciji s nepoznatim protokom Q_2 (m^3s-1).

REZULTATI I DISKUSIJA

Od izmjerenih hidroloških podataka, za odabrane su datume na raspolaganju bili samo podaci o dnevnim protocima hidrološke postaje Sušak tvornica - Rječina koji su dani u tablici 1 zajedno s rezultatima provedenih obrada. Zbog ekstremno sušnih uvjeta na dan 27.09.2003., izdašnost Kristala nije bilo moguće odrediti zbog nemogućnosti detekcije tako male temperaturne anomalije na satelitskom snimku, no rezultati analiziranih prilika u lipnju 2002. i rujnu 2004. imaju sasvim logične proračunate vrijednosti protoka. Granice utjecaja pojedinih izvorišnih zona određene su vizualnom analizom temperatura sijanja te definiranjem fuzzy funkcije pripadnosti na analiziranim lokacijama. Tako je npr. 12.06.2002. godine utjecaj Rječine procijenjen do maksimalne udaljenosti dMAX=2400 m od točke istjecanja pa je postavljanjem uvjeta dMAX=2400 i w>0, dobiveno područje utjecaja Rječine (slika 4a). Slična je analiza provedena na Kristalu (Slika 4b).

Tablica 1.„Otežane“ površine (P) te izmjereni (Q_I) i proračunati protoci (Q_P)

	Rječina		Izvorišna zona Kristal	
Date	**P (m^2)**	**Q_I (m^3 s-1)**	**P (m^2)**	**Q_P (m^3 s-1)**
12.06. 2002.	638.577,00	15,8	279.624,60	6,918
27.09.2003.	-	0,431	-	-
29.09.2004.	110.163,60	1,887	29.413,80	0,504



Slika 4 Težinski koeficijenti u zoni utjecaja pojedinih izvorišta na TIC satelitskom snimku snimljenom 12.06.2002.: a) ušće Rječine, b) izvorište Kristal

Za ocjenu bliskosti proračunatih vrijednosti realnim protocima na izvorištu Kristal, poslužili su rezultati vodomjerenja iz 2004.god. [6]. Mjerenja su provedena samo na desnom kraku izvora (na lijevom su zbog utjecaja mora uvjeti mjerenja otežani) pa je ukupna izdašnost procijenjena na temelju međuodnosa izdašnosti lijevog (70%) i desnog kraka (30%) iz ranijih simultanih vodomjerenja. Kako je dana 09.07.2004. izmjereno 0,719 m^3s-1, a 28.08.2004. i 23.09.2004. su izmjereni protoci od 0,500 m^3s-1 odnosno 0,380 m^3s-1, uz dani međuodnos te proračunati gradijent opadanja izdašnosti je dobiveno da je dana 29.09.2004. protok bio 0,504 m^3s-1. Upravo je toliko dobiveno i nezavisno provedenom procjenom korištenjem TIC satelitskih snimaka (tablica 1). S obzirom na ulazne podatke i usvojene pretpostavke, nesumnjivo se radi o slučajnoj i neočekivanoj razini podudarnosti koja prelazi točnost samih mjerenja, no takva bliskost potvrđuje mogućnost primjene dane

metodologije za ocjenu izdašnosti priobalnih izvora i vrulja inače nemjerljivih klasičnim metodama. Nužno je pri tome planirati prikupljanje podataka o praćenjima temperaturnih prilika koje u ovom slučaju nisu bili na raspolaganju.

Krajem rujna iznimno sušne 2003. godine je izdašnost izvorišta Kristal bila ispod praga detekcije na TIC satelitskom snimku, tj. višestruko manja od detektirane temperaturne anomalije na ušću Rječine gdje je izmjereno 0,431 m^3s-1. Na temelju regionalnih međuodnosa procjenjuje se da je bila ispod 0,3 m^3s-1 što ukazuje na veliku otvorenost i vrlo mali retencijski kapacitet vodonosnika na području Opatije. Takve značajke i redovito zaslanjivanje bitno umanjuju mogućnost njihova korištenja za vodoopskrbu.

ZAKLJUČCI

Provedene analize upućuju na opravdanost primjene TIC satelitskih snimaka pri detekciji i procjeni izdašnosti priobalnih izvora i vrulja. Razvijena metodologija zasnovana je na usporedbi temperature sijanja izvora poznatih izdašnosti s temperaturama sijanja priobalnih izvora i vrulja nepoznatih izdašnosti na način da se temeljem definiranih međuodnosa vrši procjena nepoznatih protoka. Rezultati procjene izdašnosti izvorišne zone Kristal u Opatiji dali su vrijednosti u skladu s ranijim rezultatima vodomjerenja. Činjenica da je tijekom rujna 2003. godine procijenjena izdašnost toga izvorišta bila izuzetno niska ukazuje na problematične mogućnosti osiguranja iskoristivih količina voda s analiziranog izvorišta tijekom sušnih razdoblja pri čemu je dodatni problem i jako zaslanjenje tih voda.

LITERATURA

1. Bonham-Carter, G.F. (1994): Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS, Pergamon, New York.
2. Grupa autora (2005.): Landsat 7 Science Data User's Handbook, Landsat Project Science Office, NASA's G.S.F.C.,MA, http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html
3. HGI (2005): Vodoistražni radovi na izvoristu Kristal u Opatiji, Izvješće druge faze istraživanja (nos.zad. Kuhta, M.), Zagreb, nepub.
4. Horvat, B., Rubinić, J., Kuhta, M., Stroj, A. (2007): Hydrological Evaluation of Utilizing Thermal Satellite Imagery to Estimate Outflow Quantities of the Uncontrolled Karstic Springs, u izradi.
5. IGI (2004): Granični vodonosnici Hrvatske i Slovenije između Kvarnerskog i Tršćanskog zaljeva - Izviješće II. faze istraživanja (nos. zad. Biondić, R.), Zagreb, nepubl.
6. IGI (2004): Izvorište Kristal - Opatija - Izviješće I. faze istraživanja (nos. zad. Kuhta, M.), Zagreb, nepubl.

Autori:

mr.sc. Josip Rubinić,[1],
mr.sc. Bojana Horvat,[2],
Mladen Kuhta, dipl. inž. geol[3],
Andrej Stroj, dipl. inž. geol[3]

[1]Građevinski fakultet Rijeka, V.C. Emina 5, 51000 Rijeka jrubinic@gradri.hr
[2]Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Ul. grada Vukovara 220, 10000 Zagreb
[3]Hrvatski geološki institut, M. Sachsa 2, 10000 Zagreb

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.21.

VAŽNOST MONITORINGA MIKROBIOLOŠKIH INDIKATORA U VODAMA PRIOBALNIH IZVORA

Tomislav Rukavina

SAŽETAK: Mikrobiološka je kvaliteta mora iznimno značajan pokazatelj mogućeg utjecaja na zdravlje ljudi koji borave u rekreacijskim područjima. Među mikrobiološkim pokazateljima kvalitete mora najznačajniji su oni koji uzrokuju bolesti probavnog sustava ili se kroz taj sustav unose u organizam čovjeka. Isti se mikroorganizmi najvećim dijelom i izlučuju sadržajem probavnog sustava ljudi i toplokrvnih životinja. Stoga se u sezoni kupanja i provodi redoviti monitoring mikrobioloških pokazatelja (indikatorskih mikroorganizama) koji su podrijetlom iz probavnog sustava. Prisustvo indikatorskih mikroorganizama dokazuje se na točkama koje su uglavnom udaljene od područja koju većina kupača koristi,te postoji mogućnost da rezultati ne ukazuju na stvarne zdravstvene rizike kojima su kupači izloženi. Ovim radom, na primjeru konkretnog mikrobiološkog onečišćenja na području Grada Rijeke, želimo ukazati na potencijalne prednosti lokaliziranja priobalnih izvora i praćenja mikrobioloških indikatora. Prema mojem mišljenju nalazi ovakvog tipa monitoringa bili bi u čvršćoj korelativnoj vezi s potencijalnim zdravstvenim rizicima u kupača, a na ovaj bi se način neposredno lokalizirali izvori kontaminacije, što bi omogućilo iznalaženje mjera za sanaciju onečišćenja te prevenciju mogućih štetnih utjecaja na zdravlje ljudi.

KLJUČNE RIJEČI: mikrobiološka kvaliteta mora, indikatorski mikroorganizmi, utjecaj na zdravlje ljudi, priobalni izvori

THE IMPORTANCE OF MONITORING OF MICROBIOLOGICAL INDICATORS IN WATERFROM COASTAL WATER SPRINGS

ABSTRACT: Microbiological sea water quality is an important indicator of possible influence on human health. Among microorganisms, the most important are those that cause diseases of the gastrointestinal tract or are introduced into the organism through it. The same microorgasnisms are mostly excreted through intestinal contents of humans and warm blooded animals. Therefore, during the bathing season, routine monitoring for the detection of certain microbiological indicators of the intestinal origin is performed on regular basis. The presence of these microorganisms is routinely detected on sites that are relatively distant from the areas usually used by most of the bathers. Therefore, it is possible that findings from these sites do not represent real health risks for the bathers. Present paper, on the example of real sea water microbiological contamination detected on the eastern part of the City of Rijeka, discusses potential benefits of localisation and microbiological monitoring of coastal water springs. According to my opinion, such

monitoring would be much strongly correlated with potential health risks for the bathers and would result in localisation of sources of sea water contamination. That could result in finding of possible measures for the elimination of contamination and the prevention of possible harmful influences on human health.

KEYWORDS: microbiological sea water quality, indicator microorganisms, influence on human health, coastal water springs

Uvod

Poznato je da patogeni mikroorganizmi koji se nađu u moru mogu biti preneseni na ljude i kod njih izazvati poremećaje zdravlja [3]. Iz tog je razloga, posebice u urbanim područjima te u njihovoj neposrednoj blizini, nužno pratiti mikrobiološku kvalitetu morske vode, posebno u razdoblju sezone kupanja. Obzirom na relativno veliki broj mikroorganizama koji se ovim putem mogu prenijeti na čovjeka, traganje za svakim od potencijalnih uzročnika nije niti racionalno ni izvedivo. Stoga se u praksi pri procjeni mikrobiološke kvalitete morske vode u rekreacijskim područjima koristimo tzv. indikatorskim mikroorganizmima.

Prema sadašnjoj praksi, prisustvo indikatorskih mikroorganizama u rekreacijskim područjima se dokazuje na točkama koje su uglavnom udaljene od područja koju većina kupača koristi (20-tak metara od obalne crte). Stoga je moguće da, na određenim lokacijama, nalazi dobiveni s tih točaka nedovoljno dobro reprezentiraju stvarne zdravstvene rizike kojima su kupači izloženi.

Mikrobiološka kontaminacija nepoželjnim mikroorganizmima u našim priobalnim područjima potječe uglavnom iz podzemnih voda s kopnenog područja. Najmanje poželjna mikrobiološka kontaminacija je kontaminacija fekalnog podrijetla. Podzemne vode mogu biti onečišćene fekalijama iz neadekvatnih sustava za zbrinjavanje sanitarnih voda ili površinskim vodama koje sa sobom donose animalne fekalije iz ruralnih područja. Takve se vode izlijevaju u more kroz priobalne izvore ili vrulje, te se razrjeđuju, a mikrobna flora koju sa sobom nose mijenja svoje karakteristike.

Vode priobalnih izvora ulijevaju se u more na obalnom rubu. Sva mikrobna kontaminacija koju podzemne vode sa sobom donose, da bi došla do mjesta redovitog monitoringa, najprije se kraće ili dulje vrijeme zadržava u priobalnom području, tj. priobalnoj rekreacijskoj zoni. Vrijeme zadržavanja mikroorganizama ovisi o osobitostima područja (zemljopisna obilježja lokaliteta, morske struje, valovi, vjetrovi…) te o samim mikroorganizmima i njihovim biološkim svojstvima. Obzirom na reljefna obilježja, čimbenik razrjeđivanja spomenute kontaminacije morem je u ovom pojasu manji nego li je na mjestima redovitog bakteriološkog monitoringa. Iako uglavnom postoji korelacija između svježe dospjele kontaminacije s nalazima redovitog monitoringa, nalazi monitoringa su ipak u najvećoj mjeri samo orijentacijski. Stoga je procjena zdravstvenih rizika kojima se izlažu rekreativni kupači temeljem ovih parametara upitna.

Mikrobiološka kontaminacija mora na istočnom priobalnom području Grada Rijeke - Prikaz problema

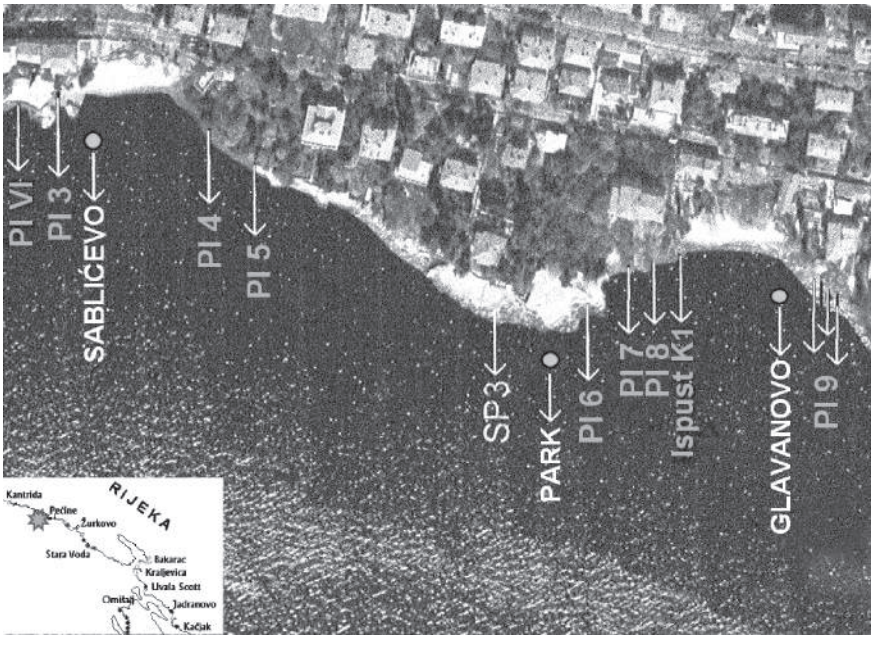
Povećano onečišćenje mora na istočnom priobalnom području Grada Rijeke zamijećeno je ispred bivšeg hotela «Park» u lipnju 2005. godine. Neposredno nakon toga uslijedile su istražne radnje koje su dovele do djelomične sanacije stanja i redukcije zagađenja, ali nisu razriješile postojeći problem. Početkom sezone kupanja 2006. godine, uzastopnim je bakteriološkim analizama mora ustanovljeno povećano prisustvo rutinskih bakterioloških

indikatora na točkama redovitog monitoringa u neposrednoj blizini spomenutog lokaliteta.

Polazeći od pretpostavke da kontaminacija dolazi iz podzemlja te da se oslobađa u more kroz priobalne izvore, tijekom mjeseca srpnja 2006. godine provedeno je istraživanje koje je, između ostalih, imalo za ciljeve:

- lokaliziranje izvora bakteriološkog onečišćenja;
- određivanje stupnja njihova doprinosa onečišćenju.

Tijekom spomenutog razdoblja uzorkovanje je obavljeno u četiri navrata u razmacima od po tjedan dana. U analiziranom razdoblju na širem području Grada Rijeke vladale su stabilne i sušne meteorološke prilike bez značajnijih padalina.



Slika 1. Smještaj analiziranih županijskih točaka i priobalnih izvora

Legenda: - smještaj analiziranog područja sa uvećane slike

Ispitivanja bakterioloških parametara provedena su na na mjestima ulijevanja u more deset priobalnih izvora te u uzorcima mora s tri tzv. županijske točke (Slika 1.). Navedene točke su obuhvaćene redovitim analizama mora u sklopu Programa monitoringa, na području ispred bivšeg hotela «Park» te istočno i zapadno, tj. ispred plaža Glavanovo i Sablićevo. Županijske točke uzorkovanja mora nalaze se na udaljenosti od 20-tak metara od obalnog ruba. Najzapadnije smještena točka se nalazi ispred plaže Sablićevo. Točka ispred bivšeg hotela «Park» smještena je oko 500 metara istočno, a točka ispred plaže Glavanovo je približno 200 metara istočno od hotela «Park». Lokacije ušća priobalnih izvora su također vidljive na Slici 1. Idući od zapada prema istoku, u neposrednoj blizini županijske točke ispred hotela «Park» (približno 30 metara) nalazi se izvor s oznakom PI 6/1, dok je najistočnije smješten izvor s oznakom PI 9/4, koji je od prethodno spomenutog izvora udaljen približno 200 metara. U ovom su radu prikazani rezultati analize dva rutinska indikatorska parametra; ukupne koliformne bakterije (KB) i fekalne koliformne bakterije (FKB) [1].

Tablica 1. Rezultati analiza uzoraka mora sa županijskih točaka

Datum	Parametar	županijske točke		
		Sablićevo	Park	Glavanovo
07.07.06.	KB[1]	1 370	1 320	300
	FKB[1]	50	117	150
14.07.06.	KB	160	320	800
	FKB	136	130	142
20.07.06.	KB	1 200	1 000	630
	FKB	156	110	120
27.07.06.	KB	360	5 000	300
	FKB	72	350	16
Srednja vrijednost	KB	555	1 206	461
	FKB	93	156	80

Legenda: broj bakterija u 100 mL (CFU/100 mL)

Rezultati

Rezultati ispitivanja uzoraka mora sa županijskih točaka prikazani su u Tablici 1. Iz tablice je vidljivo da mikrobiološki pokazatelji ukazuju na relativno visok stupanj mikrobiološke kontaminacije ukupnim koliformnim bakterijama te na umjerenu kontaminaciju bakterijama fekalnog podrijetla.

Tablica 2.: Rezultati analize uzoraka voda priobalnih izvora s ispitivanog područja

Datum	Parametar	Priobalni izvori (Hotel Park i Glavanovo)									
		PI 6/1	PI 6/2	PI 7	PI 8	K1	PI 9/1	PI 9	PI 9/3	PI 9/2	PI 9/4
07.07.06.	KB[1]	1 200	520 000	13 500	16 000	1 830	6 300	43 600	50 000	45 000	85 000
	FKB[1]	170	100 000	3 000	4 800	400	800	26 000	20 000	26 000	26 000
14.07.06.	KB	5 500	600 000	45 000	11 000	2 500	102 000	100 000	39 000	86 000	5 200
	FKB	300	35 000	1 100	800	220	3 800	3 900	19 000	3 000	1 600
20.07.06.	KB	46 000	14 000	73 000	37 500	23 000	30 000	128 000	9 800	40 000	9 000
	FKB	2 600	400	2 800	2 000	700	1 600	16 000	5 000	3 800	8 600
27.07.06.	KB	1 400	280 000	150	15	290	3 200	34 000	14 700	29 200	5 500
	FKB	600	50 000	20	10	30	560	3 000	740	4 400	270
Srednja vrijednost	KB	4 541	187 008	9 031	3 154	2 350	15 760	66 000	23 022	46 109	12 162
	FKB	531	16 266	656	526	207	1 285	8 353	6 123	6 009	3 135

Legenda: broj bakterija u 100 mL (CFU/100 mL)

Rezultati analize uzoraka voda priobalnih izvora s ispitivanog područja prikazani su u Tablici 2. Iz tablice je uočljivo da je voda iz analiziranih izvora visoko kontaminirana. Analiza sastava mikrobne kontaminacije ukazuje na dominantnu zastupljenost ukupnih koliforma te deseterostruko manju zastupljenost fekalnih koliformnih bakterija.

Temeljem doprinosa pojedinih izvora mikrobiološkoj kontaminaciji mora može se uočiti kako gotovo 50% mikrobiološke kontaminacije potječe iz izvora s oznakom PI 6/2, a potom slijede izvori s oznakama PI 9 i PI 9/2. Udio svih ostalih izvora je značajno manji.

Rasprava

Analiza dobivenih rezultata govori kako je količina mikrobioloških indikatora na točkama redovitog monitoringa bitno različita i mnogostruko manja od količine istih u vodama

koje kroz priobalne izvore istječu u more. Rekreacijska zona, koju većina kupača koristi, se nalazi upravo između dvije analizirane zone. Količina indikatorskih mikroorganizama je u moru rekreacijske zone vrlo vjerojatno između ovih dviju vrijednosti te im koncentracija vjerojatno opada udaljavanjem od obalne crte. Sukladno tome upitna je stvarna količina kontaminirajućih mikroorganizama kojima se izlažu kupači boravkom u rekreacijskoj zoni kupanja te potencijalna ugroženost njihova zdravlja prisustvom patogenih mikroorganizama. Naša je pretpostavka da je stvarna količina mikroorganizama kojoj je izložena većina kupača bitno veća od onih vrijednosti koje se mjere na točkama redovitog monitoringa. Ta je izloženost te mogući zdravstveni rizici različita od područja do područja. Naime morska voda nije stacionaran medij već je podložna kretanjima pod utjecajem reljefnih, mareografskih, klimatskih i drugih uvjeta. Sukladno tome na nekim područjima je kretanje vode brže, a na drugima sporije. Isto tako kretanja morske vode i na istom području nisu uvijek jednaka. Prema tome iste vrijednosti za pojedini mikrobiološki indikator u različitim uvjetima ne znače istovjetnu kvalitetu morske vode niti su garancija njezine zdravstvene sigurnosti. Pored navedenog, reakcija na dokaz povišenih vrijednosti pojedinih indikatora je limitirana na jednu jedinu opciju, a to je zabrana rekreacijskog kupanja na kontaminiranom području.

S druge strane i vode priobalnih izvora, ovisno o lokalnim prilikama u podzemlju, meteorološkim, hidrološkim i drugim uvjetima, mijenjaju svoje mikrobiološke karakteristike. Ipak, prema mojem mišljenju, monitoring voda koje se kroz njih izlijevaju u more predstavlja sigurniji način procjene stvarne mikrobiološke kontaminacije kojoj su izloženi kupači u rekreacijskoj zoni te njihove zdravstvene ugroženosti eventualno prisutnim patogenim mikroorganizmima. Rezultati naših analiza pokazuju da su vrijednosti oba analizirana mikrobiološka indikatora, posebno u visoko kontaminiranim izvorima i stostruko veće od izmjerenih vrijednosti na točkama redovitog monitoringa. Na konkretnom primjeru analiziranom u ovom radu izvor s oznakom PI 6/2 ima srednju izmjerenu vrijednost KB od 187 008 CFU/100 mL, dok najviša srednja vrijednost dobivena za isti parametar na županijskoj točki monitoringa iznosi 1 206 CFU/100 mL. Mišljenja smo da je, unatoč dilucijskom djelovanju morske vode na mikroorganizme pristigle iz podzemlja, njihova realna koncentracija u vodi rekreacijske zone višestruko viša od vrijednosti koje se dobivaju mjerenjima na točkama redovitog monitoringa. Posljedično tome smatram da je viši i stupanj korelacije s eventualnim zdravstvenim rizicima. Za razliku od monitoringa mikrobiološke kontaminacije kakav se danas provodi, mikrobiološki monitoring voda priobalnih izvora omogućuje i proaktivni pristup rješavanju eventualnih problema visoke kontaminacije. Konkretno, priobalni izvor s oznakom PI 6/2, kao što smo već ranije naveli, sudjeluje u ukupnoj kontaminaciji svih analiziranih izvora s približno 50%. Dodamo li ovoj vrijednosti kontaminaciju preostala dva visoko kontaminirana izvora (PI 9 i PI 9/2), skupni udio sva tri izvora mikrobiološkoj kontaminaciji mora na našem primjeru bi se popeo na približno 80%. Uz pretpostavku da svaki pojedinačni izvor doprinosi istim udjelom kontaminaciji mora na županijskim točkama, eliminacija štetnih utjecaja reducirala bi mikrobnu kontaminaciju na županijskim točkama redovitog monitoringa također za 80%. Tako bi primjerice, umjesto izmjerenih vrijednosti za najviše kontaminiranu točku (hotel «Park») vrijednosti KB reducirane za 80% iznosile približno 240 CFU/100 mL, a vrijednosti FKB bi pale na razinu od svega 30 CFU/100 mL. Na taj bi način kvaliteta mora na spomenutoj točki prešla iz kategorije jače zagađenog u kategoriju mora podobnog za kupanje [2]. Prema tome detekcija ovakvih točaka s bitnim doprinosom mikrobiološkoj kontaminaciji mora može predstavljati pretpostavku za iznalaženje tehnoloških rješenja s ciljem smanjenja realne kontaminacije rekreacijskog mora bilo odvođenjem kontaminiranih voda na veću udaljenost od obalne

crte bilo dekontaminacijom na mjestu izlijevanja u more.

Zaključci

Rutinski monitoring mikrobiološke kvalitete mora nedovoljno dobro reprezentira stvarnu izloženost rekreacijskih kupača mikrobiološkoj kontaminaciji te zdravstvenim rizicima.

Najmanje poželjne forme mikrobiološke kontaminacije u more dospijevaju iz podzemlja kroz priobalne izvore i vrulje.

Monitoring mikrobioloških parametara u vodama iz priobalnih izvora u snažnijoj je korelaciji sa stvarnom izloženošću rekreacijskih kupača mikrobiološkim kontaminantima i zdravstvenim rizicima.

Detekcija i lokalizacija priobalnih izvora s najvećim doprinosom mikrobiološkoj kontaminaciji mora omogućuje iznalaženje mjera za redukciju kontaminacije mora.

Literatura

1. Ashbolt N.J., Grabow W.O.K., Snozzi M. (2001): Indicators of microbial water quality. U: Fewtrell L., Bartram, J. (ur.) Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Risk assessment and management for water-related infectious disease, IWA Publishing, London.
2. Uredba o standardima kakvoće mora na morskim plažama (1996): Narodne novine, 33.
3. WHO (2005): Evidence for adverse health outcomes associated with recreational water use. U: Pond K. (ur.) Water recreation and disease. Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality, IWA Publishing, London.

Autor:

prof. dr. sc. Tomislav Rukavina,

Zavod za mikrobiologiju i parazitologiju, Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
i Mikrobiološki odjel, Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.22.

MONITORING BIOLOŠKIH POKAZATELJA STANJA KOPNENIH VODA

Dagmar Šurmanović, Marija Jokić

SAŽETAK: Pojam "stanje površinskih voda" prema Okvirnoj direktivi o vodama EU, definira se na osnovu dva kriterija - ekološkog stanja i kemijskog stanja. Ekološko stanje površinskih voda definira se na osnovu hidromorfoloških, bioloških i kemijskih te fizikalno-kemijskih elemenata. Kako su rijeke i jezera staništa za mnoštvo biljnih i životinjskih vrsta, za klasifikaciju ekološkog stanja voda najbitniji su biološki elementi. Postojeće sustavno praćenje bioloških pokazatelja kakvoće voda koje se provodi u okviru nacionalnog monitoringa bit će neophodno unaprijediti, kako bi se došlo do potpune spoznaje o kemijskom i ekološkom stanju voda (sastavu i brojnosti protista, biljaka i životinja, o eutrofikaciji, acidifikaciji, salinizaciji, saprobnosti). U radu je opisana struktura programa monitoringa bioloških pokazatelja u rijekama i jezerima prema zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU uz navođenje metoda procjene kvalitativne i kvantitativne strukture zajednica i metoda procjene ekološkog stanja.

KLJUČNE RIJEČI: stanje voda, ekološko stanje voda, kemijsko stanje

MONITORING OF BIOLOGICAL QUALITY ELEMENTS IN INLAND WATERS

ABSTRACT:The term "surface water status", according to the EU Water Framework Directive, is defined on the basis of two criteria - ecological status and chemical status. Ecological status of surface waters is defined on the basis of hydromorphological, biological, chemical and physico-chemical elements. Since rivers and lakes are habitats for numerous plant and animal species, biological elements are the most important for classification of ecological status of water. The existing systematic monitoring of biological indicators of water quality, which is conducted within the national monitoring, must inevitably be improved for achievement of the full insight into the composition and quantity of plant and animal species, indicators of water status (eutrophication, acidification, salinization, saprobity and structural deficit of communities), i.e. ecological status of water. The paper describes the structure of the monitoring programme for biological indicators in rivers and lakes according to the requirements of the EU WFD, and lists methods of assessing qualitative and quantitative structures of communities and methods of assessing ecological status.

KEYWORDS: water status, ecological status, chemical status

STRUKTURA PROGRAMA MONITORINGA BIOLOŠKIH POKAZATELJA PREMA ZAHTJEVIMA OKVIRNE DIREKTIVE O VODAMA EU

Početkom ovog stoljeća prestaje praćenje isključivo organskog onečišćenja, eutrofikacije i toksičnih učinaka nekih spojeva na živi svijet, a počinje promatranje kakvoće cjelokupnog vodenog ekosustava (obalnih i kopnenih ekosustava i zajednica organizama što ih nastanjuju). Do ovakve promjene dolazi zbog novijih spoznaja o snažnoj povezanosti između abiotičkih uvjeta i biotičkih odgovora zajednice, tako da se intenzivno radi na razvoju ekoloških metoda ocjenjivanja kakvoće. Ovakav razvoj je prisutan u SAD u vidu ocjenjivanja ekološkog integriteta, te u Europi u vidu uvođenja i primjene Okvirne direktive o vodama Europske unije [4].

Da bi se monitoring bioloških pokazatelja uspješno provodio, treba se odrediti za svaki biološki element kakvoće zasebno. Mjerne postaje (odsječci rijeka, jezera) trebaju biti klasificirane prema tipovima, a za ocjenu prema biološkim pokazateljima posebno je važno uspostaviti kriterije za vrlo dobro tip-specifično ekološko stanje za svaki biološki element kakvoće, odnosno referentno stanje. U nastavku slijedi pregled programa monitoringa za svaki biološki element zasebno.

Fitoplankton

Plankton je funkcionalna zajednica alga (fitoplankton) i životinja (zooplankton) raspoređenih u slobodnoj vodi stajaćica. Za monitoring prema zahtjevima ODV EU potreban je monitoring zajednice fitoplanktona.

Izbor reprezentativne mjerne postaje

Fitoplankton je pokazatelj koji je relevantan samo u stajačicama i nizinskim dijelovima rijeka (<200 m nadmorske visine). Na mjernoj postaji treba provesti i kemijski monitoring, pa se treba nalaziti dovoljno daleko od utjecaja bilo kojeg poremećaja, primjerice ušća pritoka ili ljudske aktivnosti, kako bi odražavala općenito stanje kakvoće vode.

Uzorkovanje i čuvanje uzoraka

Uzorke treba uzimati na dubini od 0,5 m. Uzorak fitoplanktona je potrebno spremiti u dvije bočice. Jedan dio uzorka treba pregledati u nekonzerviranom stanju, a dugi dio uzorka treba odmah konzervirati u otopini Lugola ili formalina i detaljno pregledati kasnije u laboratoriju.

Kvantifikacija organizama

Mogu se računati brojnost, broj pojedinačnih stanica, filamenata ili kolonija ili volumna biomasa, zbroj zasebnih volumnih biomasa svakog pojedinog organizma.

Brojnost fitoplanktona

Preporučeni postupak za kvantificiranje fitoplanktona je Utermöhl postupak (CEN TC 230/ WG 2/TG 3/N83: Water quality - Guidance standard for the routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscopy), a jedna od alternativa je također i procjena relativne brojnosti, tablica 1, no na taj način se ipak ograničava broj relevantnih indeksa.

Biomasa fitoplanktona

Biomasa fitoplanktona se može izraziti kao koncentracija klorofila-a. Analitički postupak je ISO 10260: 1992 Water quality - Measurement of biochemical parameter - Spectrometric determination of the chlorophyll-a concentration.

Izračunavanje relevantnih indeksa i postupci ocjenjivanja ekološkog stanja

Za izračunavanje odgovarajućih indeksa potrebno je imati odgovarajuću bazu podataka vrsta sa njihovim osnovnim karakteristikama. Na osnovu popisa vrsta računaju se odgovarajući indeksi. Preporučaju se slijedeći indeksi: ukupan broj vrsta, indeks raznolikosti (Shannon-Wiener, Margalef), indeks sličnosti, indeks bogatstva, omjer brojnosti izabranih skupina fitoplanktona (Cyanophyta, Euglenophyta, Chromophyta, Chlorophyta) u odnosu na ukupnu brojnost (%), saprobni indeks (Pantle-Buck, Zelinka, Marvan), brojnost fitoplanktona (broj stanica/1 ml), biomasa fitoplanktona (koncentracija klorofila-a, µg.L-1) i drugi. Potrebna je statistička analiza sa svaki izabrani indeks.

Tablica 1: Procjena relativne brojnosti vrste u uzorku

Skala	Opisna ocjena brojnosti vrste (brojnost vrste X u odnosu na ukupnu brojnost)
1	Rijetka
2	Povremena
3	Česta
4	Brojna
5	Vrlo brojna

Fitobentos

Za monitoring fitobentosa postoji nekoliko pristupa u Europi; primjerice prema Standardu za istraživanje, uzorkovanje i laboratorijsku analizu u plitkim vodotocima (CEN/TC 230 N 0540). Ipak većina europskih zemalja rabi samo bentoske dijatomeje (EN 13946: Guidance standard for routing sampling and pre-treatment of benthic diatoms from rivers and EN 14407: Guidance standard for identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters).

Izbor reprezentativne mjerne postaje

Treba izabrati prikladne mjerne postaje za fitobentos, reprezentativne za općenit prikaz kakvoće vode u vodenoj cjelini, te da su povezane s mjernim postajama za uzorkovanje bentoskih makroinvertebrata. Taj biološki pokazatelj je relevantan za sve tipove voda, a uzorkovanje treba biti obavljeno u toplom dijelu godine u vrijeme niskih voda.

Uzorkovanje i čuvanje uzoraka

Sastav zajednica dijatomeja se mijenja u zavisnosti od supstrata. Potrebno je izbjegavati jako zasjenjena mjesta, najmanje četiri tjedna supstrat koji se uzorkuje treba biti potopljen, sve dubine u osvjetljenoj zoni dostupne, treba sastrugati površinu od najmanje 10 cm2, a uzorak konzervirati i spremiti u bočicu. Da bi se dijatomeje mogle odrediti, prvo ih treba očistiti, a potom napraviti trajne preparate.

Određivanje vrsta

Preporučuje se determinacija dijatomeja do razine vrste, jer većina indeksa koji se koriste zahtijeva determinaciju do razine vrste, iako neki dopuštaju i do razine roda, ili njihovu kombinaciju.

Kvantifikacija organizama

Uobičajeni broj jedinki (stanica dijatomeja) u uzorku koje su potrebne za izračunavanje različitih indeksa je 300-500 jedinki. U slučaju manjeg broja jedinki moguč je nedostatak statističke značajnosti analiza

Izračunavanje relevantnih indeksa i postupci ocjenjivanja ekološkog stanja

Za izračunavanje odgovarajućih indeksa potrebno je imati odgovarajuću bazu podataka vrsta sa njihovim osnovnim karakteristikama. Prvi predloženi popis vrsta dijatomeja se

može preuzeti iz baze podataka Ecoproof softvera. Na osnovu popisa vrsta trebaju se računati odgovarajući indeksi, za što se može rabiti OMNIDIA ili neki drugi programi [2]. Za bentoske dijatomeje se preporuča uporaba slijedećih indeksa: broj vrsta, broj rodova, indeks raznolikosti, indeks sličnosti, saprobni indeks, Watanabe indeks (saproksene ili saprofilne vrste), IBD indeks (vjerojatnost pojavljivanja u okvirima sedam klasa kakvoće vode), EPI-D (tolerancija ili otpornost vrsta na razine onečišćenja), trofički dijatomejski indeks (ograničen na organsko onečišćenje), SHE (trofička osjetljivost). Potrebna je statistička analiza sa svaki izabrani indeks.

Makrofita

Monitoring vodenih makrofita u vodotocima za potrebe ocjene ekološkog stanja koji se provodi prema europskoj normi (EN 14184: Guidance standard for the surveying of aquatic macrophytes in running waters) primjenjiv je samo za nizinske rijeke. Monitoring makrofita treba poduzimati od kasnog proljeća do rane jeseni (obično od svibnja do kasnog rujna, ovisi o lokalnim klimatskim uvjetima), u razdoblju optimalnog razvoja makrofita.

Izbor reprezentativne mjerne postaje

Na iskustvu projekta Macrophytes, River Corridor, Land Use, Habitats: a Multifunctional GIS-based Study in the Catchment of the Danube River (MIDCC), preporučuje se odsječak rijeke dug 1 km za istraživanje velikih rijeka, dok za manje rijeke, dužine koje treba istražiti mogu biti kraće.

Istraživanje makrofita

Potrebno je pripremiti terenski protokol za svaki uzorkovani odsječak rijeke, koji će sadržavati osnovne informacije (ime rijeke, riječni km, GPS koordinate i slično), kao i abiotičke karakteristike vodotoka (prozirnost vode, tip supstrata, procjenu brzine protoka, postotak zasjenjenih područja).

Kvantifikacija makrofita

Svaka identificirana vrsta makrofita se treba kvantificirati (tablica 2):

Tablica 2: Kvantifikacija makrofita

Identifikacija organizama

Preporučuje se identifikacija makrofita do razine vrste na terenu uporabom odgovarajućih ključeva i vodiča. Ako se vrsta ne može sa sigurnošću odrediti na terenu potrebno je uzeti uzorak i nalaz odrediti u laboratoriju. Preporuča se i fotografiranje stanja zatečenog na terenu.

Izračunavanje relevantnih indeksa i postupci ocjenjivanja ekološkog stanja

Skala	Opis relativne biljne mase (RPM) (relativna biljna masa vrste X u odnosu na ukupnu brojnost)
1	Rijetka
2	Povremena
3	Česta
4	Brojna
5	Vrlo brojna

Za izračunavanje odgovarajućih indeksa potrebno je imati odgovarajuću bazu podataka vrsta sa njihovim osnovnim karakteristikama. Prvi predloženi popis vrsta i njihovih karakteristika se može preuzeti iz MIDCC projekta. Na osnovu popisa vrsta trebaju se računati odgovarajući indeksi, a preporuča se uporaba slijedećih indeksa: broj vrsta, indeks raznolikosti, indeks sličnosti, trofički indeks, referentni indeks. Potrebna je statistička analiza sa svaki izabrani indeks.

Makrozoobentos

Na osnovu rezultata europskih projekata AQUEM [1] i STAR za manje vodotoke se preporuča uporaba postupka uzorkovanja koji obuhvaća sva mikrostaništa (multihabitat sampling). Ovaj element kakvoće je važan za sve tipove vodotoka.

Izbor reprezentativne mjerne postaje, metode uzorkovanja i čuvanja uzoraka

Kao i za bentoske dijatomeje, tako i za makrozoobentos potrebno je izabrati mjerne postaje koje su reprezentativne za praćenje opće kakvoće vode određene vodene cjeline. Uzorkovanje je potrebno izvoditi u toplom dijelu godine u razdoblju niskih voda. Za plitke rijeke uzorkovanje se temelji na multi-habitat shemi. Uzorak se sastoji od 20 ”poduzoraka” (replicants) sakupljenih sa svih mikrostaništa na mjernoj postaji prosječne dužine od 100 m. Za velike i vrlo velike rijeke se preporučuje uzorkovanje prirodnog supstrata i kvantitativno uzorkovanje. Metoda “kick net” i druge metode za kvantitativno uzorkovanje se mogu koristiti (ISO 9391 - “Sampling in deep waters for macro-invertebrates - guidance on the use of colonization, qualitative and quantitative sampling). Promjer oka na mrežici uzorkivača mora biti 500 µm. Uzorci makrozoobentosa se spremaju u posudice potrebne veličine i konzerviraju s otopinom formalina.

Identifikacija organizama

Preporučuje se determinacija organizama do razine vrste, jer je tada moguće izračunavati različite indekse.

Izračunavanje relevantnih indeksa i postupci ocjenjivanja ekološkog stanja

Za izračunavanje odgovarajućih indeksa potrebno je imati odgovarajuću bazu podataka vrsta sa njihovim osnovnim karakteristikama. Za izračunavanje indeksa se mogu koristiti ASTERICS ili AQUEM dip 2.6 softver (saprobni indeks, mjere tolerancije, indeksi zonacije, indeksi preferiranja brzaca, indeksi preferiranja mikrostaništa, indeksi raznolikosti, tipovi prehrane, tipovi kretanja/lokomocije, mjere sastava zajednice, mjere bogatstva zajednice, brojnost).

Ribe

U principu isti tip uzorkovanja različitih staništa ili supstrata se primjenjuje i na ribe. Ribe su relevantan pokazatelj za sve vodotoke. Izbor mjesta uzorkovanja treba biti reprezentativan za sva riječna staništa. Temperatura vode ne smije biti niža od 5°C.

Uzorkovanje

Metoda uzorkovanja treba se temeljiti na normi EN 14011: Sampling of fish with electricity. U velikim vodotocima uzorkuje se iz čamaca. U tablici 3 navedene su minimalne duljine vodotoka koje je potrebno uzorkovati na manjim vodotocima. Dovoljno je uloviti otprilike 200 jedinki, ali ukupna površina uzorkovanja mora obuhvaćati više od 100 m2.

Tablica 3: Minimalna duljina vodotoka koja se treba uzorkovati za ribe

Identifikacija i kvantifikacija organizama

Vrste se trebaju odrediti prema morfološkim obilježjima. Mjeri se duljina riba (poželjno duljine repa) i starost (otoliti, ljuske).

Izračunavanje relevantnih indeksa i postupci procjenjivanja ekološkog stanja

Preporuča se koristiti FAME postupak procjene i Austrijski riblji indeks.

Veličina vodotoka	**Minimalna duljina**
Vrlo mali vodotoci, širina< 5 m	20 m, uzorkuje se cijela širina vodotoka
Mali vodotoci, širina 5 - 15 m	50 m, uzorkuje se cijela širina vodotoka
Veliki vodotoci i kanali, širina > 15 m	> 50 m na jednoj ili na objema obalama
Veliki plitki vodotoci, dubina <70 cm	200 m^2

RASPRAVA I ZAKLJUČCI

U okviru nacionalnog monitoringa kakvoće vode, biološki pokazatelji su obvezni pokazatelji koji se prate na svim mjernim postajama u površinskim vodama (rijekama i jezerima). Uzorkovanje se obavlja najmanje dva puta godišnje (u zimskom i ljetnom periodu za vrijeme niskih voda). Od bioloških pokazatelja prate se zajednice makrozoobentosa i fitobentosa, a na nekim mjernim postajama i planktona, izračunava se Pantle-Buck-ov indeks saprobnosti, produženi biotički indeks i stupanj trofije, a od bioindikatorskih sustava koriste se Wegl, te od 2005. godine i Hrvatski indikatorski sustav (HRIS) [3].

Kako se prema ODV EU na svim mjernim postajama za praćenje ekološkog stanja treba pratiti svih pet bioloških pokazatelja kakvoće, fitoplankton (relevantan samo za nizinske dijelove rijeka i jezera), mikro i makrofitobentos, makrozoobentos i ribe, postojeći nacionalni monitoring bioloških pokazatelja bit će potrebno proširiti na veći broj pokazatelja. S obzirom da na nacionalnoj razini nedostaje bioloških podataka, trebalo bi pri izradi prvog nacionalnog programa monitoringa prema zahtjevima ODV, voditi računa o potrebi povećanja učestalosti praćenja nekih bioloških elemenata kakvoće u odnosu na onu koja se zahtijeva prema ODV, što se posebno odnosi na fitobentos (mikrofitobentos i makrofita) i makrozoobentos (primjerice, jednom godišnje, umjesto jednom u tri godine).

Trebat će razvijati nacionalnu metodologiju ocjene ekološkog stanja, što nije moguće ostvariti bez dovoljno bioloških podataka, a pojačani će biološki monitoring kroz nekoliko godina omogućiti stvaranje baze bioloških podataka, kao i uvjete za testiranje brojnih bioloških indeksa koji se danas preporučuju za korištenje. Pokazalo se da je prilikom procjene utjecaja neke promjene ili početne procjene najbolje koristiti indekse raznolikost, sličnost, biotički kao i % EPT vrsta, a dobar izbor indeksa je osnova za postupak ocjene ekološkog stanja.

U tijeku je provedba projekta Hrvatskih voda i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod nazivom „Ekološko istraživanje površinskih kopnenih voda u Hrvatskoj prema kriterijima Okvirne direktive o vodama“. Očekuje se da će rezultati projekta doprinjeti boljoj spoznaji o biološkim karakteristikama rijeka i jezera Hrvatske, te dijelom poslužiti kao podloga za izradu planova upravljanja vodnim područjima što je obveza prema Zakonu o vodama [5].

LITERATURA

1. AQEM Consortium 2002. Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the

purpose of the WaterFramework Directive. Version 1.0.

2. Lecointe, C., Coste M., Prygiel, J. (1993): "OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. Hydrobiologia, 269/70: 509-513. 9- Liebmann, H., 1962. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Fischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band I. Oldenbourg, München.

3. Primc Habdija, B., Kerovec,M. (2005): Biološka valorizacija voda. Primjena Hrvatskog indikatorskog sustava. Studija II. Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Hrvatske vode. Pismohrana.

4. Water Framework Directive (2000): 2000/60/EC

5. Zakon o vodama (2005): NN 107/95, NN 105/05

Autori:

mr. sc. Dagmar Šurmanović[1],

Marija Jokić, dipl. ing.[2]

[1] Hrvatske vode, Sektor razvitka, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220
Tel: 01 63 07 604; Fax: 01 63 07 684; e-mail: *sdagmar@voda.hr*

[2] Hrvatske vode, VGO za Vodno područje primorsko-istarskih slivova,
Rijeka, Đure Šporera 3, Tel: 051 66 64 53 ; e-mail: *mjokic@voda.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.23.

REŽIM TEKUĆICA U PORIJEČJU RIJEKE SANE

Emir Temimović

SAŽETAK: U radu se razmatra režim tekućica u poriječju rijeke Sane (u sjeverozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine). Na svim razmatranim stanicama potvrđuju se osnovne karakteristike godišnjeg hoda srednjih mjesečnih protoka. Općenito su veći protoci u hladnijem dijelu godine, što je najvećim dijelom posljedica gubitaka evapotranspiracijom u toplijem dijelu godine. Izražena su dva maksimuma, prvi u travnju, a drugi u prosincu. Travanjski maksimum posljedica je utjecaja snježnice i kišnice. Visoki protoci u kasnu jesen odraz su jesenjskih padalina te se podudaraju sa sekundarnim maksimumom padalina (pritom ulogu ima i smanjena evapotranspiracija). Zaključuje se da su režimi Sane, kao i svih većih tekućica u poriječju, kišno-snježni (pluvio-nivalni) s naglašenijom ulogom kišnice u hranjenju tekućica. Provedena je klasifikacija režima prema Kelleru te je prema toj klasifikaciji režim Sane u gornjem dijelu toka tipa Df, u središnjem Ef i Df, a u donjem toku De. Sanica kod Hrustova ima tip Ee.

KLJUČNE RIJEČI: poriječje rijeke Sane, Bosna i Hercegovina, režim tekućica, protoci

STREAM FLOW REGIME IN THE SANA RIVER CATCHMENT

SUMMARY: This work deals stream flow regime in the Sana river catchment (in the north-west region of Bosnia and Herzegovina). On all observed stations, the main characteristics of the anual movement of the middle monthly channel flows are confirmed. The run-off is greater in winter-time, as a result of summer-time large losses due to the evapotranspiration. There are two discharge maximums, first in april, and the second in december. The first in april is a result of the influence of snow and rain-water. High run-offs in late autumn are a reflection of the autumn's precipitation. These high run-offs are in conformity with secondary maximumsof precipitation (for all that, reduced evapotranspiration takes part in that too). It is concluded that the stream flow regime of Sana river and the largest tributaries is of (pluvio-nival type), rainy-snowy with the predominant role of rain. According to the Keller typisation of stream flow regimes of the river Sana are: in the southern part of flow river drainage basin is type Df, in the central part of flow types Ef and Df, and in the northern part of flow the type is De. Sanica near Hrustovo has a type Ee.

KEYWORDS: Sana river catchment, Bosnia and Herzegovina, stream flow regime, channel flow

1. UVOD

Područje istraživanja ovog rada je poriječje rijeke Sane, koje obuhvaća dijelove zapadne i sjeverozapadne Bosne i Hercegovine. Površina poriječja omeđena orografskom (topografskom, površinskom) razvodnicom iznosi 3739,75 km^2 (prema vlastitim mjerenjima s karata mjerila 1:50.000 i 1:100.000). Navedeno područje obilježava heterogenost litološkog sastava (česta izmjena vodonepropusnih i vodopropusnih stijena) izrazita rasjedna razlomljenost terena uz pojave karbonatnih slojeva, što je utjecalo da se hidrološka razvodnica nepodudara s orografskom razvodnicom. U južnim i jugozapadnim dijelovima istraživanog područja dolazi do nepodudaranja površinske i dubinske razvodnice i to su tereni na kojima su hidrološkim istraživanjima dokazani podzemni pravci otjecanja (ponor-vrelo) (Kanaet, 1959.). U ovom prostoru je izdvojeno zajedničko podzemno poriječje Sane i Plive površine 320,75 km^2, zona sjeverozapadnog dijela Glamočkog polja koja se podzemnim vezama odvodnjava prema vrelima Sane i Ribnika (174,5 km^2) te zone Bravskog polja i jugoistočnog dijela Petrovačkog polja (Drinić) koje se dokazanim podzemnim vezama (Kanaet, 1959.) odvodnjavaju prema vrelima Sanice, Korčanice, Dabra i nekim manjim vrelima jugozapadnog dijela poriječja (282,25 km^2). Prema tome, ukupna površina poriječja rijeke Sane iznosi 4.517,25 km^2.

Usljed navedenog, gornje i dijelovi središnjeg poriječja imaju neutvrđenu hidrološku razvodnicu (zbog ispucale karbonatne podloge i zbog brojnih rasjednih zona) tako da se ne može sa sigurnošću odrediti granice poriječja prema susjednim poriječjima; Vrbasa na istoku, Plive na jugoistoku, Cetine na jugu (odnosno granica prema jadranskom slijevu koja oduvijek predstavlja problem za brojne istraživače ovog prostora), Unca na jugozapadu i Une na zapadu. Prema tome, poriječje rijeke Sane pripada crnomorskom slijevu, a na području Glamočkog polja graniči s jadranskim slijevom, odnosno poriječjem Cetine.

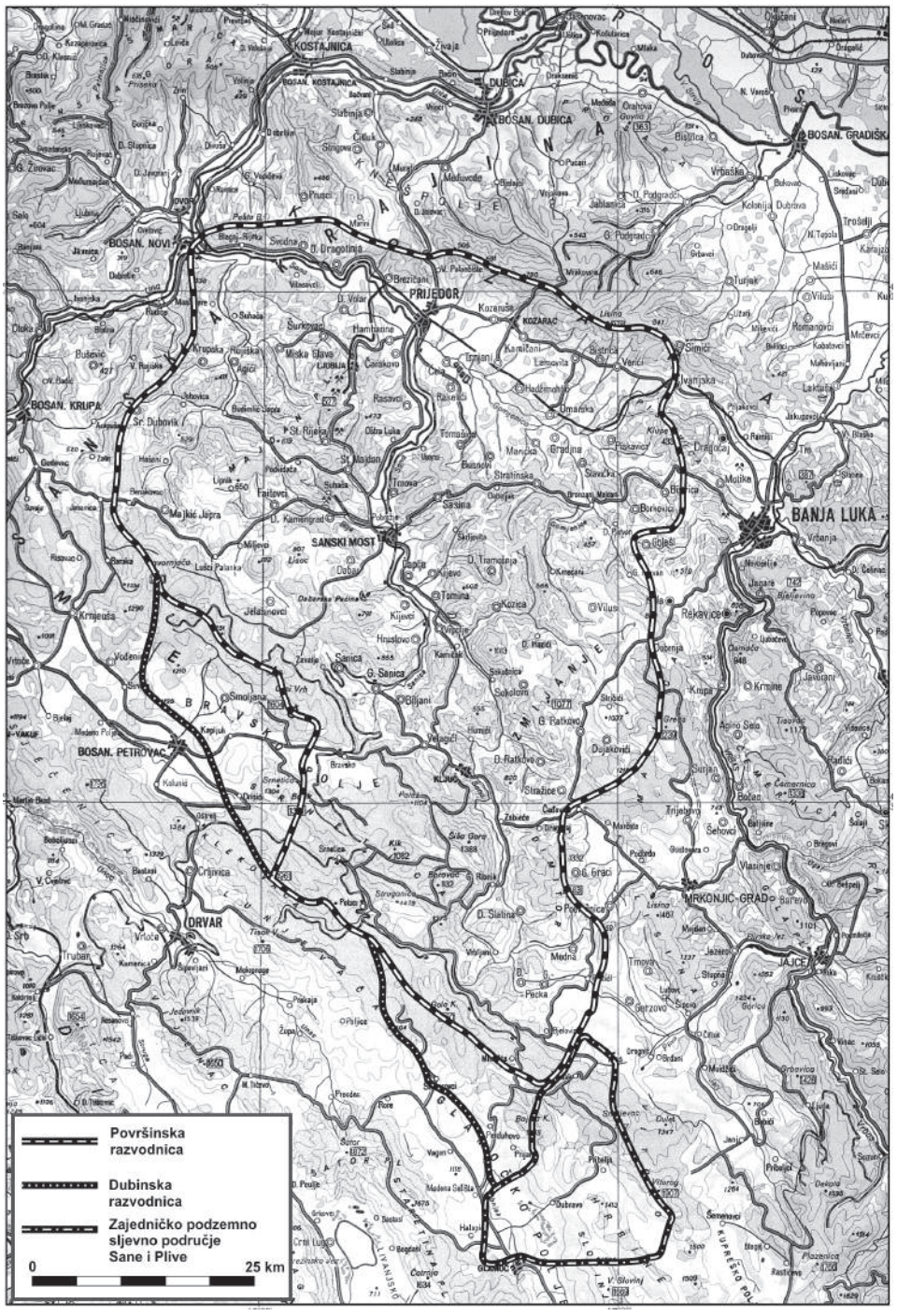
Oblik poriječja rijeke Sane (slika 1.) je pravilno izduljen, a razvodnica je razmjerno razvedena. Površine lijevih i desnih pritoka u velikoj mjeri ne odskaču tako da za poriječje se može istaći da je relativno asimetrično. Razmjerna pravilnost poriječja upućuje na to da se mogu očekivati velike razlike između najniže i najviše vode. Mreža tekućica poriječja rijeke Sane dobro je razvijena (gusta) u sjevernom nizinskom dijelu poriječja gdje prevladavaju nepropusne paleozojske naslage te naslage tercijarnih bazena. U južnim i jugozapadnim dijelovima poriječja zastupljena je specifična krška hidrografija koja se bitno razlikuje od hidrografije na nepropusnim stjenskim naslagama. Osnovna specifičnost ogleda joj se u skoro potpunoj bezvodnosti na površini, a bogatstvom vode u unutrašnjosti vapnenačkih stjenskih masa. U ovom području se nalaze najsnažnija vrela u istraživanom području. Ona su tektonski preduvjetovana, najčešće se javljaju na kontaktu propusnih područja i hidrogeoloških barijera, na mjestima gdje se prazne moćne podzemne akumulacije vapnenačkih i dolomitnih stijena južnog i jugozapadnog dijela poriječja.

2. REŽIM TEKUĆICA U PORIJEČJU

Više je definicija režima tekućica. Parde (1933.) je zastupao mišljenje da je riječni režim «kompleks pojava koje utječu na opskrbu tekućica i promjenu njihovih stanja». Režim tekućica obuhvaća:

1. Način opskrbe vodom
2. Raspodjelu karakterističnih protoka (vodostaja) u koritu rijeke za hidrološke ili kalendarske godine.

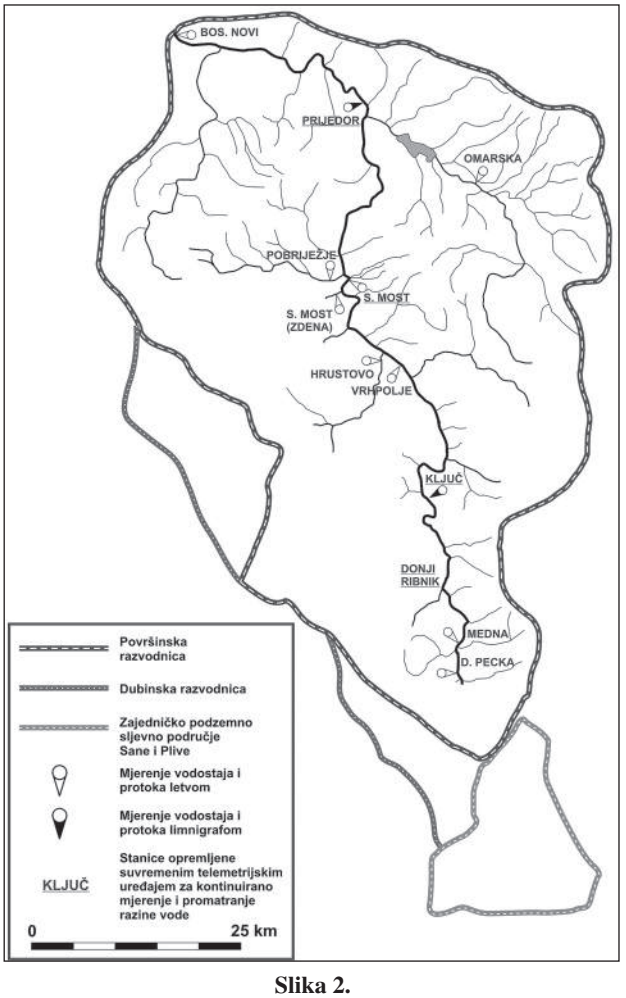
Prema načinu opskrbe razlikuju se tekućice koje dobivaju vodu od leda (sočnica), od


KOSTAJNICA
DUBICA
BOSAN. DUBICA
BOSAN. GRADIŠK
BOSAN. NOVI
PRIJEDOR
KOZARAC
BOSAN. KRUPA
SANSKI MOST
BANJA LUKA
BOSAN. PETROVAC
DRVAR
MRKONJIĆ-GRAD
JAJCE
Površinska razvodnica
Dubinska razvodnica
Zajedničko podzemno sljevno područje Sane i Plive
0
25 km

Slika 1.

snijega (snježnica) i od kiše (kišnica) uz temeljnu opskrbu vodom iz podzemlja. Raspodjela karakterističnih protoka (vodostaja) očituje se u broju, pojavi i položaju maksimalnih i minimalnih vrijednosti za hidrološke ili kalendarske godine. (Riđanović, 1993.). Pri odredbi režima tekućica koriste se vodostaji i protoke kao glavne hidrološke veličine, a one se mjere na hidrološkim stanicama. Daleko je značajnije raspolagati protocima jer se tada mogu obavljati usporedbe između podataka pojedinih stanica, dok kod vodostaja izravne usporedbe nisu moguće. Protoci omogućavaju uvid u količine vode i stoga je moguće uspoređivati promjene iz mjeseca u mjesec, dok vodostanje može poslužiti za utvrđivanje režima kada nema podataka o protocima.

Prije Drugog svjetskog rata u poriječju postoje samo četiri stanice hidrološke stanice i to: Bosanski Novi, Ključ, Prijedor i Sanski Most (sve na tekućici Sani). Ove stanice su osnovane za Austro-Ugarske vladavine ovim krajevima. Za Drugog svjetskog rata obavljana su mjerenja, ali s prekidima. Nakon rata, narasta potreba za gušćom mrežom opažačkih mjesta, tako da se osnivaju nove stanice, a stare se renoviraju i opremaju limnigrafom. U razdoblju 1951.-1960. godine osnovane su tri nove stanice (Donja Pecka i Vrhpolje na Sani i Omarska na Gomjenici), a u razdoblju 1961.-1970. godine dvije stanice: Hrustovo na Sanici i Medna na Sani. Poslijednje dvije novoosnovane stanice u poriječju su stanice Sanski Most na Zdeni (1978.) i Pobriježje na Blihi (1982.).



Slika 2.

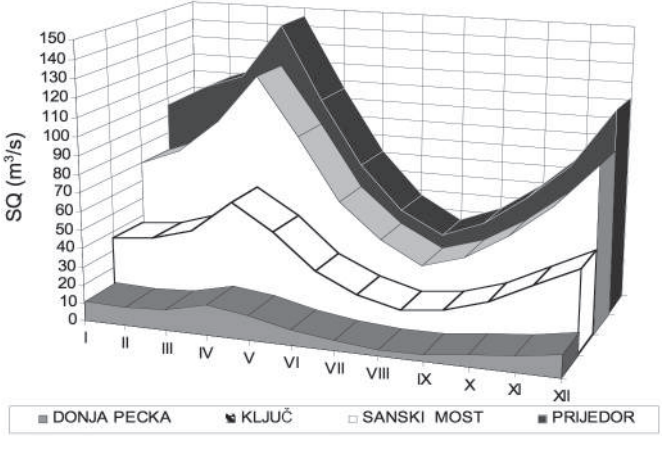
Iz navedenog se može zaključiti da je do 1991. godine radilo razmjerno malo hidroloških stanica u poriječju rijeke Sane. Mjerenja su često bila prekidana, kvaliteta mjerenja je često bila ispod očekivane razine, obavljan je slab nadzor visokog vodnog režima, a česta su bila i ljudska djelovanja unutar korita tekućica. Zbog toga je prilikom daljnjih razmatranja potreban oprez. Agresijom na Bosnu i Hercegovinu mreža hidroloških stanica u poriječju je devastirana. Neke stanice su ukinute još 1990. godine (Donja Pecka i Medna), a poslije 1991. godine situacija je slijedeća:

1. Stanice koje su nastavile s radom uz manje prekide: Bosanski Novi, Prijedor i Sanski Most

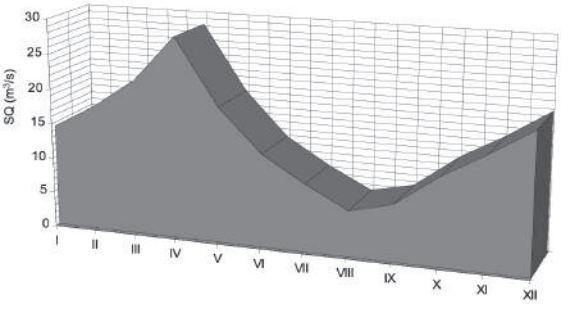
2. Devastirane stanice: Ključ, Vrhpolje, Hrustovo, Sanski Most (Zdena) i Pobriježje

Nakon potpisivanja Daytonskog sporazuma (1995. godine), u sastavu HMZ Federacije BiH su se nalazile dvije stanice: Sanski Most (od 1995.) i Ključ (od 1997.), a u sastavu HMZ Republike Srpske stanice Prijedor (1995.) i Donji Ribnik. (2003.). Suvremeni telemetrijski uređaji za kontinuirano motrenje razine vode na ove dvije stanice su postavljeni 2003. godine, a na stanicama Ključ i Sanski Most 2001. godine.

Razmatranje režima tekućica u poriječju rijeke Sane počinje prikazom na slikama 3. i 4. na kojima su prikazani godišnji hodovi protoka u razmatranim stanicama za odgovarajuće razdoblje. U datim hidrogramima navedeni su mjesečni srednjaci za razdoblja duga 30 godina (Ključ, Sanski Most), 27 godina (Prijedor), 25 godina (Hrustovo) i 23 godine (Donja Pecka). Ovo su sasvim dovoljni nizovi da se na temelju njih mogu izvoditi zaključci o režimu pojedinih tekućica. Srednji mjesečni protoci na Sani pokazuju jasne odnose: nizvodnije stanice imaju veće protoke, a najveći su zabilježeni na stanici Prijedor jer je do tada Sana primala sve veće i značajnije pritoke (Ribnik, Banjica, Kozica, Sanica, Dabar, Zdena, Bliha i Gomjenica). Za istaći su Sanica, Bliha i Gomjenica s tri najveća poriječja među glavnim pritocima. U skladu s hidrogeološkim značajkama i veličinom poriječja je i veća količina vode. Kretanje krivulja na prikazima pokazuju iste značajke te se iz datih prikaza iščitavaju osnovne značajke režima tekućica u poriječju: općenito su viši protoci u hladnijem dijelu godine, a niži u toplijem, što je najvećim dijelom posljedica većih gubitaka evapotranspiracijom u toplijem dijelu godine. Na svim krivuljama izražena su dva maksimuma: prvi u travnju, a drugi u prosincu. Travanjski maksimum posljedica je utjecaja snježnice i kišnice, a u ovom mjesecu padne daleko više padalina nego u ožujku. Primarni maksimum protoka u travnju specifičan je za tekućice Bosanske Krajine i Srednje Bosne (Dukić, 1954.). Na svim stanicama najintenzivniji porasti su u jesen, za zime su manje intenzivni te se ponovo intenziviraju od trećeg na četvrti mjesec. Pad srednjih mjesečnih protoka je najintenzivniji i ujednačen od travnja do kolovoza. Primarni minimum je u kolovozu, a sekundarni u siječnju na svim stanicama. Minimum u kolovozu uzrokovan je evapotranspiracijom i fluviometrijskim režimom. Naime, u srpnju i kolovozu isparavanje je veće od padalina, a tek u rujnu obilne kiše izazivaju porast vodostaja na tekućicama.

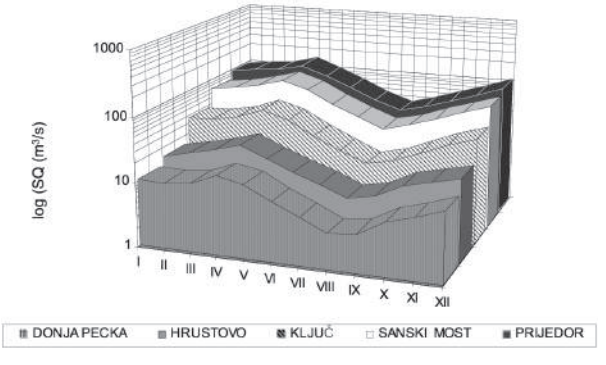


Slika 3.: Srednji mjesečni protoci na Sani (Donja Pecka, Ključ, Sanski Most i Prijedor)



Slika 4.: Srednji mjesečni protoci na Sanici (Hrustovo)

Da su ove značajke režima tekućica prisutne na svim razmatranim stanicama pokazuje slika 5. na kojoj je y-os dana s logaritamskim mjerilom. Time je omogućena bolja usporedba, budući da su na logoritamskom mjerilu jednake relativne promjene iz mjeseca u mjesec izražene jednakim nagibima krivulje, a vidljivo je da je na svim stanicama izražen opisani režim tekućice.



Slika 5.: Odabrani hidrogrami u poriječju rijeke Sane u međusobnoj usporedbi

Na osnovu opisanog godišnjeg hoda protoka na navedenim stanicama zaključuje se da je režim Sane i njezinih pritoka kišno-snježni (pluvio-nivalni) s naglašenijom ulogom kišnice (izraženija kišna ili pluvijalna komponenta u režimu). Glavni maksimum srednjih protoka posljedica je proljetnih padalina i topljenja snijega (uloga snježnice). Visoke protoke u kasnu jesen odraz su jesenskih padalina (kiša), te se podudaraju sa sekundarnim maksimumom padalina. Vrijednosti sekundarnog maksimuma protoka često se približavaju vrijednostima primarnog, a to se posebno odnosi na uzvodnije stanice. Minimalne protoke se javljaju u toplijem dijelu godine što je česta značajka kišnih režima. Naime, iako se u tom dijelu godine javlja više padalina nego u hladnijem dijelu godine, od iznimnog značaja su gubici nastali evapotranspiracijom. Nisu uočena povećanja srednjih protoka u lipnju i srpnju kao posljedica primarnog maksimuma padalina, ali jesu porasti u visokim vodostajima, odnosno srednjim visokim i visokim protokama kao posljedica čestih pljuskova.

Režim Sane i njenih pritoka može se prikazati i pomoću mjesečnih koeficijenata otjecanja (odnos srednjih mjesečnih i srednje godišnje protoke) (tablica 1.) kako je predložio Parde (1933.), a kako se prikazuju režimi i u novijim klasifikacijama brojnih autora. Mjesečni količnici otjecanja za hidrološke godine (u Bosni i Hercegovini od 01.10.do 30.09.)

potvrđuju da je režim Sane i njezinih pritoka složen i to kišno-snježni (Parde, 1933.). U ovom tipu prvi maksimum voda javlja se od veljače do svibnja i uvjetovan je kišnicom i snježnicom. Drugi maksimum javlja se od listopada do siječnja ili u lipnju i uvjetovan je isključivo kišom. Prema Pardeu radi se o podtipu režima «Kontinentalnog područja Srednje Europe i gorja Appalachian». Režime tekućica u bivšoj državi obradio je geografski i temeljito slovenski geograf Ilešić (1947). On je izdvojio 5 režima, a Sanu je svrstao u kišno-snježni režim posavskog varijateta zajedno s desnim pritocima Save u Bosni i Hercegovini i s nekim manjim tekućicama u regiji Zagreba. Riđanović (1993.) navodi mogućnost tipiziranja režima tekućica prema Kelleru. Mjesečni koeficijenti otjecanja su polazišta ovoj klasifikaciji. Malim slovima (a, b, c, d, e, f, g i h) označavaju se koeficijenti mjeseca s najmanjom protokom, a velikim slovima (A, B, C, D, E, F, G i H) koeficijenti mjeseca s najvećom protokom. Mjeseci u kojima je izmjerena najveća ili najmanja protoka označavaju se brojevima mjeseca nakon slova prema navedenom hidroobrascu. Prema toj klasifikaciji na Sani i Sanici se javljaju slijedeći tipovi: Df, De, Ee i Ef.

Tablica 1.: Mjesečni koeficijenti protoka (Donja Pecka ,Ključ, Sanski Most, Prijedor i Hrustovo)

MJESECI	TEKUĆICA SANA								TEKUĆICA SANICA	
	DONJA PECKA 1964-1986 (N=23)		KLJUČ 1961-1990 (N=30)		SANSKI MOST 1961-1990 (N=30)		PRIJEDOR 1960-1986 (N=27)		HRUSTOVO 1967-1991 (N=25)	
	SQ	SQmj/ SQgod	SQ	SQmj/ SQgod	SQ	SQmj/ SQgod	SQ	SQmj/ SQgod	SQ	SQmj/ SQgod
X	6,57	0,71	22,80	0,67	48,15	0,70	59,89	0,71	12,43	0,80
XI	8,66	0,93	33,88	1,00	66,15	0,96	79,89	0,96	15,92	1,02
XII	12,18	1,31	45,00	1,33	89,91	1,30	111,74	1,35	19,86	1,27
I	10,82	1,16	35,83	1,06	70,02	1,02	96,44	1,16	14,40	0,92
II	10,39	1,12	38,04	1,12	79,12	1,15	108,21	1,30	17,90	1,15
III	11,55	1,24	44,56	1,31	97,51	1,42	115,43	1,39	22,02	1,41
IV	16,68	1,79	62,39	1,84	123,46	1,79	145,49	1,75	28,46	1,82
V	13,55	1,46	48,10	1,42	92,13	1,34	105,37	1,27	19,24	1,23
VI	8,34	0,90	29,48	0,87	58,63	0,85	70,91	0,85	13,16	0,84
VII	5,47	0,59	18,81	0,55	39,73	0,58	47,27	0,57	9,56	0,61
VIII	3,51	0,38	12,78	0,38	27,64	0,40	34,88	0,41	6,44	0,41
IX	3,85	0,41	15,72	0,46	34,42	0,50	44,05	0,52	7,92	0,51
GOD.	9,30		33,95		68,90		84,96		15,61	
	Df 4,8		Ef 4,8		Df 4,8		De 4,8		Ee 4,8	

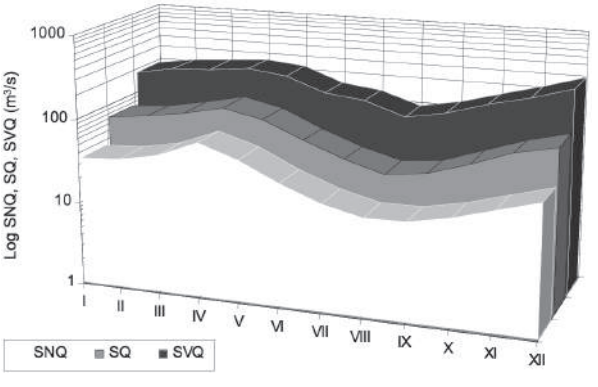
IZVOR: HMZ F BiH, Sarajevo, 2005.

Detaljnije, po stanicama je slijedeća situacija:

- Sana kod Donje Pecke ima najveći mjesečni koeficijent u travnju (1,79), a najmanji u kolovozu (0,38)-tip Df 4,8
- Sana kod Ključa ima najveći mjesečni koeficijent u travnju (1,84), a najmanji u kolovozu (0,38)-tip Ef 4,8
- Sana kod Sanskog Mosta ima najveći mjesečni koeficijent u travnju (1,79), a najmanji u kolovozu (0,40)-tip Df 4,8

- Sana kod Prijedora ima najveći mjesečni koeficijent u travnju (1,75), a najmanji u kolovozu (0,41)-tip De 4,8
- Sanica kod Hrustova ima najveći mjesečni koeficijent u travnju (1,82), a najmanji u kolovozu (0,41)-tip Ee 4,8

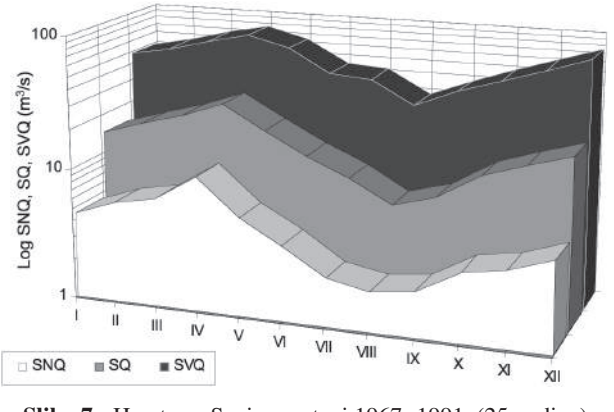
Razmatrajući protoke najzanimljivija je stanica Sanski Most na tekućici Sani. Do ovog mjesta Sana je primila pritoke s najvećim protocima, a nizvodnije su još sutoke Gomjenice i Japre koje se količinom vode ne mogu porediti sa Sanicom, Ribnikom, Dabrom ili Blihom. Također, ne postoji dulji niz na stanici Prijedor tako da niz dug 35 godina sa stanice Sanski Most je reprezentativan. Takav niz je pouzdan za detaljno utvrđivanje značajki režima tekućica. Na slici 6. su prikazani podaci o SQ, SNQ i SVQ u razdoblju 1957.-1991.



Slika 6.: Sanski Most-Sana protoci 1957.-1991. (35 godina)

Iz prikaza je vidljivo da je krivulja SQ Sanski Most (1957.-1991.) u skladu s krivuljama SQ sa slike 5. Oba grafikona imaju isto logaritamsko mjerilo radi lakše usporedbe. Iako razdoblja motrenja nisu jednaka, krivulje srednjih protoka (SNQ i SVQ) se uklapaju u cjelinu, a to se posebno odnosi na krivulje SNQ.

Značajke kišno-snježnog režima primjetne su i na pritocima Sane. Glavni problem tu predstavlja mali broj mjernih mjesta i relativno kratko razdoblje motrenja. Ovom prilikom dati su podaci za stanicu Hrustovo na Sanici.



Slika 7.: Hrustovo-Sanica protoci 1967.-1991. (25 godina)

Podaci o pojavljivanju primarnog minimuma srednjih malih voda i primarnog maksimuma srednjih velikih voda na tekućicama poriječja rijeke Sane su u skladu sa prethodnim zaključcima. Prema njima središnje poriječje (od Ključa do Prijedora) ima primarni minimum srednjih malih voda u kolovozu, a ostala područja u rujnu. U najvećem dijelu poriječja rijeke Sane primarni maksimum srednjih velikih voda se javlja u studenom i direktna je posljedica kasnojesenskog maksimuma padalina. U dijelu poriječja od Prijedora do Bosanskog Novog primarni maksimum srednjih velikih voda se javlja u ožujku i nastaje isključivo od otapanja snijega (snježnica).

ZAKLJUČAK

Režim tekućica u poriječju rijeke Sane pokazuje sve značajke kišno-snježnog režima s primarnim maksimumom protoka u proljeće (travanj) i sekundarnim maksimumom u kasnu jesen (prosinac). Na svim razmatranim stanicama potvrđuju se osnovne karakteristike godišnjeg hoda srednjih mjesečnih protoka. U skladu s općim karakteristikama režima variraju i vrijednosti srednjih mjesečnih, najvećih i najmanjih vrijednosti protoka. Općenito su veći protoci u hladnijem dijelu godine, što je najvećim dijelom posljedica gubitaka evapotranspiracijom u toplijem dijelu godine. Izražena su dva maksimuma, prvi u travnju, a drugi u prosincu. Travanjski maksimum posljedica je utjecaja snježnice i kišnice (u ovom mjesecu padne daleko više padalina nego u ožujku). Visoki protoci u kasnu jesen odraz su jesenjskih padalina te se podudaraju sa sekundarnim maksimumom padalina (pritom ulogu ima i smanjena evapotranspiracija). Niski protoci su u toplijem dijelu godine, što je odlika kišnih režima. Zaključuje se da je režim Sane, kao i svih većih tekućica u poriječju, kišno-snježni (pluvio-nivalni) s naglašenijom ulogom kišnice u hranjenju tekućica. Provedena je klasifikacija režima prema Kelleru te je prema toj klasifikaciji režim Sane u gornjem dijelu toka tipa Df (Donja Pecka Df 4,8), u središnjem Ef (Ključ Ef 4,8) i Df (Sanski Most Df 4,8), a u donjem toku De (Prijedor De 4,8). Sanica kod Hrustova ima tip Ee 4,8.

ZAHVALA

Zahvaljujem se Hidrometeorološkom zavodu F BiH na ustupljenim tabličnim podacima, na osnovu kojih su izrađeni grafikoni u ovom radu.

LITERATURA

1. Dukić, D. (1954.): Prilog poznavanju rečnih režima u Jugoslaviji, Glasnik srpskog geografskog društva, god. 34., br. 1., 120-135., Beograd
2. Kanaet, T. (1959.): O nekim problemima hidrografije u slivu rijeke Plive, Geografski pregled, br. 3., 37-62., Sarajevo.
3. Ilešič, S. (1947.): Rečni režimi v Jugoslaviji, Geografski vestnik, br. 19., 25-112., Ljubljana
4. Pardé, M. (1933.): Flueves et Riviéres 224, Collection Armand Colin, Paris
5. Riđanović, J. (1993.): Hidrogeografija, Drugo izdanje, Školska knjiga, Zagreb

IZVORI

1. Niski, srednji i visoki protoci u razdoblju 1957.-1991. za stanicu Sanski Most (Sana), HMZ F BiH, Hidrološki odjel, Sarajevo, 2005.

2. Niski, srednji i visoki protoci u razdoblju 1967.-1991. za stanicu Hrustovo (Sanica), HMZ F BiH, Hidrološki odjel, Sarajevo, 2005.

3. Srednji protoci u razdoblju 1964.-1986. za stanicu Donja Pecka (Sana), HMZ F BiH, Hidrološki odjel, Sarajevo, 2005.

4. Srednji protoci u razdoblju 1967.-1991. za stanicu Hrustovo (Sanica), HMZ F BiH, Hidrološki odjel, Sarajevo, 2005.

5. Srednji protoci u razdoblju 1961.-1990. za stanicu Ključ (Sana), HMZ F BiH, Hidrološki odjel, Sarajevo, 2005.

6. Srednji protoci u razdoblju 1960.-1986. za stanicu Prijedor (Sana), HMZ F BiH, Hidrološki odjel, Sarajevo, 2005.

7. Srednji protoci u razdoblju 1961.-1990. za stanicu Sanski Most (Sana), HMZ F BiH, Hidrološki odjel, Sarajevo, 2005.

AUTOR:

EMIR TEMIMOVIĆ, prof. geografije
J.U. M.S.Š. «KLJUČ»
Branilaca BiH bb, 79280 Ključ
Bosna i Hercegovina
e-mail: emirtemimovic@yahoo.com

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.24.

TOKSIČNI DINOFLAGELATI U LIMSKOM KANALU

Damir Viličić, Ingrid Ivančić, Sunčica Bosak

SAŽETAK: Istraživanja duž Limskog kanala provedena su u okviru nacionalnog projekta Jadran, u periodu od 2002 do 2005. godine. Određena je abundancija i sezonska raspodjela pet toksičnih dinoflagelata (*Dinophysis acuminata, D. caudata, D. fortii, Lingulodinium polyedrum* i *Prorocentrum minimum).* Abundancije >40 stanica L^{-1} određene su u 7 do 44, od ukupno 256 analiziranih uzoraka. Vrste su češće prisutne i brojnije u ljetnim mjesecima (lipanj do rujan). Povećana abundancija je pronađena kod *D. acuminata, D. fortii* i *P. minimum*, s maksimalnim vrijednostima od 600, 700, odnosno 23000 stanica po litri. Sezonalnost i količina ovih vrsta se objašnjava termohalinim uvjetima i razinom nutrijenata.

KLJUČNE RIJEČI: Fitoplankton, toksični, dinoflagelati, nutrijenti, Limski kanal, Jadransko more

TOXIC DINOFLAGELLATES IN THE LIM CHANNEL (NE ADRIATIC)

SUMMARY: The research has been performed along the Lim Channel, NE Adriatic (Istrian) coast, in the period 2002 - 2005. The abundance and seasonality of five toxic dinoflagellates (*Dinophysis acuminata, D. caudata, D. fortii, Lingulodinium polyedrum* and *Prorocentrum minimum)* have been deternined. The abundance >40 cells L^{-1} appeared in 7 to 44, of analyzed (256) samples, respectively. Toxic species were most abundant and frequent in summer (June to September). Increased abundances were found in *D. acuminata, D. fortii* and *P. minimum*, with maximum of 600, 700, and 23000 cells L^{-1}, respectively. Appearance was explained due to thermohaline conditions and nutrient availability.

KEYWORDS: Phytoplankton, toxic, dinoflagellates, nutrients, Lim Channel, Adriatic Sea

UVOD

Mikroskopske alge u moru su hrana za filtratore - školjkaše. Neke vrste mikroalga mogu sintetizirati toksine kojima se može indirektno otrovati čovjek. Najvažniji producenti toksina u pelagijalu su dinoflagelati. Štetne vrste dinoflagelata mogu se razviti u većoj količini (cvjetanje) nakon pojačanog dotoka hranjivih soli (dušika, fosfora) [1, 2, 3, 4, 5]. Cvjetanje toksičnih alga uzrokuje niz problema u okolišu, uključujući mortalitet riba i

školjkaša, te trovanje školjkašima [5, 6]. U svijetu raste učestalost štetnih pojava cvjetanja zbog sve većeg dotoka dušika u more jer se na poljoprivrednim površinama sve više rabe umjetna gnojiva [7].

Antropogeni utjecaj uključuje pojačan donos nutrijenata u obalno more, transport štetnog fitoplanktona brodovima (balastnim vodama) i prijenos otrovnih vrsta trgovinom školjkaša [8, 9].

Najviše dinoflagelata razvija se u velikim lukama [10] i na mjestima gdje su provedeni građevinski zahvati nakon kojih je reducirano strujanje mora [10, 11].

Cilj ovog rada je utvrditi sezonsku raspodjelu i količinu dinoflagelata koji su potencijalni producenti toksina u Limskom kanalu, gdje je razvijena marikultura. Analizom ekoloških čimbenika želimo objasniti postojeće stanje razvoja toksičnih dinoflagelata u Limskom kanalu, budući da o tome nema objavljenih podataka.

ISTRAŽIVANO PODRUČJE

Limski kanal je duboko usječen (11 km) i uzak (600 m) zaljev na zapadnoj obali Istre, s najvećom dubinom od 33 m u vanjskom dijelu (sl. 1). Unutarnji dio zaljeva je plići, pod utjecajem je podzemnih voda i biološki najproduktivniji. U unutrašnjem i srednjem dijelu zaljeva organiziran je uzgoj ribe. Limski zaljev je zbog specifičnosti biocenoza zaštićen od 1979. godine kao poseban rezervat u moru.

Klimatološki je područje zapadne Istre zaklonjenije od djelovanja jakih sjevernih vjetrova [12]. Dotok slatkih voda je maksimalan nakon oborinskog maksimuma u razdoblju od rujna do studenog i manji u proljeće (u travnju) [13]. Srednja godišnja količina oborina iznosi 873 mm [14].

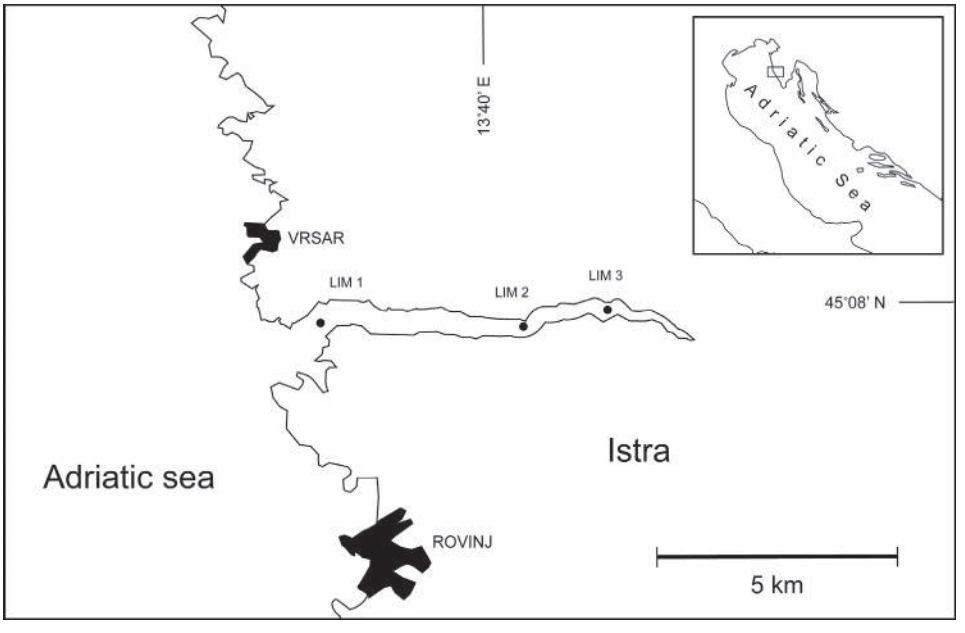
Rijetki publicirani podaci o fitoplanktonu Limskog kanala [15] pokazuju vertikalnu migraciju dinoflagelata tijekom dana i noći i djelovanje zooplanktona na vertikalnu raspodjelu fitoplanktona.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno u okviru nacionalnog projekta «Jadran» duž Limskog kanala (na tri postaje Lim 1, Lim 2, Lim 3), u dvomjesečnim intervalima, u razdoblju od 2002 do 2005 godine.

Uzorci za određivanje količine fitoplanktona i nutrijenata su uzeti 5 L Niskinovim crpcem. Uzorci za analizu fitoplanktona su konzervirani pomoću 2 postotne otopine (konačna koncentracija) neutraliziranog formaldehida. Abundancija fitoplanktona (broj stanica po litri) je određena pomoću inverznog mikroskopa Zeiss Axiovert 200 [16, 17, 18, 19].

Salinitet i temperatura su izmjereni sondom koja registrira konduktivitet, temperaturu i dubinu (SEA Bird Electronics Inc., USA). Nutrijenti su određeni standardnim metodama [20, 21]. Korelacijski matriks (Pearsonova korelacija) određena je pomoću statističkog programa Statistica 6.



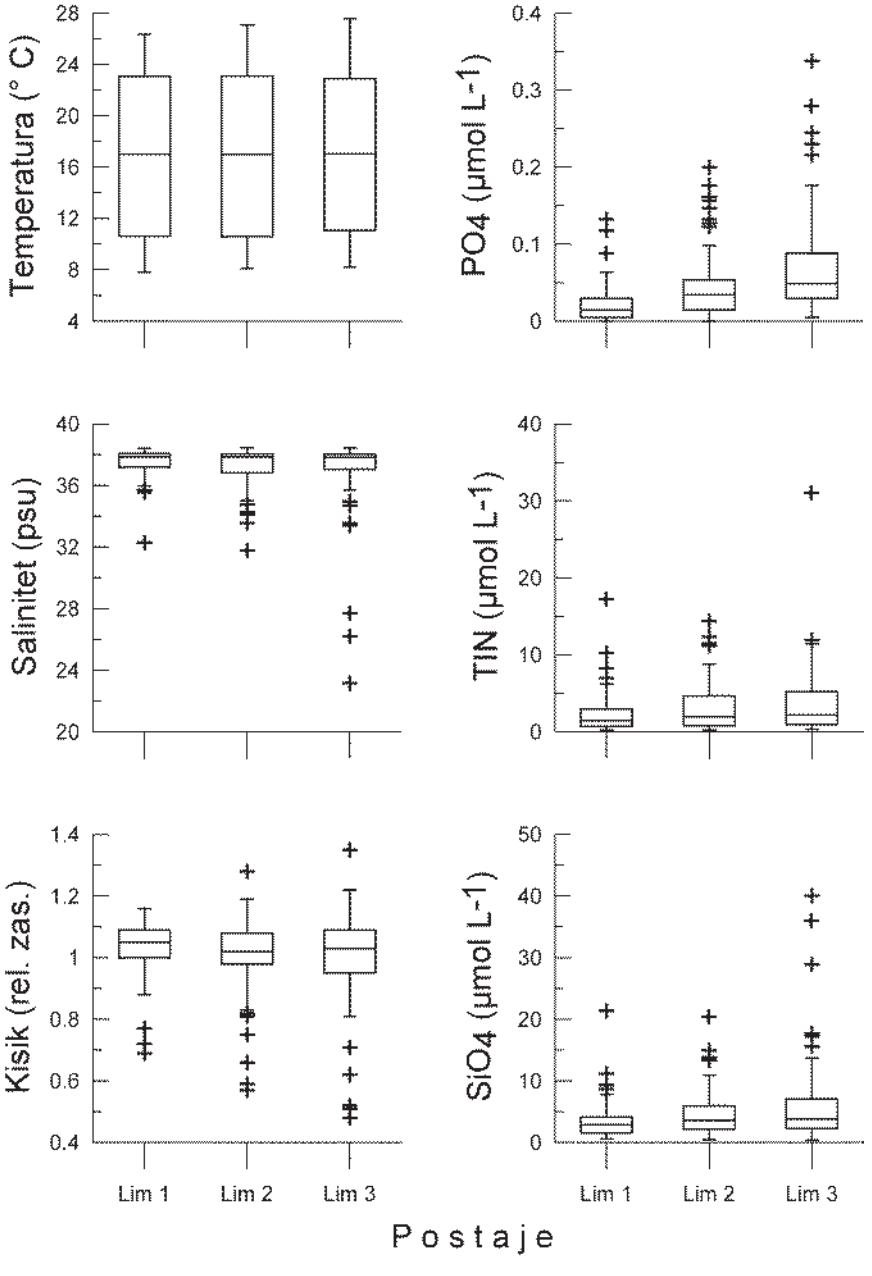
Sl. 1.: Položaj postaja u Limskom kanalu (Lim 1, Lim 2, Lim 3).

REZULTATI

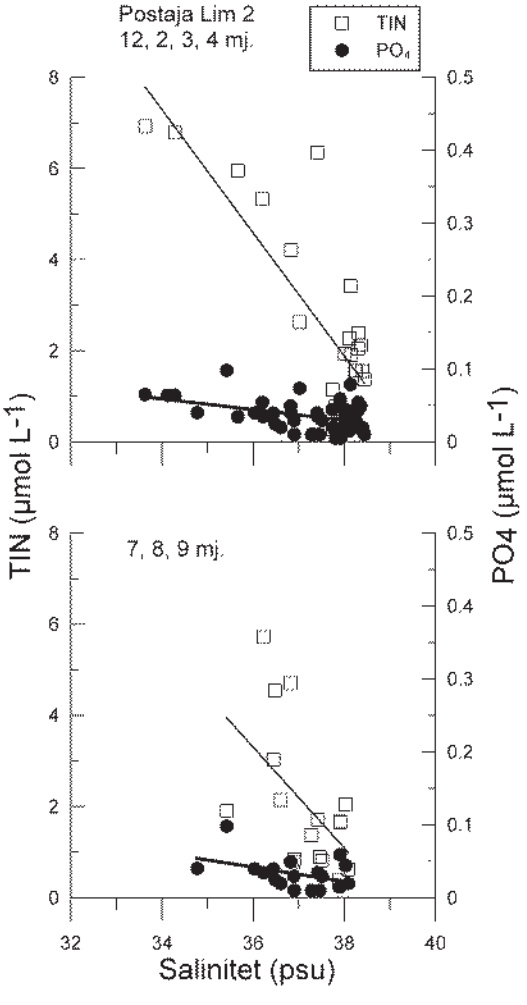
Podmorski izvori slatke vode u dnu zaljeva reguliraju prvenstveno režim saliniteta i razinu koncentracije hranjivih soli (sl. 2). Temperatura je u unutrašnjem dijelu zaljeva slična kao u vanjskom dijelu, s neznatno povećanom maksimalnom (ljetnom) temperaturom. Unutrašnja postaja Lim 3 je najplića i sadrži najviše ortofosfata (do 0.6 µmol L^{-1}), ukupnog anorganskog dušika (TIN)(do 31.08 µmol L^{-1}) i silikata (do 40.07 µmol L^{-1}). Zasićenje kisikom je najmanje u unutrašnjem dijelu kanala (41%).Temperatura za vrijeme zimskog hlađenja pada do 8 ºC, a ljeti raste do 27.10 ºC.

Koncentracija ukupnog anorganskog dušika je prosječno 60 puta veća nego ortofosfata (sl. 3). Redfieldov omjer (TIN/PO_4) varira od 10 do 174 i u 93 % slučajeva je veći od 16, na postaji Lim 2, u sloju od površine do dubine 10 m.

U Limskom kanalu dominiraju dijatomeje (tab. 1), s maksimalnom abundancijom od 1.2 x 10^6 stanica L^{-1}. Maksimalna abundancija dinoflagelata za jedan je red veličine manja (2 x 10^5 stanica L^{-1}) i zabilježena je od travnja do rujna. Ukupno je određeno 68 vrsta dinoflagelata, od toga 5 vrsta koje mogu sintetizirati toksine: *Dinophysis acuminata, D. caudata, D. fortii, Lingulodinium polyedricum* i *Prorocentrum minimum*. U okolnostima kakve vladaju u Limskom kanalu ovi dinoflagelati su rijetki jer su brojniji (abundancija >40 stanica L^{-1}) u 7 do 44, od ukupno 256 analiziranih uzoraka. Vrste roda *Dinophysis* su se pojavljivale s 380 do 760 jedinki po litri (tab. 1, sl. 4). Abundancija vrste *Dinophysis forti* je veća u obalnom moru nego u Limskom kanalu, pa je na vanjskoj postaji pronađeno četiri puta više stanica nego u unutrašnjem dijelu kanala. Najčešće se pojavljuje *Prorocentrum minimum* (u 44 od ukupno 256 uzoraka, s maksimalnom abundancijom od 2.3 x 10^4 stanica L^{-1}) (tab. 1, sl. 5).



Sl. 2.: Raspodjela termohalinih svojstava i koncentracije nutrijenata duž Limskog kanala u razdoblju od 2002. do 2005. Box- Whiskerovi dijagrami pokazuju raspon vrijednosti, zastupljenost vrijednosti u području između prvog (25%) i trećeg kvartila (75%), medijan, te ekstreme vrijednosti (udaljenije od razlike između prvog i trećeg kvartila pomnožene s 1.5). TIN - ukupni anorganski dušik.



Sl. 3.: Odnos ukupnog anorganskog dušika i saliniteta, te ortofosfata i saliniteta u Limskom kanalu (na postaji Lim 2, u sloju 0 - 10 m), u hladnom i toplom dijelu godine. Maksimalne vrijednosti na osima y za TIN i PO4 se odnose 16:1.

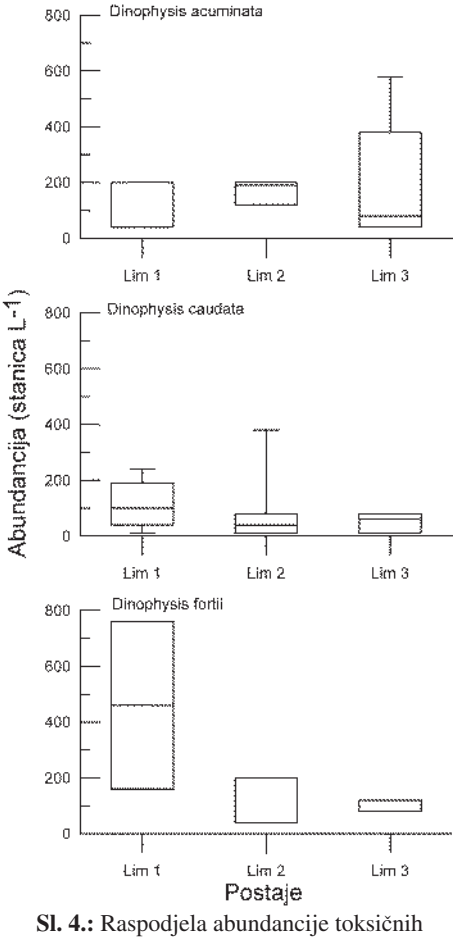
Pronađeni toksični dinoflagelati se najbolje razvijaju u toplijem dijelu godine (od lipnja do kolovoza)(sl. 6), za vrijeme nižeg saliniteta, te pokazuju značajnu ekološku povezanost s dijatomejama (tab. 2). Abundancija dinoflagelata ne pokazuje značajnu korelaciju s nutrijentima, a istovremeni razvoj (značajna ekološka povezanost) s dijatomejama dokazuje njihov miksotrofni potencijal, tj. ovisnost o organskoj tvari koju luče dijatomeje. Maksimalni ljetni razvoj dijatomeja značajno je i obrnuto proporcionalan sa salinitetom i direktno proporcionalan s razinom ortofosfata i ukupnog anorganskog dušika. Ljeti je dotok slatkih voda i nutrijenata u Limski kanal minimalan, ali dovoljan za pojačan razvoj dijatomeja (značajna korelacija). Dijatomeje oslobađaju organsku tvar, što pogoduje razvoju miksotrofnih bičaša - ne samo dinoflagelata, nego i kriptofita (tab. 2).

Tab. 1.: Raspon vrijedosti (MIN - MAX) i srednje vrijednosti (AVG) analiziranih parametara u Limskom kanalu (na postajama Lim 1, Lim 2, Lim 3) u razdoblju od 2002 do 2005 godine (ukupno 254 uzorka). PO_4 - ortofosfati, TP - ukupni fosfor, TIN - ukupni anorganski dušik, SiO_4 - silikati. Abundancija fitoplanktona (i vrsta toksičnih dinoflagelata) izražena je brojem stanica po litri mora.

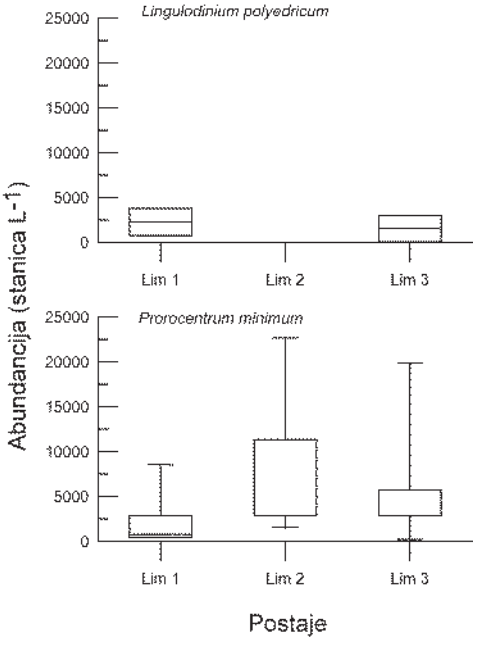
	min	**Max**	**AVG**
Temperatura (ºC)	7.80	27.58	17.35
Salinitet (psa)	23.17	38.46	37.26
Zasićenje kisikom (O_2/O_2')	0.41	1.35	1.00
PO_4 (µmol L^{-1})	0.00	0.60	0.05
TP (µmol L^{-1})	0.07	0.60	0.19
TIN (µmol L^{-1})	0.00	31.08	3.02
SiO_4 (µmol L^{-1})	0.39	40.07	4.82
***Dinophysis acuminate* (st. L^{-1})**	<40	580	10
***D. caudate* (st. L^{-1})**	<40	380	6
***D. fortii* (st. L^{-1})**	<40	760	6
***Lingulodinium polyedricum* (st. L^{-1})**	<40	3790	30
***Prorocentrum minimum* (st. L^{-1})**	<40	22688	661
Mikrofitoplankton (st. L^{-1})	280	1256000	87600
Dijatomeje (st. L^{-1})	0	1256000	79000
Dinoflagelati (st. L^{-1})	0	207100	29800
Kokolitoforidi (st. L^{-1})	0	317800	19100
Silikoflagelati (st. L^{-1})	0	72000	430
Kriptoficeje (st. L^{-1})	760	160800	13000
Zeleni flagelati (st. L^{-1})	710	93800	5100
Cilijati (st. L^{-1})	80	14200	520

Tab. 2.: Pearsonova korelacija između analiziranih parametara (Log10 transformirani podaci) u razdoblju od 2002. do 2005. godine u Limskom kanalu (Postaje 1, 2, 3). Označeni su koeficijenti korelacije i razina značajnosti $p < 0.01$ (**) i $p < 0.05$ (*).

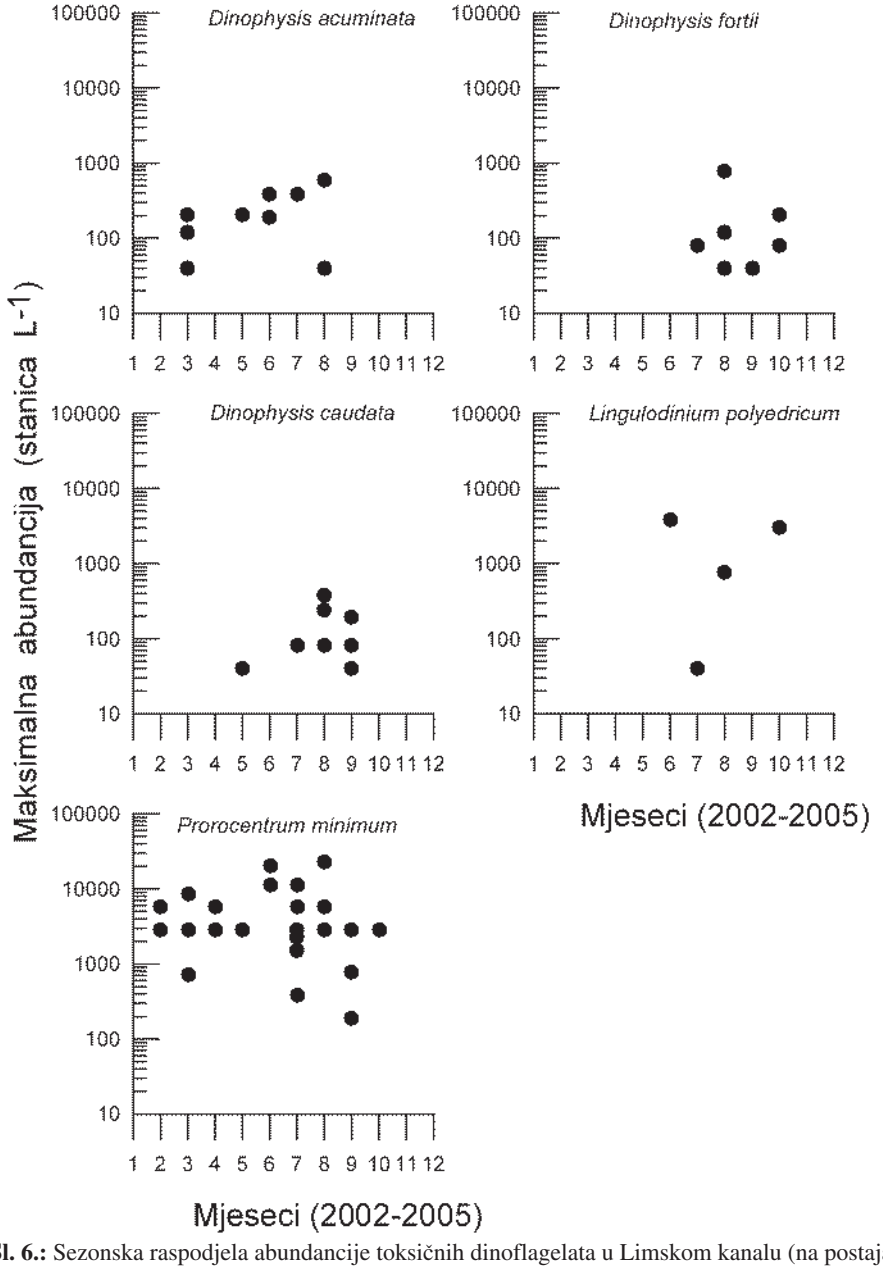
	SAL	**PO4**	**TIN**	**SiO4**	**DIATO**	**DINO**	**COCCO**	**CRYPTO**	**ZEL FL**
TEMP	-0.06	-0.03	-0.04	-0.18*	0.37**	0.32**	0.07	0.06	0.15*
SAL		-0.39**	-0.55**	-0.58**	0.01	-0.15*	-0.07	-0.18*	-0.09
PO4			0.49**	0.57**	0.20*	-0.07	-0.03	-0.27**	0.02
TIN				0.81**	0.02	-0.10	0.17*	-0.16*	0.05
SiO4					-0.13*	-0.14*	0.002	-0.14*	0.02
DIATO						0.23**	-0.04	-0.03	-0.02
DINO							0.03	0.40**	0.01
COCCO								-0.07	-0.01
CRYPTO									0.13*



Sl. 4.: Raspodjela abundancije toksičnih dinoflagelata iz roda Dinophysis, duž Limskog kanala u razdoblju od 2002. do 2005. Box-Whiskerovi dijagrami pokazuju raspon vrijednosti, zastupljenost vrijednosti u području između prvog (25%) i trećeg kvartila (75%), medijan, te ekstreme vrijednosti (udaljenije od razlike između prvog i trećeg kvartila pomnožene s 1.5).



Sl. 5.: Raspodjela abundancije toksičnih dinoflagelata Lingulodinium polyedricum i Prorocentrum minimum, duž Limskog kanala u razdoblju od 2002. do 2005. Box- Whiskerovi dijagrami pokazuju raspon vrijednosti, zastupljenost vrijednosti u području između prvog (25%) i trećeg kvartila (75%), medijan, te ekstreme vrijednosti (udaljenije od razlike između prvog i trećeg kvartila pomnožene s 1.5).



Sl. 6.: Sezonska raspodjela abundancije toksičnih dinoflagelata u Limskom kanalu (na postajama Lim 1, Lim 2 i Lim 3), u razdoblju 2002 do 2005 (pronađenih u ukupno 256 uzoraka).

RASPRAVA

Otrovni dinoflagelati uzrokuju najveći broj trovanja koja se događaju posredno preko školjaka i riba [6] .

Prema osnovnim ekološkim pokazateljima, Limski kanal je oligotrofni sustav, gdje se ne pojavljuje cvjetanje štetnih vrsta fitoplanktona, a povećana abundancija toksičnih dinoflagelata je rijetka pojava vezana za ljetne mjesece.

Prosječna koncentracija ortofosfata u Limskom kanalu iznosi 0.05, a ukupnog anorganskog dušika 3.02 μmol L^{-1}. Maksimalne koncentracije ukupnog anorganskog dušika i ortofosfata u Limskom kanalu su zabilježene u vrijeme nižeg saliniteta. Izvor nutrijenata su izvori slatke vode u dnu kanala (u proljeće), mikrobna razgradnja organske tvari i antropogeni utjecaj, te donos s otvorenog mora sjevernog Jadrana (ljeti). Donos nutrijenata s otvorenog mora je moguć nakon formiranja Istarske protustruje (struja uz obalu Istre od sjevera prema jugu) [22], kada zaslađena i nutrijentima obogaćena voda dolazi do obala Istre u vrijeme vertikalne stabilnosti vodenog stupca (u toplijem dijelu godine), za vrijeme pojačanih JI i JZ vjetrova, pri postojanju slabijeg geostrofnog transporta vode uz zapadnu talijansku obalu [23]. Minimalne koncentracije ukupnog dušika i ortofosfata (prosječno 2, odnosno 0.03 μmol L^{-1}) se bilježe u vrijeme najmanjeg dotoka vode u ožujku. Dotok vode s kopna u Limskom kanalu ovisi prvenstveno o oborinama nad Istrom, gdje je slab utjecaj otapanja snijega. Redfieldov omjer (TIN/PO_4) je gotovo uvijek veći od 16, što pokazuje da je fosfor snažan limitirajući čimbenik razvoja fitoplanktona. U Limskom kanalu se ljeti razvijaju dijatomeje (Tab. 2). Nakon toga dolazi do osiromašenja vodenog stupca nutrijentima i pojačano se razvijaju miksotrofi. Važni miksotrofi su dinoflagelati i kriptofiti kao važni predstavnici nanoplanktona (stanice veličine 2 - 20 μm) u moru. Značajna je korelacija između pojave dijatomeja i dinoflagelata ljeti (tab. 2). Pojava da se kriptofiti mogu razviti u doba ljetnog siromaštva nutrijenata, neposredno nakon maksimalnog razvoja dijatomeja, već je od prije poznata [24, 25]. Poznato je da se u sjevernom Jadranu povećava koncentracija otopljene organske tvari u toplijem dijelu godine [26]. Stanice miksotrofa fagocitiraju organske čestice (susjedne stanice i nežive čestice), čime se snabdijevaju deficitarnim hranjivim tvarima u oligotrofnim uvjetima [27]. S druge strane, negativan koeficijent korelacije između kriptofita i saliniteta, uz pozitivnu korelaciju između kriptofita i fosfata pokazuje afinitet kriptofita prema ortofosfatima u vrijeme povećanog dotoka slatkih voda, te kompeticiju za fosfate s dijatomejama [28].

Povećana abundancija toksičnih dinoflagelata ne uzrokuje uvijek toksičnost filtratora (školjkaša u kulturi), što se objašnjava promjenljivom specifičnom toksičnošću kod potencijalno toksičnih dinoflagelata [29].

Dinoflagelat *Prorocentrum minimum* u Limskom kanalu je najčešća i najbrojnija vrsta, za koju je karakterističan paralitički toksin venerupin, čiju sintezu modificiraju pridružene bakterije [30].

Otrovne vrste rodova *Dinophysis, Prorocentrum* i *Lingulodinium* su rasprostranjene u europskim obalnim morima [31]. Mogu izazvati štetu u marikulturi [32] i trovanje (dijareju) kod ljudi zbog prisustva derivata okadaične kiseline - 7-epi-pektenotoksin-2-seko kiseline (7-epi-PTX-2SA), što je utvrđeno u srednjem Jadranu, u razdoblju od lipnja do kolovoza [33]. Pektenotoksin-2 (PTX-2), koji pripada polieter-laktonima, određen je u stanicama vrste *Dinophysis fortii* u sjevernom Jadranu [34]. U stanicama dinoflagelata *Lingulodinium polyedrum i Prorocentrum reticulatum* (syn. *Gonyaulax grindleyi*) izolirano je dvadesetak derivata jesotoksina koji izazivaju dijareju [35, 36].

Sastav toksičnih dinoflagelata uz sjeverozapadnu (talijansku) obalu Jadrana je drukčiji nego uz istočnu obalu, zbog jače eutrofikacije koju uzrokuje rijeka Po, pa su tamo nazočne diferencijalne vrste *Alexandrium minutum* (do 20 stanica L^{-1}, tijekom čitave godine) i *Protoceratium reticulatum* (do 100 stanica L^{-1}, u srpnju) [37].

ZAHVALA

Istraživanja su provedena uz potporu Ministarstva znanosti Republike Hrvatske

LITERATURA

[1] Paerl, H.W. (1988): *Nuisence phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters*. Limnol. Oceanogr. 33, 823 - 847.

[2] Smayda, T.J. (1997): *Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea*. Limnol. Oceanogr. 42, 1137 - 1153.

[3] Nixon, S.W. (1995): *Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns*. Ophelia 41, 199 - 219.

[4] Anderson, D. M., Glibert, P. M., Burkholder, J. M. (2002): *Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition and consequences*. Estuaries 25, 704 - 726.

[5] Phlips, E.J., Badylak, S., Youn, S., Kelley, K. (2004): *The occurrence of potentially toxic dinoflagellates and diatoms in a subtropical lagoon, the Indian river Lagoon Florida, USA*. Harmful Algae 3, 39 - 49.

[6] Steidinger, K.A. (1983): *A re - evaluation of toxic dinoflagellate biology and ecology*. Prog. Phycol. Res. 2, 147 - 188.

[7] Glibert P.M., Harrison, J., Heil, C., Seitzinger, S. (2006): *Escalating worldwide use of urea - a global change contributing to coastal eutrophication*. Biogeochemistry 77, 441 - 463.

[8] Caroppo, C., Fiocca, A., Sammarco, P., Magazu, G. (1999): *Seasonal variations of nutrients and phytoplankton in the coastal SW Adriatic Sea (1995-1997)*. Bot. Mar. 42, 389-400.

[9] Hallegraeff, G.M. (1998): *Transport of toxic dinoflagellates via ship's ballast water: bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 168, 297 - 309.

[10] Vila, M., Maso, M. (2005): *Phytoplankton functional groups and harmful algal species in anthropogenically impacted waters of the NW Mediterranean Sea*. Sci. Mar. 69, 31 - 45.

[11] Garcés, E., Masó, M., Vila, M., Camp, J. (2000): *Harmful algae events in the Mediterranean: are they increasing*? Harmful Algae News 20, 1 - 3.

[12] Penzar, B., Penzar, I., Orlić, M. (2001): *Vrijeme i klima uz hrvatsku obalu Jadrana (Weather and Climate of the Croatian Adriatic)*. Hrvatski hidrografski institut, Split.

[13] Penzar, B., Penzar, I. (1980): *O položaju i uzrocima ekstrema u godisnjem hodu oborine u Hrvatskoj (I dio)*. Geogr. Glasnik 41/42, 27 - 48.

[14] Gajić-Čapka, M., Perčec-Tadić, M., Patarčić, M. (2003): *Digitalna godišnja oborinska karta Hrvatske*. Hrv. Mteorol. Čas. 38, 21 - 33.

[15] Filipić, B. (1982): *Dnevne varijacije nekih fitoplanktonskih parametara u vodama sjevernog Jadrana*. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu.

[16] Utermöhl, H. (1958): *Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik*. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 9, 1-38.

[17] Hasle, G.R. (1978): *The inverted - microscope method*. In: Sournia, A. (ed.), *Phytoplankton manual*, 88 - 96. UNESCO, Paris

[18] Hasle, G.R. (1978): *Using the inverted microscope*. In: Sournia, A. (ed.), *Phytoplankton manual*, 191 - 196. UNESCO, Paris

[19] Venrick, E.L. (1978): *How many cells to count*? In: Sournia, A. (ed.), *Phytoplankton manual*, 167 - 180. UNESCO, Paris

[20] Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. (1972): *A practical handbook of seawater analyses*. Fish. Res. Bd. Can. Bull. 167, 1-310.

[21] Ivančić, I., Degobbis, D. (1984): *An optimal mannual procedure for ammonia analysis in natural waters by the indophenol blue method*. Wat. Res. 18, 1143-1147.

[22] Supić, N., Orlić, M., Degobbis, D. (2000): *Istrian coastal countercurrent and its year-to-year variability*. Estuar. Coast. Shelf Sci. 50, 385 - 397.

[23] Supić, N., Djakovac, T., Krajcar, V., Kuzmić, M., Precali, R. (2006): *Effects of excessive Po river discharges in the northern Adriatic*. Fresenius Environ. Bull. 15, 193 - 199.

[24] Gervais, F. (1997): *Light-dependant growth, dark survival, and glucose uptake by cryptophytes isolated from a freshwater chemocline*. J. Phycol. 33, 18 - 25.

[25] Marshall, W., Laybourn-Parry, J. (2002): *The balance between photosynthesis and grazing in Antarctic mixotrophic cryptophytes during summer*. Freshw. Biol. 47, 1060 - 2070.

[26] Gašparović, B., Ćosović, B. (2001): *Distribution of surface-active substances in the northern Adriatic Sea*. Mar. Chem. 75, 301 - 313.

[27] Caron, D.A. (2000): *Symbiosis and mixotrophy among pelagic microorganisms*. In: Kirchman, D.L. (ed.) *Microbial ecology of the oceans*, 495-523. Wiley-Liss, New York.

[28] Sakshaug, E., Olsen, Y. (1986): *Nutrient status of phytoplankton blooms in Norwegian waters and algal strategies for nutrient competition*. Can. J. Fish. Aq. Sci. 43, 389 - 396.

[29] Marcaillou, C., Mondeguer, F., Gentien, P. (2005): *Contribution to toxicity assessment of Dinophysis acuminata (Dinophyceae)*. J. Appl. Phycol. 17, 155 - 160.

[30] Grzebyk, D., Denardou, A., berland, B., Pouchus, Y.F. (1997): *Evidence of a new toxin in the red-tide dinoflagellate Prorocentrum minimum*. J. Plankton Res. 19, 1111 - 1124.

[31] Sournia, A., Belin, C., Berland, B., Erard-Le Denn, E., Gentien, P., Grzebyk, D., Marcaillou-Le Baut, C., Lassus, P., Partensky, F., 1991: *Le phytoplancton nuisible des cotes de France*. CNRS, IFREMER, Plouzane.

[32] Arzul, G., 2001: Aquaculture, environment and marine phytoplankton. IFREMER, Brest.

[33] Pavela-Vrančić, M., Ujević, I., Gladan, Z.N., Furey, A. (2006): *Accumulation of phycotoxins in the mussel Mytilus galloprovincialis from the central Adriatic Sea*. Croatica Chemica Acta 79, 291 - 297.

[34] Draisci, R., Lucentini, L., Giannetti, L., Pierpaolo Boria, P., Poletti, R. (1996): *First report of pectenotoxin-2 (PTX-2) in algae (Dinophysis fortii) related to seafood poisoning in Europe*. Toxicon 34, 923 - 935.

[35] Bowden, B.F. (2006): *Yessotoxins-polycyclic ethers from dinoflagellates: relationships to diarrhetic shelfish toxins*. Toxin Reviews 25, 137 - 157.

[36] Koike, K., Horie, Y., Suzuki, T., Kobyama, A., Kurihara, K., Takagi, K., Kaga, S.N., Oshima, Y. (2006): *Protoceratium reticulatum in northern Japan: environmental factors associated with seasonal occurrence and related contamination of yessotoxin in scallops*. J. Plankton Res. 28, 103 - 112.

[37] Penna, A., Ingarao, C., Ercolesi, M., Rocchi, M., Penna, N. (2006): *Potentially harmful microalgal distribution in an area of the NW Adriatic coastline: sampling procedure and correlations with environmental factors*. Estuar. Coast. Shelf Sci. 70, 307 - 316.

AUTORI:

Dr. sc. Damir Viličić,
redoviti profesor, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta, Biološki odsjek,
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb,
e-mail: *dvilici@biol.pmf.hr*.

Dr. sc. Ingrid Ivančić,
znanstveni suradnik, Centar za istraživanje mora, Institut Ruđer Bošković, 52210 Rovinj,
e-mail: *ingrid@cim.irb.hr*

Dipl. ing. biol. Sunčica Bosak,
student, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta, Biološki odsjek,
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb,
e-mail: *sbosak@biol.pmf.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 1.25.

ONEČIŠĆENJE ORGANSKOM TVARI U RIJECI KRKI I UZ TUNOGOJILIŠTE U OBALNOM SREDNJEM JADRANU

Vjeročka Vojvodić, Elvira Bura-Nakić, Božena Ćosović, Jelena Dautović

SAŽETAK: Sustavno istraživanje prirodnih osobitosti ali i antropogenog utjecaja na ekosustave rijeka i mora, koji se nalaze u visokoj kategoriji kakvoće osnova su održivog razvitka Hrvatske. Određen je sadržaj i svojstav površinski aktivnih organskih tvari (PAT) i koncentracija otopljenog organskog ugljika (DOC) u vodi rijeke Krke. Utvrđeno je područje s povišenim sadržajem organske tvari prirodnog porijekla (jezero Visovac) te područje s s organskom tvari antropogenog porijekla (nizvodno od Knina). Ispitivan je utjecaj tunogojilišta na raspodjelu i svojstva DOC i PAT kao i hranjivih soli u priobalnom području otočića Fulija (kod otoka Iža) u srednjem Jadranu. Istraživanje naselja morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u blizini tunogojilišta pokazuju drastičnu degradaciju ovog bentoskog naselja pod utjecajem organskog onečišćenja.

KLJUČNE RIJEČI: površinski aktivne organske tvari, Krka, Visovac, tunogojilište, srednji Jadran

ORGANIC ENRICHMENT IN THE KRKA RIVER AND IN THE VICINITY OF THE TUNA FARM IN THE COASTAL CENTRAL ADRIATIC SEA

SUMMARY: Systematic study of natural characteristics as well as anthropogenic influence on both riverine and marine ecosystems of high water quality is the basis of sustainable development of Croatia. Recent investigation of the content and properties of surface active substances (SAS) as well as dissolved organic carbon (DOC) in the river Krka shows the existence of the areas with higher content of both natural (Visovac Lake) and anthropogenic organic matter (downstream of Knin). The influence of tuna farm on distribution and properties of nutrients, DOC and SAS in the coastal area of Fulija Island in the central Adriatic was monitored. Investigations of *Posidonia oceanica* meadows in the vicinity of the tuna farm show drastic degradation of this benthic meadow under the influence of organic contamination.

KEYWORDS: surface active substances, Krka, Visovac, tuna farm, central Adriatic

UVOD

Prirodne vode čine jedan od najvećih bioaktivnih spremnika organskog ugljika na Zemlji. Organski je ugljik važna komponenta biogeokemijskog ciklusa čije je razumijevanje

ključno za važna društvena pitanja kao što su održivost ekosustava voda, kvalitete okoliša te regionalne i globalne klime. Organske se tvari uglavnom nalaze u otopljenom obliku (80-90%) (DOC) dok preostali dio čine čestice organske tvari (POC). Organsku tvar čini smjesa različitih spojeva prirodnog porijekla kao i onih dospjelih u vode ljudskim djelatnostima, koji u dugom vremenskom i prostornom kontinuumu reagiraju međusobno, s drugim prisutnim tvarima u vodi ali i sa živim organizmima te se ispituje kao dinamička komponenta globalnog ciklusa ugljika.

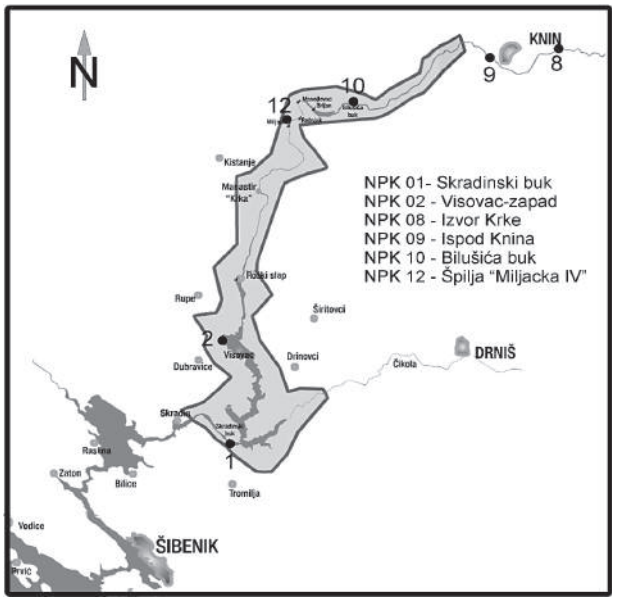
Površinska aktivnost je značajno fizikalno-kemijsko svojstvo organske tvari u prirodnim vodama. Najveći dio organske tvari površinski je aktivan i koncentrira se adsorpcijskim procesima na prirodnim granicama između vode i atmosfere, sedimenta i organske dispegirane tvari gdje utječe na procese prijenosa mase i energije.

Uz mnogobrojne fizikalno-kemijske i druge parametre, koji se ispituju u prirodnim vodama sve češće se koriste i biološki pokazatelji za procjenu kvalitete priobalnih područja mora . Morska cvjetnica *Posidonia oceanica* smatra se posebno pogodnom zbog rasprostranjenosti, dostupnosti i osjetljivosti na promjene u okolišu. Ova vrsta ima izuzetno važnu ulogu u ekosustavu Sredozemnog mora, jer predstavlja stanište ili mrijestilište i rastilište za više od 20% ukupno poznatih vrsta ovog područja. [5] Za utvrđivanje utjecaja tunogojilišta na ekosustav mora onečišćenjem organskom tvari praćeno je stanje naselja morske cvjetnice *Posidonia oceanica* u podmorju uz otočić Fuliju [6].

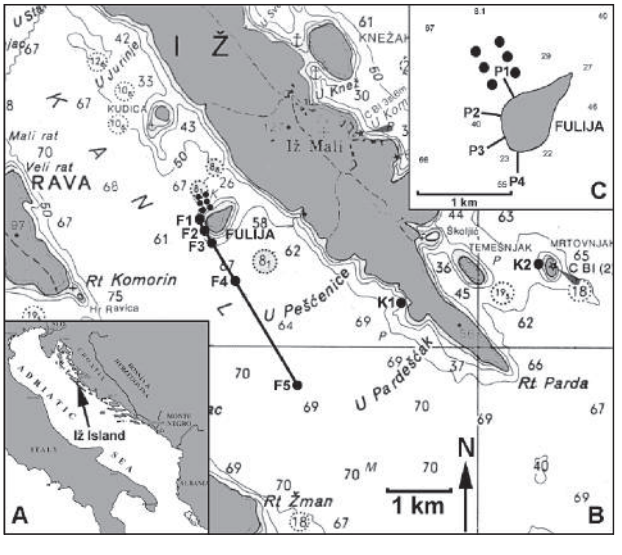
PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Krka izvire u podnožju Dinare, 3,5 km sjeveroistočno od Knina, predstavlja jedinstveni krški fenomen.i zajedno s priobalnim područjem od Knina do Skradina čini nacionalni park. Korito je pregrađeno sedrenim barijerama i slapovima, a u donjem toku nalazi se Visovačko jezero koje iznad Skradinskog buka prelazi u Mlinarsko jezero u koje se ulijeva rijeka Čikola. Srednji godišnji protok iznosi oko 50 m^3s^{-1}. Donos organskog materijala terigenog porijekla vrlo je nizak pa su vode rijeke Krke iznimno bistre što omogućava ispitivanje sadržaja i svojstava organske tvari koja je uglavnom autohtonog porijekla. Obzirom na visoku kakvoću vode rijeke Krke, kontinuirani unos zagađivala otpadnim vodama iz naseljenih područja uz rijeku ili drugim aktivnostima može imati dalekosežne negativne posljedice na taj osjetljivi ekosustav. Iznimna je osjetljivost područja Visovačkog jezera koji je glavni izvor autohtone organske tvari u Krki [8] kao i cijelog ušća s izuzetno vrijednim prirodnim resursima zajedno s uzgajalištima školjkaša i riba što upućuje na oprez i provođenje sustavne zaštite cijelog akvatorija rijeke Krke. U rijeci Krki ispitivanja su vršena na nizu postaja prikazanih na slici 1. Uzorci su skupljani u siječnju, svibnju i srpnju 2005. te u svibnju i srpnju 2006.

Ispitivanja utjecaja tunogojilišta na degradaciju morske cvjetnice *Posidonia oceanica* obavljena su u priobalnom području otočića Fulija smještenog južno od otoka Iža u srednjem Jadranu (44º 01' 02''N, 15º 06' 42''E). Raspored ispitivanih postaja prikazan je na slici 2. Prikazana su ispitivanja hranjivih soli kao i raspodjele i svojstva organske tvari (DOC i PAT) na postaji u blizini kaveza (F1) te na udaljenoj kontrolnoj postaji F5. Postaja F1 udaljena je od tunogojilišta 50 m, a postaja F5 3000m. Morska cvjetnica ispitivana je na postajama P1-P4 te na kontrolnim postajama K1 i K2. Uzorci su skupljani u lipnju, listopadu i prosincu 2004. te u svibnju 2005.



Slika 1.: Područje ispitivanja u akvatoriju rijeke Krke



Slika 2.: Područje ispitivanja oko tunogojilišta uz otočić Fuliju (postaje F1-F5, P1-P5 i K1-K2)

METODE

Za ispitivanje otopljenog organskog ugljika (DOC) u filtriranin uzorcima (stakleni filtar Whatman GF/F veličine pora 0,7 μm) primijenjena je metoda visoko temperaturne katalitičke oksidacije, koju su razvili Sugimura i Suzuki [7] (NE> ODGOVARA CITAT

U POPISU LITERATURE!). Primijenjen je TOC-V_{CPH} analizator (Shimadzu, Japan). Ugljikov (IV) oksid nastao oksidacijom otopljene organske tvari na temperaturi od 680°C direktno je određivan uz primjenu nedisperzivnog infracrvenog (NDIR) analizatora. Metoda se široko primjenjuje, a zbog visoke osjetljivosti moguće je precizno mjerenje gradijenata i varijabilnosti DOC u vrlo čistim prirodnim, ali i zagađenim vodama.

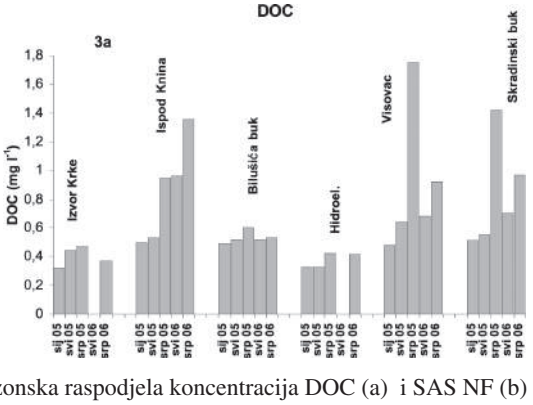
Za određivanje i karakterizaciju površinski aktivnih tvari (PAT) u širokom rasponu koncentracija koristi se već dugi niz godina jednostavna i direktna elektrokemijska metoda polarografije izmjeničnom strujom uz primjenu analizatora VA Stand Computrase 757 (Metrohm, SCH) i BAS 100A Electrochemical Analyser (Bioanalytical System, West Lafayette, IN) [2,9,3]. Metoda se temelji na ispitivanju adsorpcijskih efekata površinski aktivnih tvari na površini živine kapi kao elektrode u 0,55 M NaCl kao elektrolitu uz odabrani potencijal adsorpcije (-0,6 V prema Ag/AgCl elektrodi), vrijeme adsorpcije (15, 30, 60 i 120 s) i transport na elektrodu akumulacijom uz miješanje. Koncentracija PAT nepoznate smjese izražava se u ekvivalentima (mg l^{-1}) odabrane modelne površinski aktivne tvari Triton-X-100. Površinski aktivne tvari određivane su u originalnim, nefiltriranim uzorcima (PAT NF) koji sadrže otopljene i patrikulatne organske tvari te u filtriranim uzorcima (PAT F) s otopljnom frakcijom organske tvari.

Hranjive soli određivane su standardnim metodama. Uzorci morske vode skupljani su Niskonovim uzorkivačem, dok je posidonija ispitivana i skupljana autonomnim ronjenjem [6]

REZULTATI I RASPRAVA

Na slici 3a i 3b prikazana je raspodjela DOC i PAT NF na šest odabranih postaja smještenih na izvoru Krke (NPK 8), ispod Knina (NPK 9), uz Hidroelektranu-HE (NPK 12), pokraj Bilušića buka (NPK 10), zapadno od Visovca (NPK 2) te kod Skradinskog buka (NPK 1).

U cijelom razdoblju ispitivanja sadržaj organskog ugljika u vodi rijeke Krke bio je nizak u odnosu na druge ekosustave rijeka, s najvećom izmjerenom razinom DOC od 1,75 mg l^{-1}. Tako niske vrijednosti DOC ukazuju na visoku kakvoću vode rijeke Krke. Rezultati ispitivanja prikazani na slici 3a ukazuju na značajna sezonska kolebanja DOC na svim postajama, s nižim prosječnim vrijednostima u zimskim i proljetnim mjesecima (0,43 mg l^{-1} i 0,78 mg l^{-1}). Gotovo dva puta veće vrijednosti DOC (0,81 mg l^{-1}) zabilježene su u ljetnom periodu u odnosu na zimu te 28 % veće koncentracije nego u proljeće.



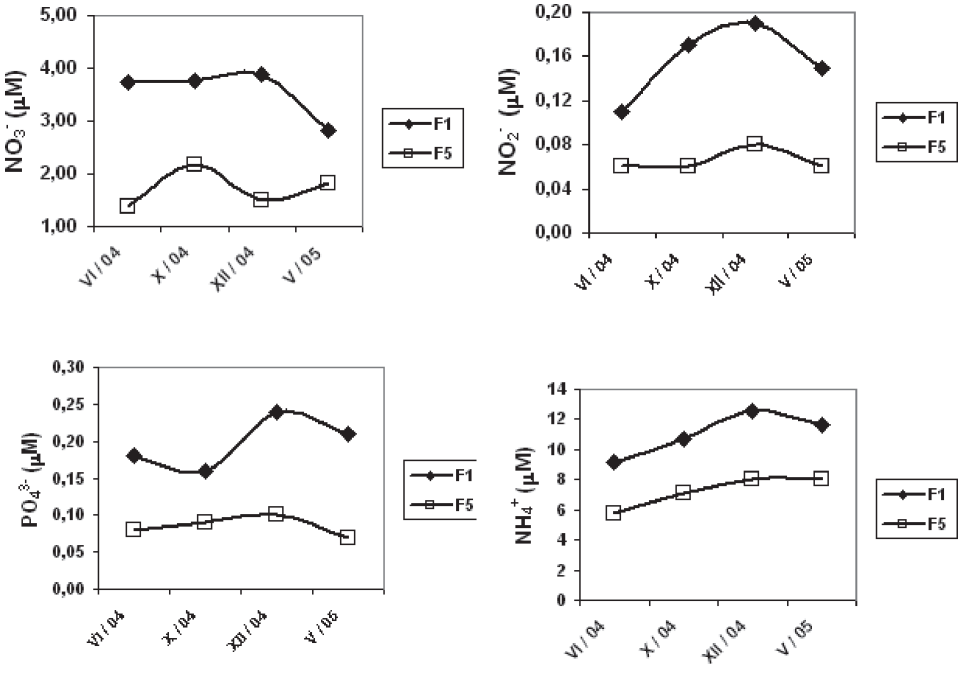
Slika 3.: Sezonska raspodjela koncentracija DOC (a) i SAS NF (b) u rijeci Krki

Sezonska kolebanja PAT NF prikazana na slici 3b podudaraju se s kolebanjima DOC, ali s većim amplitudom oscilacija. U zimskim i proljetnim mjesecima na svim postajama izmjerene su niže prosječne vrijednosti (0,049-0,176 mg l^{-1}) i više u ljetnom razdoblju (0,085-0,249 mg l^{-1}). Sezonska kolebanja PAT NF mogu se smatrati karakterističnim za to područje jer su iste značajke utvrđene i u ranijim istraživanjima, od 1982-1990. godine s prosječnom ljetnom vrijednosti PAT NF od 0,132 mg l^{-1} i s rasponom vrijednosti 0,022-0,082 mg l^{-1} u zimskom i proljetnom razdoblju [9,1]. Na slici 3 osim sezonskih oscilacija uočava se i dinamika prostornih kolebanja sadržaja DOC i PAT uvjetovanih karakteristikama postaje na kojoj su skupljani uzorci. Vidljivo se izdvajaju područja oko Knina (NPK 9) i Visovca (NPK 2) s povišenim sadržajem organske tvari kao i područja s niskim sadržajem organske tvari na izvoru Krke (NPK 8) i u blizini HE elektrane (NPK 12). Tijekom cijelog razdoblja ispitivanja najniže vrijednosti DOC, PAT NF i PAT F određene su u uzorcima skupljanim na izvoru rijeke i kod HE elektrane. Sadržaj DOC bio je na te dvije postaje u rasponu vrijednosti od 0,32-0,44 mg l^{-1} dok su vrijednosti PAT NF bile u rasponu vrijednosti od 0,015-0,047 mg l^{-1}. Međutim, u uzorcima skupljanim na postaji ispod Knina pod izravnim utjecajem gradskih otpadnih voda razina koncentracija DOC bila je do tri puta veća (0,50-1,36 mg $l^{-1)}$. Koncentracije PAT NF bile su također značajno više 0,065-1.020 mg l^{-1}), a posebno se ističe i izuzetno visoka koncentracija PAT NF (> 1 mg l^{-1}) izmjerena u srpnju 2006. Iz povećanih vrijednosti PAT na postaji ispod Knina u cijelom razdoblju ispitivanja može se zaključiti o antropogenom zagađivanju rijeke Krke, a ekstremne vrijednosti izmjerene u ljetnom periodu upozoravaju na povećanu opasnost od posljedica zagađivanja zbog manjeg protoka rijeke i visokih temperatura. Povišene vrijednosti koncentracija PAT i DOC još su vidljive na postaji NPK 10 nizvodno od Knina (kod Bilušića buka), dok se na sljedećoj postaji NPK 12, kod hidroelektrane izjednačavaju s vrijednostima izmjerenim na izvoru rijeke. Na postaji NPK2 kod jezera Visovac u vodi rijeke Krke određeno je drugo područje povišenog sadržaja organske tvari u kojem se razvija slatkovodni fitoplankton i predstavlja glavni izvor prirodne organske tvari važne za cijelo područje riječnog ušća. Sadržaj DOC bio je u širokom rasponu vrijednosti s najnižom vrijednosti u siječnju 2005 (0,4 mg l^{-1}) i najvišom u srpnju iste godine (1,75 mg l^{-1}). Također su izmjerene visoke vrijednosti PAT NF (0,064-0,249 mg l^{-1}). Nizvodno od Visovca, kod Skradinskog buka opaža se trend opadanja koncentracija organskih tvari, ali ne do razina koje su nađene na izvoru Krke i na postaji uz hidroelektranu.

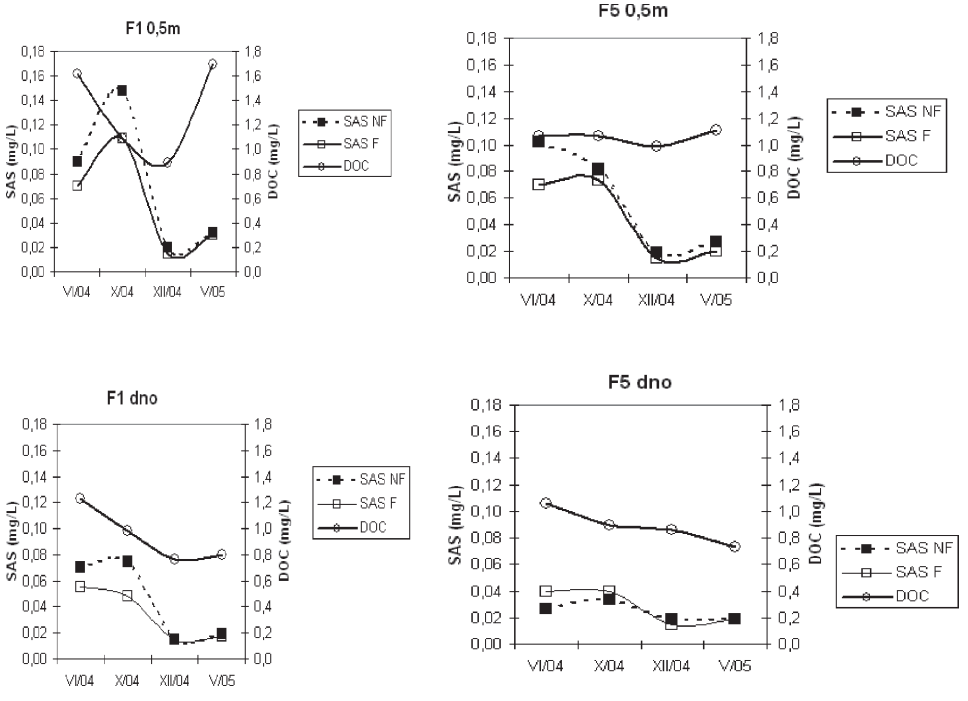
U okruženju ribogojilišta suvišak riblje hrane i izlučevina riba s obiljem hranjivih soli u otopljenom se obliku otpuštaju u morsku vodu dok dio u partikularnom obliku sedimentacijom završava na morskom dnu. Ribogojilišta mogu snažno utjecati na ekosustav mora te dovesti do epizodnih ili trajnih pojava eutrofikacije [4].

Rezultati ispitivanja u području srednjeg Jadrana uz otočić Fuliju gdje je smješteno tunogojilište prikazani su na slici 4 (raspodjela hranjivih soli) i slici 5 (raspodjela organske tvari, PAT i DOC). Odabrane su dvije krajnje postaje smještene u neposrednoj blizini kaveza s tunama (F1) te udaljena postaja izvan područja utjecaja tunogojilišta (F2). Stupac morske vode predstavljen je s dva sloja, površinskim i pridnenim između kojih je razlika sadržaja PAT i DOC najizraženija. Rezultati ispitivanja hranjivih soli s vrijednostima izmjerenim u sloju mora na dubini od 10 m jasno pokazuju da je sadržaj hranjivih soli u svim sezonama na postaji F1 smještenoj neposredno uz kaveze bio značajno viši nego na udaljenoj postaji F5 ukazujući na kontinuirani unos tih tvari u ekosustav mora oko tunogojilišta. Uz sezonske oscilacije na obje postaje s nižim vrijednostima u zimskom i proljetnom razdoblju i višim u ljetnom i jesenskom razdoblju PAT pokazale su i trend opadanja koncentracija od površine prema pridnenom sloju mora. Značajnije razlike koncentracija PAT nađene su samo u jesenskom razdoblju, no izraženi pikovi vrijednosti

DOC u površinskom sloju morske vode u neposrednoj blizini tunogojilišta u ljetnom i proljetnom razdoblju sa značajno većom vrijednosti (34 %) nego na postaji udaljenoj od kaveza, jasno upućuju na procese akumulacije organske tvari. Budući da je i u pridnenom sloju u ljetnom razdoblju sadržaj DOC bio na postaj F1 oko 14 % veći nego na postaji F5, također se može zaključiti o utjecaju tunogojilišta na porast sadržaja organske tvari u cijelom stupcu okolnog mora. Također treba istaknuti da početni procesi akumulacije DOC, obično u proljeće, kojima prethodi snažni porast površinske aktivnosti nisu detektirani u okviru dinamike kojom su skupljani izorci.



Slika 4.: Sezonska raspodjela koncentracija hranjivih soli u sloju mora na dubini od 10 m na postaji u blizini kaveza (F1) te udaljenoj kontrolnoj postaji F5



Slika 5.: Sezonska raspodjela DOC, SAS NF i SAS F u površinskom i pridnenom sloju mora na postaji u blizini tunogojilišta F1 te udaljenoj kontrolnoj postaji

Pregledom sedimenta ustanovljene su muljevite naslage obično obogaćene organskom tvari dok je tlo bilo prekriveno slojem želatinoznih nakupina koje uz redukciju svjetla ispod kaveza ometaju fotosintezu cvjetnice. Kako je pokazano u tablici 1 oko kaveza je ustanovljena uočljiva promjena pridnenih zajednica što je posljedica smanjenja prozirnosti stupca morske vode i dovodi do drastične devastacije naselja morske cvjetnice *Posidonia oceanica.* U okruženju od 50 m oko kaveza (postaja P1) uočeno je potpuno propadanje morske cvjetnice, a njena je gustoća značajno smanjena u radijusu od 500 m od tunogojilišta (P4) u odnosu na kontrolne postaje K1 i K2.

Tablica 1.: Srednja gustoća čuperaka /m^2 ***Posidonia oceanica*** sa standardnim devijacijama na postajama uz otočić Fuliju (P1-P4) i kontrolnim postajama K1 i K2

brojnost čuperaka /m^2						
Dubina/postaja	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**K1**	**K2**
5 m	-	56 ± 4.46	107 ± 4.02	182 ± 12.57	248 ± 29.07	296 ± 6.57
10 m	61 ± 6.98	38 ± 2.17	110 ± 4.27	186 ± 8.08	256 ± 13.61	315 ± 30.77
15 m	-	47 ± 2.65	127 ± 4.55	163 ± 3.86	192 ± 6.88	279 ± 2.49
20 m	-	49 ± 5.41	106 ± 3.86	146 ± 7.5	-	202 ± 17.65

ZAKLJUČAK

U oba ispitivana ekosustava uočena je sezonska dinamika kolebanja organske tvari povezane s biološkim procesima u moru kao i utjecaj ljudskih djelatnosti na porast sadržaja organske tvari. S obzirom na krhkost tih ekosustava voda visoke kakvoće važno je upozoriti na potrebu adekvatne zaštite tih područja izgradnjom uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Knina kao i odabirom povoljnijih lokacija za smještaj tunogojilišta.

LITERATURA:

1.Ćosović, B., Vojvodić, V., 1982. Limnol. Oceanogr., 27:361.

2. Ćosović, B., Vojvodić, V., 2000. Period.biol., Vol 102, 255-259

3. M.Holmer, 2004. U "Drainage basin nutrient imputs and eutrophication: an integrated approach" . University of Tromso, Norway.

4. Pergent-Martini et al., 2005. Acological Indicators, 5: 213-230

5. Požar-Domac i sur., u pripremi

6. Sugimura, Y., and Suzuki, Y., 1998. Mar. Chem., 24:105-131.

7. Viličić D., 2003. U "Fitoplankton u ekosustavu mora". Izd. Školska knjiga d.d,, Zagreb

8. Vojvodić, V., Ćosović, B., 1992. Mar. Chem., 39: 251-267

AUTORI:

Vjeročka Vojvodić[1], Elvira Bura-Nakić[2], Božena Ćosović[1], Jelena Dautović[1]

1.Institut Ruđer Bošković Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička 54, 10000 Zagreb i 2.Laboratorij Martinska , 22000 Šibenik, Hrvatska

TEMA 2.

POSEBNOSTI U ZAŠTITI OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA - POPLAVE, SUŠE

Voditelji i recenzenti teme:
dr. sc. Marjana Gajić-Čapka, prof. dr. sc. Lidija Tadić,
prof. dr. sc. Ranko Žugaj

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.01.

POPLAVNE POVRŠINE I POTENCIJALNE ŠTETE OD POPLAVA NA SLIVU KRAPINE

Marina Barbalić

SAŽETAK: Poplave su prirodni fenomeni koji se ne mogu izbjeći, ali se poduzimanjem različitih mjera rizici od poplava mogu sniziti. Prostrana brdsko-planinska područja s visokim kišnim intenzitetima, široke doline nizinskih vodotoka, veliki gradovi i vrijedna dobra na potencijalno ugroženim površinama, te nedovoljno izgrađeni i održavani zaštitni sustavi, čine Hrvatsku prilično ranjivom. Procjenjuje se da poplave potencijalno ugrožavaju oko 15% državnog kopnenog teritorija, od čega je veći dio danas zaštićen s različitim razinama sigurnosti.

Jedna od negrađevinskih mjera obrane od poplava čije je značenje prepoznato i u Direktivi o poplavama EU te Strategiji upravljanja vodama su karte rizika od poplava. Njihova izrada i predstavljanje javnosti je ocjenjeno kao jedna od prioritetnih zadaća vodnog gospodarstva.

Hrvatske vode su pokrenule pilot projekte za izradu karata rizika od poplava, a u ovom radu je dan sažetak rezultata studije koja se odnosi na sliv rijeke Krapine.

KLJUČNE RIJEČI: obrana od poplava, karte rizika od poplava, potencijalne štete od poplava, sliv rijeke Krapine, GIS

POPLAVNE POVRŠINE I POTENCIJALNE ŠTETE OD POPLAVA NA SLIVU KRAPINE

SUMMARY: Floods are natural phenomena whose occurrences cannot be avoided, but by undertaking various preventive measures flood risks can be reduced to an acceptable level. Extensive mountain ranges with high rain intensities, wide lowland floodplains, large cities and valuable assets on potentially threatened areas, as well as uncompleted flood defense systems make Republic of Croatia rather vulnerable to floods. It is estimated that floods endanger 15% of Croatian territory, most of which is protected with diverse levels of protection.

One of nonstructural measures, recognized also by EU Flood Directive are flood risk maps. Their completion and presentation to the public is one of priority tasks of water management. Hrvatske vode have started flood risk maps pilot projects, and here, summary of the Krapina pilot project is presented.

KEYWORDS: flood management, flood risk maps, indicative flood damage maps, Krapina river basin, GIS

UVOD

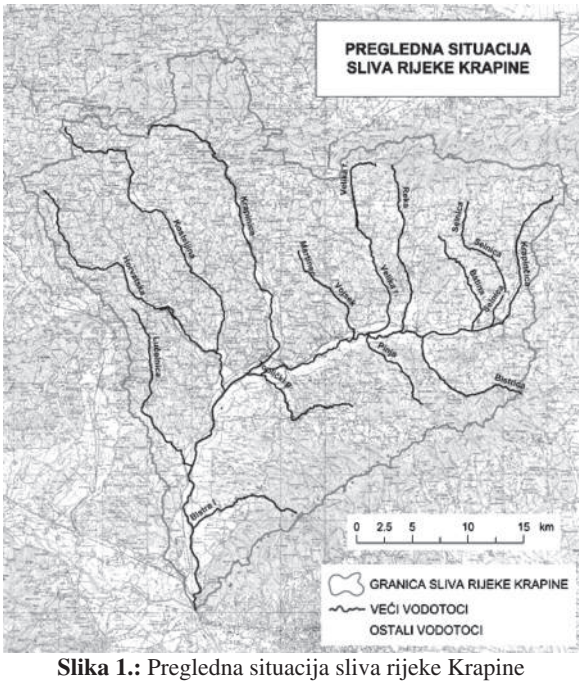
Problem poplava postao je naročito izražen tijekom posljednjeg desetljeća dvadesetog i početka dvadesetiprvog stoljeća širom Europe. U Hrvatskoj, brojna su područja ugrožena poplavama, a jedno od njih je i sliv rijeke Krapine, na kojem dosad nisu obavljeni značajniji regulacijski i zaštitni radovi. Učestalost poplava na slivu Krapine i moguće velike materijalne štete od poplava inicirale su poduzimanje odgovarajućih građevinskih, ali i negrađevinskih mjera kako bi se ugroženost područja smanjila. Jedan od početnih koraka u rješavanju problema priprema je karata poplavnih površina i procijena potencijalnih šteta od poplava na slivu. U okviru ovog rada prikazan je dio rezultata projekta „Rizici od polava na slivu rijeke Krapine“ ([5]), čiji je glavni cilj bio utvrđivanje stupnja ugroženosti područja i procjena rizika od plavljenja za što je bilo potrebno izraditi kartu poplavnih površina i kartu potencijalnih šteta na ovom slivu.

Značenje ove, negrađevinske mjere obrane od poplava prepoznato je i u Direktivi o gospodarenju poplavama EU [2], te Strategiji upravljanja vodama [6].

Prema [2] zahtjeva se uključivanje segmenta gospodarenja poplavama u planove upravljanja slivovima izrađene prema Okvirnoj direktivi o vodama [3], a posljedično i analiza rizika od poplava na slivovima gdje se ugroženost od poplava ocjeni značajnom. Kao osnovni alat za analizu rizika u okviru [2] predložene su karte poplavnih površina („flood maps”) te karte potencijalnih šteta (“indicative flood damage maps”).

KARAKTERISTIKE SLIVA RIJEKE KRAPINE

Sliv rijeke Krapine, ukupne slivne površine od 1 235 km^2, proteže se od ušća u Savu kod Zaprešića prema sjeveru, s tim da ga sjeverna vododjelnica razdvaja od sliva Bednje i Lonje, zapadna od sliva Sutle, istočna od sliva Lonje, dok južno graniči s slivovima južnih Medvedničkih potoka koji gravitiraju Savi. Većim dijelom je brežuljkasto-brdskog karaktera, reljefa snažne disekcije i guste mreže brdskih pritoka.



Slika 1.: Pregledna situacija sliva rijeke Krapine

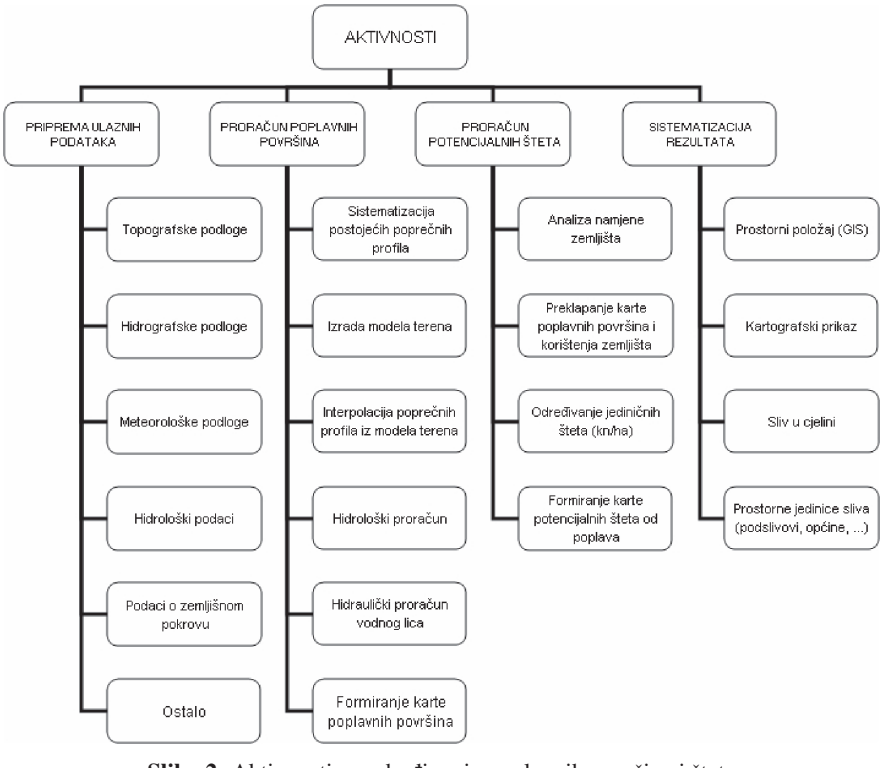
Rijeka Krapina, ukupne dužine od oko 68 km, izvire na obroncima Ivanšćice kod Podruta te dalje, uz naselja Konjščinu, Zlatar Bistricu i Bedekovčinu, teče prema Zaboku u čijoj blizini prima svoje najveće pritoke - Horvatsku, Krapinicu i Topličinu. Nizvodno od Zaboka rijeka Krapina teče kroz široku dolinu prema Zaprešiću, kod kojeg se ulijeva u rijeku Savu.

Sliv rijeke Krapine asimetričan je u odnosu na rijeku. Desni pritoci (Horvatska, Krapinica, Velika Reka, ...) duži su, blagog nagiba

i imaju veće površine sliva, dok su lijevi pritoci s obronaka Medvednice (Topličina, Bistrica, Conec, ...) brojni, kratki i bujičasti. Nizinsko područje uz rijeku Krapinu odlikuje se relativno uskom riječnom dolinom sredinom koje prolazi vodotok, te je ispresijecano sekundarnim vodotocima. Po bokovima doline locirana su naselja povezana prometnicama. Hidrografska mreža vrlo je razvijena, a gustoća vodotoka iznosi 1.8 km/km^2. Pregledna situacija sliva rijeke Krapine prikazana je na slici 1.

METODOLOGIJA I KORIŠTENI PODACI

S obzirom da metodologija izrade karata rizika od poplava nije bila definirana projektnim zadatkom, formirana je na temelju analize dostupnih ulaznih podataka, literature i iskustva. Aktivnosti na određivanju poplavnih površina i proračunu potencijalnih šteta od poplava prikazane su šematski na slici 2.



Slika 2: Aktivnosti na određivanju poplavnih površina i šteta

Digitalni model terena napravljen je na temelju vektoriziranih slojnica mjerila 1:25 000 i hidrografske mreže sliva Krapine. Podaci o slojnicama preuzeti su iz arhive Hrvatskih voda, dok su podaci o hidrografskoj mreži preuzeti iz projekta "Priprema prostornih podataka za potrebe vodnogospodarskog planiranja na površinskim vodama sliva Krapine" [4]. U projektu [4] obavljena je vektorizacija i atributizacija hidrografskog sadržaja (vodotoci i vodne građevine) državne topografske karte mjerila 1:25 000 na području sliva Krapine.

Hidrološki proračun maksimalnih protoka sproveden je na dva načina; za rijeku Krapinu preuzet je iz Vodoprivrednog rješenja [8], dok za ostale vodotoke je napravljen po

modificiranoj racionalnoj metodi prikazanoj detaljno u literaturi D. Srebrenović: *Problemi velikih voda* [7]. GIS analizom su određeni ulazni parametri potrebni za hidrološki proračun, koristeći se podacima o vodotocima, modelom terena, podacima o godišnjim izohijetama i podacima zemljišnog pokrova.

Hidraulički proračun nivoa vodnih lica obavljen je na temelju podataka o proračunatim protocima i poprečnim profilima, korištenjem hidrauličkog programa HEC-RAS. S obzirom na to da se raspolagalo s malim brojem geodetski snimljenih profila, njihov broj je dopunjen interpolacijom s digitalnog modela terena.

Proračunate vrijednosti nivoa vodnih lica za velike vode 5, 10, 25, 50, 100 i 1000 - godišnjeg povratnog razdoblja, prostorno su interpretirane na digitalni model terena i tako su dobivene karte poplavnih površina. Karte su prikazane na slikama 3.1 do 3.6.

Slika 3.1: Prostorni prikaz poplavnih površina, 5-godišnje povratno razdoblje

Slika 3.2: Prostorni prikaz poplavnih površina, 10-godišnje povratno razdoblje

Slika 3.3: Prostorni prikaz poplavnih površina, 25-godišnje povratno razdoblje

Slika 3.4: Prostorni prikaz poplavnih površina, 50-godišnje povratno razdoblje

Slika 3.5: Prostorni prikaz poplavnih površina, 100-godišnje povratno razdoblje

Slika 3.6: Prostorni prikaz poplavnih površina, 1 000-godišnje povratno razdoblje

Preklapanjem karte poplavnih površina i karte korištenja zemljišta dobiveni su podaci o korištenju zemljišta na potencijalno ugroženim površinama. Na slici 4 je prikazan rezultat za 100-godišnje povratno razdoblje.

Slika 4: Korištenje zemljišta na poplavnim površinama za PR 100 god.

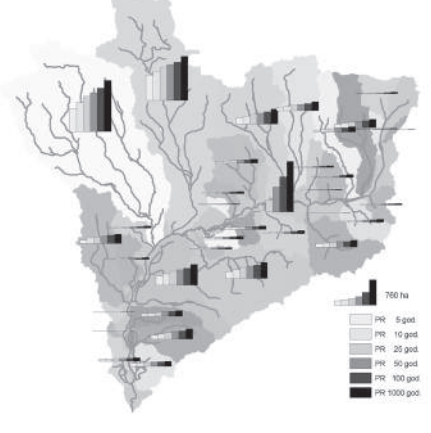
Okvirna procjena potencijalnih poplavnih šteta na slivu Krapine, za postojeće stanje korištenja zemljišta i postojeće stanje izgrađenosti zaštitnog sustava, izvršena je korištenjem "Metodologije za procjenu štete od elementarnih nepogoda" (NN 96/98).

Dostupna karta zemljišnog pokrova diktirala je grubu podjelu klasa korištenja zemljišta. Stoga, potencijalne štete izračunate su za slijedeće klase korištenja zemljišta: naselja, poljoprivrednih površina, livada i šuma, za svako od analiziranih povratnih razdoblja, slika 5.

Slika 5: Prostorni prikaz potencijalnih šteta od poplava za PR 100 god.

REZULTATI ANALIZE

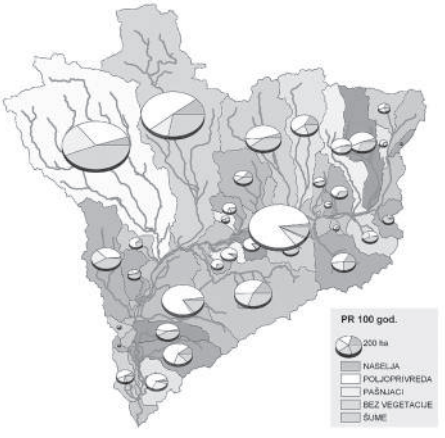
Promatrajući sliv rijeke Krapine u cjelini može se zaključiti da se poplavne površine u odnosu na povratna razdoblja kreću od 3000 do 9000 ha. Tih 9000 ha čini oko 7% ukupne površine sliva. Na slici 6 prikazane su poplavne površine sistematizirane po podslivovima, za definirana povratna razdoblja.



Slika 6: Sistematizacija poplavnih površina po podslivovima i povratnim razdobljima

S obzirom na korištenje zemljišta na poplavnim površinama može se zaključiti da su površinski, poplavama najviše izložene poljoprivredne površine, zatim šume, livade i na kraju naselja. Omjer je skoro konstantan bez obzira na povratno razdoblje, te tako oko 50% poplavnih površina čine poljoprivredne površine, 30% šume, 15% livade i 5% naselja.

Na slici 7 prikazano je korištenje zemljišta na poplavnim površinama sistematizirano po podslivovima i to za 100 godišnje povratno razdoblje.



Slika 7: Korištenje zemljišta na poplavnim površinama sistematizirano po podslivovima za 100-godišnje povratno razdoblje

ZAKLJUČAK

Gledajući u cjelini, određivanje poplavnih površina i potencijalnih šteta na slivu rijeke Krapine, primjenom navedene metodologije, sprovedeno je uspješno. Osnovni problem i ograničavajući faktor u radu predstavljala je kvaliteta prostornih podataka. Ovaj problem je djelomično već riješen, završetkom izrade zemljišnog pokrova prema metodologiji CORINE [1], koji je višestruko detaljniji i precizniji od ovdje korištenog zemljišnog pokrova. S druge strane, već duže vrijeme dostupne su tehnologije za relativno brzu i ekonomičnu izradu digitalnih modela terena pa se i ti nedostatci ulaznih podataka u slučaju potrebe mogu vrlo jednostavno riješiti.

Ukoliko se zanemare geometrijske netočnosti ulaznih podataka za hidraulički proračun, kod određivanja poplavnih površina, nisu uočeni veći problemi.

Obzirom da je najveći značaj u okviru projektnog zadatka dan određivanju poplavnih površina te da je bio dostupan vrlo grub GIS sloj korištenja zemljišta, kod izračuna potencijalnih šteta korištene su uglavnom pretpostavke i procjene bez provođenja detaljnijih analiza.

Za očekivati je da će usvajanjem EU direktive o poplavama doći do intenziviranja aktivnosti na izradi karata rizika od poplava. Radi toga bi bilo uputno:

- Na osnovu postojećih pilot projekata, ranijih iskustava te dostupne literature pristupiti izradi jedinstvene nacionalne metodologije za izradu karata rizika od poplava jer se pokazalo da je integracija karata napravljenih po različitim metodologijama vrlo složena.
- Izraditi nacionalnu metodologiju za procjenu potencijalnih šteta od poplava koja bi omogućila što jednostavnije integriranje dostupnih podataka koje prikupljaju druge institucije i koje nisu u direktnoj nadležnosti vodnog gospodarstva, a bitne su za procjenu.

- Pozorno pratiti događanja na međunarodnom, a naročito EU nivou, jer se u zadnje vrijeme pojavio niz inicijativa i preporuka vezanih za procjenu rizika od poplava.
- Nakon usvajanja direktive o poplavama te publiciranja odgovarajućih vodiča dopuniti nacionalnu metodologiju za izradu karata rizika od poplava tako da bude usklađena sa EU zahtjevima.
- Pristupiti sistematskom prikupljanju podataka potrebnih za izradu detaljnijih i pouzdanijih karata rizika od poplava.

LITERATURA

[1] Agencija zazaštitu okoliša (2005): CORINE Land Cover Hrvatska, Zagreb

[2] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2006): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of floods {SEC(2006) 66}

[3] Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Zagreb (2003): Okvirna Direktiva o vodama Europske unije Vodnogospodarska osnova Hrvatske, izdanja II

[4] Hrvatske vode, VGO Sava, Služba planiranja, pripreme i razvoja projekata (2004): Priprema prostornih podataka za potrebe vodnogospodarskog planiranja na površinskim vodama sliva Krapine

[5] Hrvatske vode, VGO Sava, Služba planiranja, pripreme i razvoja projekata (2004): Rizici od polava na slivu rijeke Krapine

[6] Hrvatske vode (2006): Strategija upravljanja vodama - Nacrt, Zagreb

[7] Srebrenović, D. (1970): Problemi velikih voda, Tehnička knjiga, Zagreb

[8] VRO Zagreb, OOUR Projekt (1985): Vodoprivredno rješenje uređenja sliva Krapine

AUTOR

Marina Barbalić, dipl.ing.građ.,
Hrvatske vode, VGO Sava,
Služba razvitka i katastra,
rmarina@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.02.

GEOMORFOLOŠKA EVOLUCIJA RIJEČNIH UŠĆA NA ISTARSKOM POLUOTOKU

Čedomir Benac, Josip Rubinić, Igor Ružić, Ivan Celija

SAŽETAK: Središnji dio istarskog poluotoka ili «Siva Istra», tvore siliciklastične sedimentne stijene odnosno fliš. Teren je male vodopropusnosti, mali je stupanj infiltracije oborina te prevladava površinsko otjecanje. Bujični vodotoci su aktivni tijekom razdoblja intenzivnih padalina u području gdje se nalaze slivna područja svih većih rijeka. Zato je «Siva Istra» jedno od područja u Hrvatskoj s vrlo izraženim erozijskim procesima. U vodotocima je ustanovljena je velika količina vučenog i suspendiranog nanosa tijekom razdoblja velikih padalina. Na temelju geoloških istraživanja i povijesnih podataka, ustanovljeno je da su se ušća Mirne. Raše i Dragonje nalazila u estuarijima. Ta mjesta su zatrpana tijekom posljednjih stoljeća, uz iznimku velikog estuarija rijeke Raše. Zato je bilo značajno otkriti intenzitet sedimentacije u dužem razdoblju. U ovom radu je izvršena komparacija topografskih karata iz godina 1771., 1882. i 1930. sa suvremenim topografskim kartama. Na taj način je izvršena analiza promjene korita, obalne linije i smanjenje dubine morskog dna uz ušća. Manje promjene morfologije su ustanovljene na ušću rijeke Dragonje, nešto veće na ušću rijeke Mirne. Izrazito je veliko zatrpavanje estuarija rijeke Raše od 1771. Sedimentacija je smanjena od druge polovice 20. stoljeća. Te promjene su važan indikator dinamike erozijskih procesa u slivovima rijeka na istarskom poluotoku.

KLJUČNE RIJEČI: fliš, erozija, pronos nanosa, estuarij, sedimentacija, Istra

GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION OF THE RIVER MOUTHS ON ISTRIAN PENINSULA

SUMMARY: The Central part of Istrian peninsula or "Grey Istria" is formed in siliciclastic sedimentary rocks or flysch. Terrain has less permeability, infiltration of precipitation has got lower degree and surface drainage prevails. Torrent streams are active during periods of heavy precipitation where situated drainage zones of all bigger rivers are. For this reason, "Grey Istria" is one of the areas in Croatia with very expressive erosion processes. High quantity of bedload and suspended load has discovered in riverbeds during heavy rain period. According to the geological investigations, and also historical data, has founded that the river mouths of Dragonja, Mirna and Raša rivers have situated in estuaries. These locations have been filled during last the centuries, except for the great estuary of Raša River. For this reason, it was very important to discover the intensity of sedimentation during the last centuries. In this paper, the comparison between topographic maps from 1771, 1882 i 1930 with modern ones has been made. Based on the mentioned method,

the analysis of the riverbed and coastal changes and also sea bottom swallowing near river mouths has been made. Small changes of morphology have been discovered in the area of Dragonja River mouth and few bigger near Mirna River mouth. Infilling of Raša estuary has been very expressive since 1771. The sedimentation has been smaller since second half of 20th century. These changes are important indicator of erosion processes in drainage area of rivers in Istrian peninsula.

KEYWORDS: flysch, erosion, sediment transport, estuary, sedimentation, Istria

UVOD

Središnji dio istarskog poluotoka, koji je geografski poznat kao «Siva Istra», oblikovan je u siliciklastičnim stijenama sa značajkama fliša. Zato su upojnost i vodopropusnost pretežito mali pa je u razdobljima intenzivnih oborina dominatno površinsko otjecanje naglašeno bujičnog karaktera. Na tom je području razvijena površinska hidrografska mreža svih značajnijih istarskih vodotoka (Sl. 1). Zbog visoke erodibilnosti terena, izražena je produkcija i pronos nanosa [11], po čemu je Siva Istra, jedno od područja s najizraženijim bujičnim i erozijskom procesima na teritoriju Republike Hrvatske.

Jedini stalni vodotoci koji se ulijevaju u more su Dragonja, Mirna, Raša i Boljunčica, dok Pazinčica ponire u Pazinskoj jami. U koritima tih vodotoka mjerenjima je ustanovljen visok pronos nanosa pojačan erozijom korita. Na temelju geoloških istraživanja i povijesnih podataka ustanovljeno je da su se ušća Dragonje, Mirne i Raše nalazila u estuarijima, koji su s vremenom zatrpani, uz iznimku znatno većeg estuarija rijeke Raše [1]. Boljunčici je ušće u Plominski zaljev umjetno prokopano izgradnjom tunela Čepić tridesetih godina 20. stoljeća, od kada je primjetna pojačana sedimentacija u Plominskoj dragi.

Slika 1.: Pregledna litološka karta Istre: 1- karbonatne stijene (vapnenci, dolomiti i karbonatne breče); 2- siliciklastične stijene (fliš); A- ušće rijeke Dragonje (sl. 2); B-ušće rijeke Mirne (sl. 3); ušće rijeke Raše (sl. 4)

Produkcija nanosa, njegov transport u obliku vučenog nanosa i onog u vodenoj suspenziji, kao i akumulacija, kontinuiran je proces, sa znatnim oscilacijama. Zato je bilo zanimljivo ustanoviti intenzitet i moguće promjene tih procesa u dužem razdoblju. Budući da su mjerenja obavljana samo mjestimično i u kratkim periodima, jedna od mogućnosti određivanja njihovog intenziteta i promjene u vremenu je veličina akumulacije sedimenata na temelju promjene morfologije riječnih ušća. Zato je u radu izvršena komparacija topografskih karata različitih generacija izrađenih godina 1771., 1882. i 1930., sa suvremenim topografskim kartama za područja nizvodnog dijela toka i ušća Dragonje, Mirne i Raše. Nažalost,

topografske karte starije izrade nisu mogle poslužiti za barem približno točnu komparaciju. Na temelju toga je izvršena analiza promjene korita, obalne linije i smanjenje dubine morskog dna ispred ušća.

GEOLOŠKA GRAĐA I MORFOGENEZA

Pliocensko-pleistocenski tektonski pokreti bili su presudni za oblikovanje današnjeg reljefa i za sadašnji raspored naslaga na području Istre. Zapadnoistarska antiklinala izgrađena od tektonski slabo poremećenih karbonatnih stijena, odnosno vapnenaca i dolomita gornje jure i krede. Prema sjeveroistoku pruža se pazinski paleogenski bazen s foraminiferskim vapnencima u podini i siliciklastičnim stijenama s karakteristikama fliša u krovini. Zona fliša, odnosno «Siva Istra», proteže se od Tršćanskog zaljeva na zapadu do grebena Učke na istoku (Sl. 1). Flišna stijenska masa je litološki heterogena. Većinom sadrže glinjce i siltite te proslojke kacitičnih pješčenjaka i brečokonglomerata, a donji dio flišne serije je laporovit. Naslage imaju gotovo horizontalni položaj slojeva. U planinskoj skupini Ćićarija nalaze se jako poremećene gornjokredne i paleogenske stijene sa značajkama ljuskave strukture. Područje planinskog hrpta Učke u geološkom smislu je tektonski jako poremećena i višestruko navučena antiklinalna forma [13].

Relativno nagle promjene erozijske baze tijekom gornjeg pleistocena zbog čestih globalnih oscilacija razine Jadranskog mora, bile su praćene dodatnim povećanjem energije reljefa uslijed tektonskih pomaka [3]. U procesu morfogeneze područja Istre, tijekom pleistocena pa i holocena, zbivala se diferencijalna erozija flišnih terena. Na dijelovima terena, gdje su više zastupljeni otporniji pješčenjaci i brečokonglomerati, stvorena su uzvišenja [9].

More je počelo plaviti sjeverni Jadran prije nešto više od 18000 godina a morska razina brzo je rasla između 17000 i 6000 godina prije sadašnjosti. More je početkom holocena poplavilo riječne doline, pa su nastali estuariji. Usporeni rastom i stagnacijom morske razine u području sjevernog Jadrana tijekom posljednjih milenija [10], stvoreni su uvjeti za zatrpavanje potopljenih riječnih dolina [12]. Na taj način su postupno ispunjene sedimentima riječne doline Mirne i Dragonje, a djelomično i estuarij Raše[2].

PRODUKCIJA NANOSA U SIVOJ ISTRI

Istarsko pobrđe ima sve fiziogenetske predispozicije za razvoj vodne erozije. Uzrok toj pojavi je višestruk, a u osnovi se svodi na nagib terena, litološki sastav, vegetacijski pokrov i lokalne klimatske prilike. Oblikovano je u siliciklastičnim stijenama u čijim se sitnozrnastim naslagama, kao što su glinjci, siltiti i lapori, izrazito brzo odvija razgradnja. Nasuprot tomu, pješčenaci i brečokonglomerati znatno su otporniji. Mehaničko razaranje potpomaže i ubrzava kemijsko raspadanje i stoga postupnom razgradnjom nastaje glinovito-prašinasta zona raspadanja. Te naslage bivaju istovremeno erodirane ukoliko je ispiranje intenzivno. Vododerine su područja ekstremno ekscesivne erozije, gdje je produkcija nanosa 8.000 puta veća od područja pod vegetacijom i s debljom zonom pedosfere [7]. Veće strmine potiču plošnu eroziju koja s vremenom, uslijed degradacije vegetacijskog pokrova, prelazi u brazdasti te jaružasti tip erozije.

Ustanovljeno je da je erozija prouzročena ispiranjem izrazito sezonskog karaktera na Istarskom pobrđu, pa se visoka produkcija nanosa događa uglavnom ljeti [8]. Ona se manifestira pojavama povećanih koncentracija suspendiranog nanosa u površinskim vodama nakon intenzivnih oborina i protoka. Glavnina pronosa nanosa odvija se tijekom nekoliko izraženijih godišnjih vodnih valova izazvanih pojavama ljetnih intenzivnih

oborina ili pak vezano uz pojavu prvih jesenskih intenzivnijih oborina i protoka.

Nažalost, sustavna hidrološka praćenja dinamike produkcije izvršena su u području Istre samo na dva profila: Dubračica - Pazinčica i Abrami - Bračana. Oni su daleko od riječnih ušća tako da ne pokazuju izravno ukupnu bilancu pronosa nanosa. Najveća specifična produkcija nanosa od 10000 m^3/km^2 ustanovljena je upravo u vododerinama gdje su vidljive ogoljele siliciklastične stijene. Na plitkom tlu, gdje je vegetacijski pokrivač potpuno degradiran pa su vidljive ogoline, produkcija nanosa također je oko 3500 m^3/km^2 [7]. To su ekstremne i prostorno usko ograničene pojave. Na razini cjelovitih slivova količine nanosa su znatno manje, a dio vučenog nanosa samo se premješta unutar sliva.

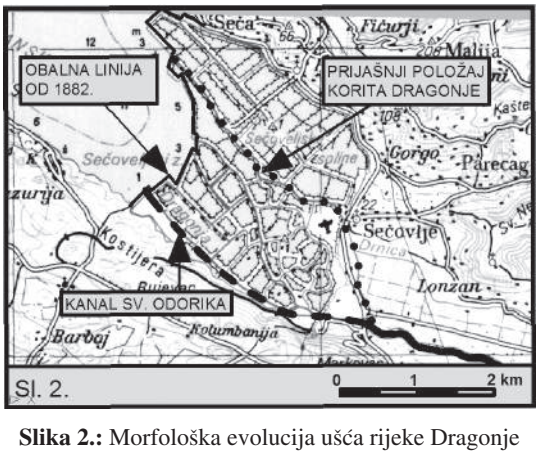
MORFOGENEZA RIJEČNIH UŠĆA

Zbog visoke erodibilnosti terena, produkcija i pronos nanosa su vrlo izraženi u koritima Dragonje, Mirne i Raše [11]. Na temelju detaljnih mjerenja na ušću rijeke Raše, može se smatrati da je oko 90 % sedimenata koji dolaze do ušća u obliku suspenzije [6]. Taloženje suspendiranog nanosa u estuarijima svih triju rijeka događaju se u okolišu niske energije valova: Uzroci su: smanjenje brzine toka na ušću, estuarijski tip cirkulacije vode s pridnenom protustrujom morske vode u smjeru rijeke te flokulacija minerala gline zbog kemizma morske vode što pospješuje taloženje suspendiranog nanosa

Dragonja

Rijeka Dragonja je duga 28 km, a površina sliva je 218 km^2. Riječni tok nastaje spajanjem Velike i Male Rokave, u koje se ulijevaju vode više potoka u flišnom zaleđu. kod Gračišća. Donji tok Dragonje je naplavna ravnica s melioriranim poljoprivrednim površinama. S južne strane, do korita dolazi voda iz snažnih krških vrela. Tu je vodotok preusmjeren u kanal Sv. Odorika, dok po nekadašnjem koritu u more teče desni pritok Drnica.

Dragonja ima pluvijali riječni režim sredozemnog tipa. Ljeti često presuši, a pri većim kišama zimi vodostaj brzo naraste pa rijeka poplavljuje okolno područje. Prema raspoloživim saznanjima, procesi taloženja nanosa na ušću Dragonje u Piranskom zaljevu nisu dosad sustavno istraženi, ali su posljedice očigledne. Izračunata godišnja količina nanosa u 1971. je 28.168 m^3, a u 1995. je samo 11.102 m^3. Razlog izrazito manje količine nanosa je povećanje vegetacijskog pokrova u slivu za 25 do 65%, i stoga smanjenje erozije [4].



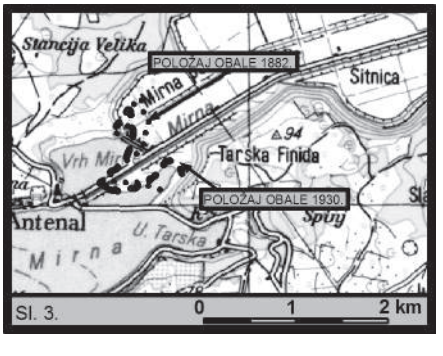
Slika 2.: Morfološka evolucija ušća rijeke Dragonje

Usporedbom topografskih karata iz 1882., 1930. i 1981. (Sl. 2), ustanovljeno da se položaj korita nije značajnije mijenjao uzvodno od mjesta Škrile, dok je na karti iz 1981. vidljivo da je tok Dragonje nakon 2. svjetskog rata preusmjeren u desni obuhvatni kanal Sv. Odorika. Položaj obalne linije oko ušća nije promijenjen, što se može protumačiti uređenjem obale zbog zaštite nekadašnjih solana. Primjetno smanjivanje dubine mora oko ušća jasan su pokazatelj pronosa i akumulacije nanosa.

Mirna

Rijeka Mirna je najduži površinski vodotok u Istri; dužine 53 km i površine sliva od 700 km^2. Ishodišni dio sliva Mirne nalazi se na flišnim padinama ispod padina Ćićarije, gdje se spajaju vode dvaju njenih glavnih bujičnih ogranaka: Rečine i Drage. Nakon prolaza kroz kanjonski dio Kamenitih vrata, rijeka ima do ušća vrlo blagi pad. Tu se dolina Mirne proširuje u naplavnu ravnicu, koja je kod Istarskih toplica široka oko 1 km. Glavni pritoci Mirne su Bračana i Butoniga, na čijem se toku nalazi izgrađena akumulacija. U korito Mirne koje je regulirano čitavim dolinskim dijelom toka utječu i preljevne vode jakih krških izvora: Sv. Ivan kod Buzeta, Bulaž kod Istarskih Toplica i Gradole u donjem dijelu toka. U prošlosti se rijeka Mirna učestalo izlijevala iz korita, pa je sedimentacije nanosa uzduž njezine doline bila intenzivna. Prilikom iskopa za novu regulaciju Mirne šezdesetih godina 20. stoljeća, otkopani su panjevi stabala ispod sadašnje riječne razine. Analizom starosti ustanovljeno je da je sječa stabala izvršena pred oko 500 godina. Na temelju tadašnje i sadašnje razine doline izračunat je prosječno podizanje dna doline Mirne ispod Motovuna od 0.9 do 1.0 cm/god. [11].

Nakon izvedbe regulacije korita, te posebno i nakon izgradnje akumulacije Butoniga, pojave većih poplava su vrlo rijetke. Zbog većih brzina i energije toka vode u reguliranom koritu procesi taloženja preusmjereni su na ušće rijeke Mirne u Tarskoj vali [5].



Slika 3.: Morfološka evolucija ušća rijeke Mirne

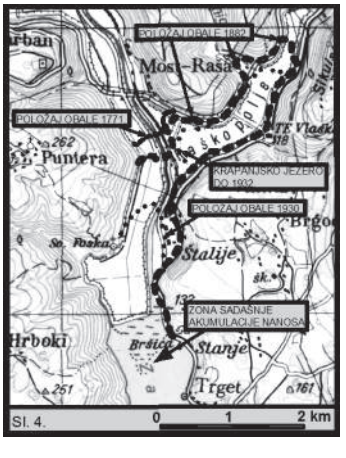
Usporedbom topografskih karata iz 1882., 1930. i 1981. godine (Sl. 3) ustanovljeno je da se položaj korita nije značajnije mijenjao budući da je izvršena regulacija korita u dolinskom dijelu toka. Položaj obalne linije oko ušća znatnije je izmijenjen: vidljiv je pomak od približno 350 m sjeverno od ušća, dok pomicanje obalne linije prema dolini južno od ušća može biti posljedica građevinskih zahvata. Primjetno smanjivanje dubine mora oko ušća i nakon 1930. jasan su pokazatelj akumulacije nanosa.

Raša

Rijeka Raša duga je 50 km, a ima površinu neposrednog sliva od oko 400 km^2. Svoj tok započinje spojem najsjevernijeg pritoka Posertskog potoka i Rakite u Potpićanskom polju, a ubrzo im se priključuje i pritoka Karbuna, kao i nekoliko manjih vodotoka čiji slivovi su u flišnom terenu. U srednjem toku Raša prima vodu iz nekoliko većih stalnih i povremenih krških izvora. Između Raškog mosta i mora riječna dolina je meliorirana, a nalazi se dijelom i ispod razine mora zbog čega je izgrađen i sustav nasipa i odvodnih kanala koji su promijenili prirodne uvjete sedimentacije na ušću Raše.

Glavni pritoci Karbuna i Posert mogli su prije regulacije prihvatiti samo male i srednje vode. Velike vode redovito su se izlijevale po dolini, noseći dio nanosa. Nakon regulacije korita, sve vode teku u korito rijeke Raše, čime je spriječeno periodično plavljenje doline. Međutim, povećana je transportna snaga vode, pa nanos gotovo u cijelosti dospijeva do riječnog ušća.

Mjerenja koncentracija suspendiranog nanosa i količine pronosa provedeno je na profilu Potpićan - Raša od 1976. do 2000. Srednji godišnji donos nanosa je oko 3470 m^3. Budući da to nije cjelokupni sliv Raše, ukupan donos nanosa na ušće Raše u stvarnosti je vjerojatno veći. Također je izvršeno mjerenje promjene sedimentnog tijela usporedbom topografskih karata izrađenih u razmaku od 30 godina. Prosječan godišnju unos nanosa je 48500 m^3. Više od 90% nanosa je suspendirani materijal. Veći dio se taloži u 3 km dugačkoj zoni prodelte gdje se zbiva miješanje riječne i morske vode. Koncentracija suspendiranog nanosa obično je viša pri dnu i naglo opada prema otvorenom moru [6].



Slika 4.: Morfološka evolucija ušća rijeke Raše

Usporedbom topografskih karata iz 1771., 1882., 1930. i 1981. (Sl. 4) ustanovljeno je pomicanje korita u uzvodnom dijelu doline prema istoku, što je karakteristično za rijeke male brzine vode s naglašenom bočno erozijom. Vidljivo je vrlo izraženo pomicanje riječnog ušća do 1930.: oko 4 km u posljednjih 240 godina, dijelom i zbog regulacijskih radova. Nakon izvršene regulacije, položaj riječnog korita i obalne linije oko ušća kod naselja Trget nije promijenjen Primjetno je smanjivanje dubine mora oko ušća jasan su pokazatelj pronosa i akumulacije nanosa. Usporedbom karata krupnog mjerila ustanovljena je prosječna brzina sedimentacije od čak 15 cm/god. u drugoj polovici 20. stoljeća [1].

ZAKLJUČAK

U središnjem dijelu istarskog poluotoka ili «Sivoj Istri», teren oblikovan u siliciklastičnim stijenama ima slabu vodopropusnost i visok stupanj erodibilnosti. Stoga intenzivne oborine izazivaju prekomjernu eroziju, posebice u koritima bujičnih vodotokova, pa tako i veliku produkciju nanosa. U tom području nalaze se slivne površine svih većih istarskih vodotoka, a periodičnim mjerenjima u drugoj polovici 20. stoljeća, ustanovljen je visok pronos nanosa, koji je povećan erozijom korita tijekom kišnih razdoblja. Najveći dio nanosa čine sitne čestice u vodenoj suspenziji, čija količina izrazito varira, zavisno od hidroloških prilika. Budući da su nizvodni dijelovi korita Dragonje, Mirne i Raše, regulirani, spriječene su ili znatno umanjene poplave. Na taj je način prestala nekad intenzivna sedimentacija nanosa u naplavnim ravnicama, koji se gotovo u cijelosti taloži na morskom dnu u zoni prodelte.

Na temelju geoloških istraživanja i povijesnih podataka ustanovljeno je da su se ušća Mirne. Raše i Dragonje nalazila u estuarijima, koji su s vremenom zatrpani, uz iznimku znatno većeg estuarija rijeke Raše. Na temelju usporedbe topografskih karata različitih generacija izrađenih 1771., 1882. i 1930. sa suvremenim, izvršena je analiza promjene korita, obalne linije i smanjenje dubine morskog dna ispred ušća. Najmanje promjene tijekom analiziranog razdoblja ustanovljene su na ušću rijeke Dragonje, nešto veće na ušću rijeke Mirne, a izrazito je veliko zatrpavanje estuarija rijeke Raše. To je važan indikator dinamike erozijskih procesa u slivu. Također je otkriveno da je krajem 20. stoljeća sedimentacija na ušćima usporena u odnosu na ranija razdoblja. To je vjerojatno posljedica promjene načina korištenja zemljišta, odnosno povećanje gustoće vegetacijskog pokrivača u slivnim područjima.

LITERATURA

1. Benac, Č., Arbanas, Ž., Pavlovec, E. (1991): Postanak i geotehničke osobitosti doline i zaljeva Raše. Pomorski zbornik, 29, 475-492.

2. Benac, Č., Arbanas, Ž., Jardas, B. (1992): Morphogenesis and Evolution of the River Mouths in the Kvarner Area. -Proceedings of International Symposium Geomorphology and Sea, Mali Lošinj 1992, 37-45, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

3. Benac, Č., Juračić, M. (1998): Geomorphological indicators of the sea level changes during Upper Pleistocene (Wuerm) and Holocene in the Kvarner region. Acta Geographica Croatica 33, 27-45.

4. Globevnik, L., Holjević, D., Petkovšek, G., Rubinić, J. (2003.): Applicability of the Gavrilović method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. IAHS publication, 279, 224-232, Sapporo.

5. Janeković, M., Juračić, M., Sondi, I. (1995) : Sedimentacijske osobitosti rijeke Mirne (Istra, Hrvatska). 1. Hrvatski geološki kongres - Opatija, Zbornik radova 1, 225-227 , Zagreb.

6. Juračić, M., Sondi, I., Rubinić, J., Pravdić, V. (1995): Sedimentacija u neravnotežnom estuariju pod utjecajem rijeke: krški estuarij Raše, Hrvatska. Zbornik radova 1. Hrvatskog geološkog kongresa, 1, 265-268, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

7. Jurak, V., Fabić, Z. (1995): Erozija kišom u slivu bujičnog vodotoka u središnjoj Istri. Zbornik radova 1. Hrvatskog geološkog kongresa Opatija 1995, 1, 603-612, Zagreb.

8. Mihljević, D. (1996): Procesi prekomjerne denudacije i njihove posljedice u istarskom pobrđu. Zbornik radova 1. Hrvatskog geografskog kongresa, 8-23, Zagreb.

9. Mihljević, D. (1998): Reljef strukturnog podrijetla i strukturno-geomorfološke regije Istre i Kvarnera. U: Prirodoslovna istraživanja riječkog područja. Prirodoslovna biblioteka 1 (Arko-Pijevac, M., Kovačić, M., Crnković, D., eds.), 277-302, Prirodoslovni muzej, Rijeka.

10. Pirazzoli, P.A. (2005): A review of possible eustatic, isostatic and tectonic contributions in eight late-Holocene sea-level histories from the Mediterranean area. Quaternary Science Reviews 24, 1989-2001.

11. Rubinić, J., Bušelić, G., Kukuljan, I., Kosović, M. (1998): Hidrološka analiza suspendiranog nanosa u istarskim vodama. Hrvatske vode 7/27, 127-131.

12. Trincardi, F., Correggiari, A., Roveri, M. (1994): Late Quaternary transgressive erosion and deposition in a modern epicontinental shelf: the Adriatic Semienclosed Basin. Geo-Marine Letters, 14, 41-51.

13. Vlahović, I., Tišljar, J., Matičec, D., Velić, I. (2005): Geologija. Istarska enciklopedija, 246-249. Leksikografski zavod Miroslava Krleže, Zagreb.

AUTORI:

Čedomir Benac, Josip Rubinić, Igor Ružić

Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Zavod za hidrotehniku i geotehniku, Rijeka, V. Cara-Emina 5

Ivan Celija

Pula, Prilaz Cerella 14

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.03.

PEDOLOŠKA SUŠA NA VODNIM PODRUČJIMA PRIMORSKO ISTARSKIH I DALMATINSKIH SLIVOVA

Aleksandra Bensa, Željko Vidaček, Matko Bogunović, Mario Sraka

SAŽETAK: Suša je sve češća prirodna pojava. Glavni uzrok suše je manjak oborina u odgovarajućem vremenu i prostoru. Osim klimatsko-meteorološkog pojma suše, poznat je i pojam hidrološke suše, kada su niski vodostaji rijeka i suha korita vodotoka, te pedološka suša s nedostatkom vode u tlu. Naime, s pedološkog i biljno-proizvodnog gledišta, nedostatak oborina ne izaziva sušenje i oštećenja biljaka, ako ima dovoljno korisne vode u tlu. Problematika suše aktualizirana je potvrđivanjem UN Konvencije o suzbijanju dezertifikacije i ublažavanja posljedica suše, 2000. godine i katastrofalnom sušom 2003. godine.

Ukupna bruto površina vodnih područja Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova je 2.453.979,0 ha, od čega ima šuma i travnjaka 1.728.671,0 ha, goleti i golih stijena 325.811,2 ha, a obrađenog tla 375.505,1 ha.

Referentne vrijednosti pedološke suše - godišnjeg manjka korisne vode u ilovastom obrađenom i neobrađenom tlu dubine 0,5 m, te za 75%-tnu vjerojatnost pojava oborina meteoroloških postaja Pazin, Pula, Rijeka, Parg, Senj, Rab, Gospić, Zadar, Knin, Šibenik, Split, Makarska, Hvar, Ploče i Dubrovnik izračunate su metodom Palmer-Vidaček, 1981.

Godišnje vrijednosti manjka korisne vode u obrađenom tlu variraju od 35,4 mm za Parg do 809,0 mm za područje Splita, a u neobrađenom tlu šuma i travnjaka od 48,2 mm za Parg do 847,9 mm za područje Splita. Evidentno veći manjak vode u tlu je utvrđen za vodno područje dalmatinskih slivova uključujući obrađeno i neobrađeno tlo na području Zadra 510-537 mm, Knina 368-408 mm, Šibenika 587-618 mm, Splita 809 -848 mm, Makarske 773-807 mm, Hvara 703-725 mm, Ploča 618-647 mm i Dubrovnika 581-616 mm.

KLJUČNE RIJEČI: hidropedologija, pedološka suša, manjak korisne vode u tlu

PEDOLOGICAL DROUGHT IN DRAINAGE AREAS OF THE LITTORAL-ISTRIAN AND DALMATIAN RIVER BASINS

SUMMARY: Drought is an increasingly frequent natural phenomenon. The main reason for drought is shortage of precipitation at the right time and space. Besides the climatic-meteorological concept of drought, there are also the concepts of hydrological drought (low water levels of rivers and dry beds of watercourses) and pedological drought (soil water deficit). Namely, from the pedological and plant-production points of view, lack of precipitation does not cause drying and damage of plants if there is enough water in the soil. Draught problems were actualized by the UN Convention to Combat Desertification

and Mitigate Drought Consequences (2000) and the disastrous drought of 2003.

The overall gross drainage area of the Littoral-Istrian and Dalmatian river basins is 2,453,979.0 ha, of which forests and grasslands cover 1,728,671.0 ha, outcrops and bare rocks 325,811.2 ha, cultivated soil 375,505.1 ha.

Reference values of pedological drought - annual deficit of usable water in loamy cultivated and uncultivated soil to 0.5 m depth, and for 75% precipitation probability of meteorological stations Pazin, Pula, Rijeka, Parg, Senj, Rab, Gospić, Zadar, Knin, Šibenik, Split, Makarska, Hvar, Ploče and Dubrovnik were calculated by the method of Palmer-Vidaček, 1981.

Annual values of usable water deficit in cultivated soil range from 35.4 mm for Parg to 809.0 mm for the Split region, while in uncultivated soil of forests and grasslands from 48.2 mm for Parg to 847.9 mm for the Split region. Evidently higher soil water deficit was determined for the drainage area of Dalmatian river basins, including cultivated and uncultivated soil in the Zadar region 510-537 mm, Knin 368-408 mm, Šibenik 587-618 mm, Split 809 -848 mm, Makarska 773-807 mm, Hvar 703-725 mm, Ploče 618-647 mm and Dubrovnik 581-616 mm.

KEYWORDS: hydropedology, pedological drought, deficit of available water

UVOD

Većina mediteranskih zemalja sve se više susreće s problemom manjka vode u tlu, zbog učestalije manjih količina oborina i povećane potrošnje vode evapotranspiracijom. To je razlog da se sve više analizira, piše, raspravlja i prognozira opasnost od suše ili potencijalna opasnost od dezertifikacije, [1], [5], [10]. Meteorološka suša, [4] i [6], definirana je smanjenjem godišnjih količina oborina ispod 60 % višegodišnjeg prosjeka tijekom dviju uzastopnih godina. Osim klimatsko-meteorološkog pojma suše, poznat je i pojam hidrološke suše, kada su niski vodostaji rijeka i suha korita vodotoka. Pedološka suša predstavlja nedostatak korisne vode u tlu. Naime, s pedološkog i biljno-proizvodnog gledišta, nedostatak oborina ne izaziva sušenje i oštećenja biljaka, ako ima dovoljno korisne vode u tlu. Problematika suše aktualizirana je potvrđivanjem UN Konvencije o suzbijanju dezertifikacije i ublažavanja posljedica suše, 2000. godine i katastrofalnom sušom 2003. godine.

MATERIJAL I METODE

Referentne vrijednosti pedološke suše - godišnjeg manjka korisne vode u ilovastom obrađenom i neobrađenom tlu dubine 0,5 m, te za 75 %-tnu vjerojatnost pojave oborina izračunate su korigiranom i kalibriranom Palmer-Vidaček metodom - hidrološkim proračunom bilance oborinske vode u tlu, [7], [8], [9]. Ulazne komponente - podaci hidrološkog proračuna su mjesečne oborine (O) umanjene za intercepciju i mjesečna referentna evapotranspiracija (ETo), te zalihe - kapaciteti fiziološki aktivne vlage tla (FAv) i poljski vodni kapacitet tla za vodu potpovršinskog sloja tla (PKv). Referentna evapotranspiracija izračunata je Penman-Monteith metodom, [3], korištenjem srednjih mjesečnih temperatura zraka, relativne vlage zraka, brzine vjetra, te insolacije. Vjerojatnost pojava oborina je prama Hazen-u, [2]. Obračuni su obavljeni za meteorološke postaje Pazin, Pula, Rijeka, Parg, Senj, Rab, Gospić, Zadar, Knin, Šibenik, Split, Makarska, Hvar, Ploče i Dubrovnik za razdoblje 1961-1990. godina.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Ukupna bruto površina vodnih područja Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova je 2.453.979,0 ha. Šume i travnjaci prostiru se na 1.728.671,0 ha, goleti i gole stijene na 325.811,2 ha, a obrađenog tla ima 375505,1 ha, od čega automorfna tla zauzimaju 341.002,0 ha , dok na hidromorfna tla otpada 34.503,1 ha, [9]. Iz navedenih podataka vidljivo je da na vodnim područjima Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova dominiraju automorfna tla, čiji su glavni izvor vode oborine u obliku kiše. Od automorfnih nerazvijenih tala to su kamenjar i koluvijalna tla, iz klase humusno-akumulativnih tala vapneno-dolomitna crnica i rendzina, sva tla iz klase kambičnih tala - crvenica, smeđe tlo na vapnencu i dolomitu, eutrično smeđe i distrično smeđe tlo, od eluvijalno-iluvijalnih najčešća su lesivirana tla, te od antropogenih tala to su tla njiva, vrtova, voćnjaka i vinograda. Uz različitu skeletnost, stjenovitost do 90% i kamenitost do 60%, radi se o tlima praškasto ilovaste ili praškasto glinaste teksture, slabe ili umjerene opskrbljenosti humusom i hranivima, tlima na različitim nagibima i različite erodibilnosti, promjenjive efektivne dubine- najčešće plitka i srednje duboka, te sukladno navedenim obilježjima relativno malog kapaciteta za vodu i podložnim suši za vrućih ljeta

Prosječne godišnje količine oborina na istraživanom području za razdoblje 1961-1990. godina variraju u vrlo širokom rasponu, od 713,7 mm na području otoka Hvara do 1840,9 mm na području Parga. Mjerodavniji pokazatelji za biljnu proizvodnju i problem suše su sezonske, odnosno mjesečne količine oborina, umanjene za intercepciju. Mjesečne količine oborina 75%-tne vjerojatnosti pojave niza 1961-1990 godina, umanjene za intercepciju na obradivom i neobradivom tlu, vodnih područja Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova prikazane su u tablici 1.

Tablica 1: 75%-tna vjerojatnost pojava mjesečnih količina oborina s intercepcijom na vodnim područjima Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova, 1961-1990. godina

Način	**Mjesečne oborine s intercepcijom, mm**											
korištenja	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
Meteorološka stanica: P A Z I N												
Obradivo	24,4	36,4	58,3	60,7	51,8	66,8	34,7	55,7	40,0	58,0	54,6	33,1
Neobradivo	21,8	32,6	52,2	53,9	46,1	59,4	30,8	49,5	35,5	51,9	48,9	29,6
Meteorološka stanica: P U L A												
Obradivo	28,2	34,4	49,2	30,6	32,8	46,1	16,9	35,1	21,4	45,1	43,5	37,1
Neobradivo	25,2	30,8	44,0	27,2	29,1	41,0	15,0	31,2	19,0	40,4	38,9	33,2
Meteorološka stanica: R I J E K A												
Obradivo	77,0	63,7	87,2	76,2	50,7	97,8	45,3	63,1	82,1	136,9	109,8	106,2
Neobradivo	68,9	57,0	78,0	67,8	45,0	87,0	40,2	56,1	73,0	122,5	98,3	95,0
Meteorološka stanica: P A R G												
Obradivo	76,3	66,8	106,5	92,6	104,2	110,5	52,7	87,6	107,4	160,3	102,8	111,9
Neobradivo	68,3	59,8	95,3	82,3	92,6	98,2	46,9	77,8	95,4	143,4	92,0	100,1
Meteorološka stanica: S E NJ												
Obradivo	43,8	55,5	70,1	57,2	37,3	70,3	34,1	49,5	68,9	76,4	71,4	49,7

Način	Mjesečne oborine s intercepcijom, mm											
korištenja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Neobradivo	39,2	49,6	62,7	50,9	33,1	62,5	30,3	44,0	61,3	68,3	63,9	44,5
Meteorološka stanica: R A B												
Obradivo	31,6	39,0	35,5	44,1	22,8	55,2	14,0	31,5	75,2	78,7	98,6	56,1
Neobradivo	28,3	34,9	31,8	39,2	20,2	49,0	12,5	28,0	66,9	70,4	88,2	50,2
Meteorološka stanica: G O S P I Ć												
Obradivo	61,5	44,1	55,7	86,3	62,6	59,7	45,1	35,2	74,3	108,8	114,7	91,8
Neobradivo	55,0	39,4	49,8	76,7	55,7	53,0	40,1	31,3	66,1	97,3	102,6	82,1
Meteorološka stanica: Z A D A R												
Obradivo	38,0	25,6	27,6	42,9	38,5	34,2	12,4	16,3	49,5	80,8	74,3	36,9
Neobradivo	34,0	22,9	24,7	38,2	34,2	30,4	11,0	14,5	44,0	72,3	66,5	33,0
Meteorološka stanica: K N I N												
Obradivo	22,2	24,4	39,3	70,9	48,7	45,7	19*,5	28,7	67,5	61,6	64,1	41,4
Neobradivo	19,9	21,8	35,2	63,0	43,3	40,6	17,4	25,5	60,0	55,1	57,4	37,1
Meteorološka stanica: Š I B E N I K												
Obradivo	19,9	24,1	17,8	39,7	32,4	32,5	15,6	10,2	37,0	57,3	54,5	42,0
Neobradivo	17,8	21,6	15,9	35,3	28,8	28,9	13,8	9,0	32,9	51,3	48,8	37,6
Meteorološka stanica: S P L I T												
Obradivo	18,3	24,0	31,4	40,2	27,1	20,0	9,0	11,1	29,6	61,5	53,7	37,4
Neobradivo	16,4	21,5	28,1	35,8	24,1	17,8	8,0	9,8	26,3	55,0	48,0	33,5
Meteorološka stanica: M A K A R S K A												
Obradivo	18,0	40,0	36,6	64,4	28,5	18,1	16,9	8,5	25,8	54,2	77,7	54,4
Neobradivo	16,1	35,8	32,7	57,2	25,4	16,1	15,0	7,5	23,0	48,5	69,5	48,7
Meteorološka stanica: H V A R												
Obradivo	35,6	18,4	17,6	35,1	18,1	15,7	3,4	3,3	31,6	46,4	60,0	37,1
Neobradivo	31,9	16,5	15,7	31,2	16,1	13,9	3,0	3,0	28,1	41,5	53,7	33,2
Meteorološka stanica: P L O Č E												
Obradivo	74,0	43,6	39,9	64,3	27,5	15,7	16,5	3,8	35,4	73,5	101,1	68,0
Neobradivo	66,2	39,0	35,7	57,1	24,4	13,9	14,6	3,4	31,4	65,8	90,4	60,9
Meteorološka stanica: D U B R O V N I K												
Obradivo	42,8	39,9	44,9	64,0	35,9	8,8	8,3	17,6	35,6	75,0	106,5	100,9
Neobradivo	38,3	35,7	40,2	56,9	31,9	7,8	7,4	15,7	31,6	67,1	95,3	90,3

Na vodnom području **Primorsko -istarskih slivova** najmanje mjesečne količine oborina utvrđene su na području otoka Raba, 14,0 mm na obradivom tlu odnosno 12,5 mm na neobradivom tlu u srpnju, a maksimalne na području Parga, 160,3 mm na obradivom tlu, odnosno 143,4 mm na neobradivom tlu u listopadu. Na vodnom području **Dalmatinskih slivova** utvrđene su manje količine kao i uži raspon mjesečnih količina oborina umanjenih za intercepciju, 3,3-106,5 mm na obradivom tlu, te 3,0-95,3 mm na neobradivom tlu. Najmanje količine oborina utvrđene su na području otoka Hvara tijekom kolovoza, a

najveće na području Dubrovnika u studenom.

Referentna godišnja potrošnja vode u izrazu referentne evapotranspiracije (ETo) za razdoblje 1961-1990. godina kreće se od 607,8 mm na području Parga do 1262,9 mm na području Makarske. Najmanja potrošnja vode iz tla putem evapotranspiracije javlja se tijekom hladnog, vanvegetacijskog razdoblja, siječanj-ožujak, te listopad-prosinac, dok su najviše vrijednosti ETo u razdoblju svibanj-kolovoz. Maksimalna mjesečna potrošnja vode u pravilu se javlja tijekom srpnja u rasponu 105,4 mm na području Parga do čak 195,3 mm na području Makarske, tablica 2.

Tablica 2: Mjesečna i godišnja referentna evapotranspiracija na vodnim područjima Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova, 1961-1990. godina

Meteorolo.	**mm**												
stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Pazin	18,6	25,2	49,6	69,0	102,3	123,0	136,4	120,9	75,0	43,4	24,0	18,6	806,0
Pula	21,7	30,8	52,7	78,0	111,6	135,0	158,1	136,4	90,0	58,9	33,0	24,8	931,0
Rijeka	27,9	33,6	55,8	75,0	105,4	126,0	148,8	133,3	87,0	58,9	36,0	27,9	915,6
Parg	15,5	16,8	34,1	51,0	77,5	90,0	105,4	93,0	60,0	34,1	18,0	12,4	607,8
Senj	43,4	47,6	68,2	87,0	120,9	144,0	176,7	161,2	111,0	80,6	54,0	43,4	1138,0
Rab	31,0	39,2	62,0	84,0	114,7	138,0	161,2	142,6	96,0	65,1	42,0	34,1	1009,9
Gospić	15,5	16,8	37,2	60,0	89,9	105,0	120,9	105,4	66,0	40,3	18,0	12,4	687,4
Zadar	31,0	36,4	58,9	78,0	111,6	138,0	161,2	142,6	96,0	65,1	39,0	31,0	988,8
Knin	27,9	30,8	55,8	78,0	108,5	126,0	151,9	130,2	87,0	55,8	30,0	21,7	903,6
Šibenik	35,7	37,8	60,5	85,5	113,0	135,0	161,0	139,5	97,5	66,7	42,0	32,6	1006,8
Spli	43,4	53,2	74,4	99,0	136,4	162,0	192,2	173,6	120,0	83,7	57,0	46,5	1241,4
Makarska	46,5	53,2	77,5	102,0	139,5	162,0	195,3	167,4	123,0	86,8	57,0	52,7	1262,9
Hvar	34,1	42,0	65,1	87,0	120,9	147,0	170,5	151,9	105,0	71,3	48,0	37,2	1080,0
Ploče	34,1	44,8	68,2	90,0	127,1	153,0	179,8	161,2	108,0	68,2	45,0	37,2	1116,6
Dubrovnik	37,2	50,4	71,3	90,0	120,9	147,0	151,9	155,0	111,0	80,6	57,0	49,6	1121,9

Ovi podaci o potrošnji vode evapotranspiracijom, te ranije analizirani podaci o oborinama upućuju na manjak korisne vode u tlu, odnosno pojavu **pedološke suše**. Za biljnu proizvodnju u smislu potreba za dopunskim natapanjem mjerodavnije i preciznije podatke od samog odnosa količina oborina i potrošnje vode iz tla, dobivamo hidrološkim proračunom bilance oborinske vode u tlu, uzimajući u obzir zalihe vode u tlu. Poznato je da sušenje biljaka, te oštećenja uslijed sušenja koja vode do smanjenja prinosa, ne nastupaju ukoliko u tlu ima dovoljno korisne vode.

Referentni godišnji manjak fiziološki aktivne vlage 75%-tna vjerojatnosti pojave, u obradivom ilovastom tlu dubine 0,5 m kreće se od 35,4 na području Parga do 809,0 mm na području Splita, a u neobradivom tlu od 48,2 na području Parga do 847,9 mm na području Splita. Tijekom aktivne vegetacije u razdoblju travanj - rujan, u obradivom tlu nedostaje od 35,4 mm na području Parga do 706,4 mm korisne vode na području Splita, a u neobradivom taj raspon iznosi 48,2 mm (Parg) do 722,8 mm (Split). U vanvegetacijskom razdoblju, siječanj-ožujak i listopad-prosinac, na području Pazina, Rijeke, Parga i Gospića

nije utvrđen manjak korisne vode u obradivom i neobradivom tlu. Na području ostalih istraživanih meteoroloških postaja utvrđen manjak korisne vode u obradivom tlu tijekom vanvegetacijskog razdoblja varira od 4,1 mm na području Senja, do 102,6 mm na području Splita. U neobradivom tlu, taj raspon iznosi 12,0-125,1 mm, također uz minimalne vrijednosti na području Senja, a maksimalne na području Splita, tablica 3.

Tablica 3: Manjak fiziološki aktivne vlage u obradivom i neobradivom ilovastom tlu dubine 0,5 m na vodnim područjima Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova, 1961-1990. godina

Meteorol.	**Obradivo tlo**			**Neobradivo tlo**		
stanica	**U vegetaciji**	**Van vegetacije**	**Godišnje**	**U vegetaciji**	**Van vegetacije**	**Godišnje**
Pazin	263,1	0,0	263,1	295,1	0,0	295,1
Pula	465,4	13,5	478,9	490,2	18,2	508,4
Rijeka	211,5	0,0	211,5	252,9	0,0	252,9
Parg	35,4	0,0	35,4	48,2	0,0	48,2
Senj	420,3	4,1	424,4	461,9	12,0	473,9
Rab	446,0	10,2	456,2	474,2	18,6	492,8
Gospić	173,0	0,0	173,0	193,3	0,0	193,3
Zadar	487,6	22,5	510,1	509,7	27,0	536,7
Knin	356,5	11,6	368,1	388,0	19,6	407,6
Šibenik	525,3	61,5	586,8	544,6	72,9	617,5
Split	706,4	102,6	809,0	722,8	125,1	847,9
Makarska	685,0	88,3	773,3	704,5	102,3	806,8
Hvar	631,9	70,8	702,7	644,7	80,6	725,3
Ploče	605,3	12,4	617,7	624,9	21,8	646,7
Dubrovnik	557,2	23,9	581,1	577,5	38,9	616,4

Ove pojave manjka korisne vode u tlima vodnih područja Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova ne treba promatrati samo s aspekta ograničenja za biljnu proizvodnju, nego višeznačno uključujući ekološki problem suše, opasnost od požara i opasnost od erozije. Osim klime, na dezertifikaciju i popratne pojave degradacije tla znatno je utjecao i čovjek prekomjernom sječom šume i ispašom stoke u prošlosti, te povećanom urbanizacijom, nekontroliranim forsiranjem turizma i zapuštanjem redovite poljoprivredne proizvodnje u novije vrijeme. U našim krajevima kao i općenito na području Sredozemlja svjedoci smo sve učestalijih šumskih požara preko ljeta koji dovode do potpune devastacije raslinstva i degradacije tla. Na ogoljelim tlima nakon toga obično uslijedi povećana erozija, a ponovna regeneracija vegetacije je vrlo spora.

ZAKLJUČCI

Na vodnim područjima Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova dominiraju automorfna tla, čiji su glavni izvor vode oborine u obliku kiše. Prosječne godišnje količine oborina na istraživanom području za razdoblje 1961-1990. godina variraju od 713,7 mm na području otoka Hvara do 1840,9 mm na području Parga. Referentna godišnja potrošnja vode u izrazu

referentne evapotranspiracije (ETo) za razdoblje 1961-1990. godina kreće se od 607,8 mm na području Parga do 1262,9 mm na području Makarske, uz maksimalne mjesečne vrijednosti u srpnju od 105,4 (Parg) d 195,3 mm (Makarska). Referentni godišnji manjak fiziološki aktivne vlage 75%-tne vjerojatnosti pojave u obradivom ilovastom tlu dubine 0,5 m kreće se od 35,4 mm na području Parga do 809,0 mm na području Splita, a u neobradivom tlu od 48,2 na području Parga do 847,9 mm na području Splita.

LITERATURA

1. Bonnaci O. (1993) Identifikacija suše i borba protiv nje. Zbornik radova "Okrugli stol o suši", str. 1-20.
2. FAO, (1974): Effective rainfall, Irrigation and Drainage Paper, No. 25, Rome
3. FAO, (1992): Cropwat - computer program for irrigation planning and management, Irrigation and drainage Paper, No. 46, Rome
4. FAO, (1996): Sustainable agriculturedevelopment in Europe with particular focus on the Mediterranean area, Twentieh FAO Regional conference for Europe in cooperation with UN ECE, Tel Aviv
5. Racz Z., Vidaček Ž., Kaučić D., Mihalić A. (1998): Utjecaj oborina na vodni režim i nedostatak vlage u tlu, Zbornik radova znanstvenog skupa "Prilagodba poljoprivrede i šumarstva klimi i njenim promjenama", str. 75-84.
6. United Nations Environment Program (UNEP), (1994): UN Convention to Combat Desertification, Geneva
7. Vidaček Ž. (1981): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u Istočnoj Slavoniji i Baranji, disertacija, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu
8. Vidaček Ž., Bogunović M., Škorić A.(1991): Possibilities and results of calculation of water balance in soil, Zemljište i biljka, Vol.40, No. 1, 1-12, Beograd
9. Vidaček Ž., Tomić F., Romić D. (1993): Bilanca vode u tlu po metodi Palmer-a, Priručnik za hidrotehničke melioracije, II kolo, Navodnjavanje, knjiga 2, str. 165-174
10. Vidaček Ž., Racz Z., Kaučić D., Mihalić A. (1998): Bilanca oborinske vode u tlu jadranskih otoka, Zbornik radova okruglog stola"Voda na hrvatskim otocima", str. 147-162.
11. Vidaček Ž., Bogunović M., Husnjak S., Sraka M., Bensa A. (2004): Hidropedološka karta Primorsko - istarskih i dalmatinskih slivova, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu

AUTORI

Dr.sc. Aleksandra Bensa,
tel: 01/239-3962, fax: 01/239-3963, e-mail: abensa@agr.hr

Prof. dr.sc. Željko Vidaček,
tel: 01/239-3960, fax: 01/239-3963, e-mail: vidacek@agr.hr

Prof.dr.sc.Matko Bogunović,
tel: 01/239-3803, fax: 01/239-3963, e-mail: bogunovic@agr.hr

Dr.sc. Mario Sraka, tel: 01/239-3886,
fax: 01/239-3963, e-mail: msraka@agr.hr

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.04.

WET AND DRY SPELLS OVER THE DRAVA UPSTREAM IN CROATIA

Ksenija Cindrić

SUMMARY: The study of floods and droughts requires the analysis of the characteristics of wet and dry day sequences. Very long sequencies have more practical importance than short ones and there are various statistical models that give estimates on probability of very long wet-dry sequencies. In this work the Discrete Autoregressive Moving Average model (DARMA (1,1)) is used to describe the wet-dry day sequences over the Drava upstream in the north-west part of Croatia. The daily precipitation data from the meteorological stations Varaždin (1949-2000) and Legrad (1961-2000) are used. Due to a great importance of the persistence of dry and wet spells in climate studies the annual course of coefficient of persistency is discussed.

KEYWORDS: wet and dry spells, DARMA (1,1) model, Drava upstream

SUŠNA I KIŠNA RAZDOBLJA NA GORNJEM SLIVU DRAVE U HRVATSKOJ

SAŽETAK: Za proučavanje sušnosti ili kišnosti nekog mjeseca, uz praćenje količina oborine, važno je i praćenje broja uzastopnih dana sa ili bez oborine. Vrlo duga sušna i kišna razdoblja imaju veći praktični značaj od kratkih i postoji velik broj statističkih modela za procjenu vjerojatnosti pojavljivanja takvih razdoblja. U ovom radu su analizirani sušni i kišni slijedovi na gornjem slivu rijeke Drave u sjeverozapadnoj Hrvatskoj primjenom Modela autoregresije i pokretnog srednjaka (DARMA (1,1)). Analiza je napravljena na osnovi podataka dnevne količine oborine za postaje Varaždin iz razdoblja 1949-2000. i Legrad iz razdoblja 1961-2000. Diskutiran je i godišnji hod koeficijenta perzistencije.

KLJUČNE RIJEČI: sušni i kišni slijedovi, DARMA (1.1) model, gornjem slivu rijeke Drave

1. INTRODUCTION

Meteorological drought, as a consequence of a reduction in the amount of precipitation over a prolonged time period, can cause the fall of water reserves below the statistical average, that is hydrological drought. It can cause many damages in water management especially when demands of water supply are increased. On the other hand, heavy and longlasting precipitation can induce water to overflow the natural or artificial confines and cause floods with potential harmful consequences for human lifes.

Therefore it is necessary to study such extreme precipitation events. Monitoring the number of wet and dry sequences give the better insight in dryness or wetness of particular month, than using just daily precipitation amount data. The probabilities of occurrence of different daily precipitation sequences lengths can be obtained using various statistical models. The most frequently model used for treatment of wet spells is Markov chain of first or higher order, but these models can not describe the properties of very long dry sequences properly because of high persistence of days without precipitation in many climatic zones [10]. In this paper Discrete Autoregressive Moving Average model (DARMA(1,1)) is used to analyse distribution of wet and dry spells over the Drava upstream in the north-west part of Croatia, because it better describes long dry and wet spells for Croatian stations compared to First order Markov chains [4]. The daily precipitation data from the meteorological stations Varaždin (φ = 46°18', λ = 16°23', h = 167 m) during the 1949-2000. period and Legrad (φ = 46°18', λ = 16°52', h = 132 m) during the 1961-2000. period are used.

2. METHODS AND RESULTS

Wet or dry days are classified according to whether there was a recorded 1 mm of precipitation during the day. Dry (wet) spells are defined as a consecutive sequence of dry (wet) days. They are associated to the month containing their first day although they continue in the next month. The total number of days analysed in this study was 14 610 days for Legrad and 18 993 days for Varaždin. The percentage of dry days over the Drava upstream is 74% of total days.

Dry spells are classified in five categories of their duration, those with length 11 - 15 days, 16 - 20 days, 21 - 25 days, 26 - 30 days and ≥ 30 days. The frequency distributions of these categories are shown in Figures 1 and 2. It can be seen that very long dry spells (≥ 30 days) occur mostly in the cold period of the year (from September to March) both in Varaždin and Legrad. There is noticable difference between these two stations only for 11-15 days category spells. Namely, there is a greater percentage of occurrence of dry spells in January and February (12%) in Varaždin then in Legrad (6-7%). The mean lengths of dry spells vary through year from 3.5 days in July to 7.2 days in January (Table 1). In Varaždin the longest dry period for 1 mm threshold lasted for 64 days. It started in January 1949. and continued through February to March.

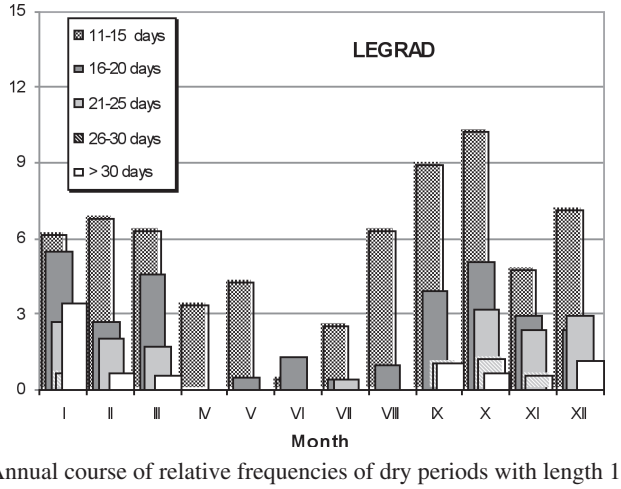


Figure 1.: Annual course of relative frequencies of dry periods with length 11 - 15 days, 16 - 20 days, 21 - 25 days, 26 - 30 days and ≥ 30 days. Legrad, 1961-2000.

The duration of the longest dry spell in Legrad is 51 day which started in January 1993. In the analysed time period there was also one very long dry period which started in March 1974. and lasted for 46 days.

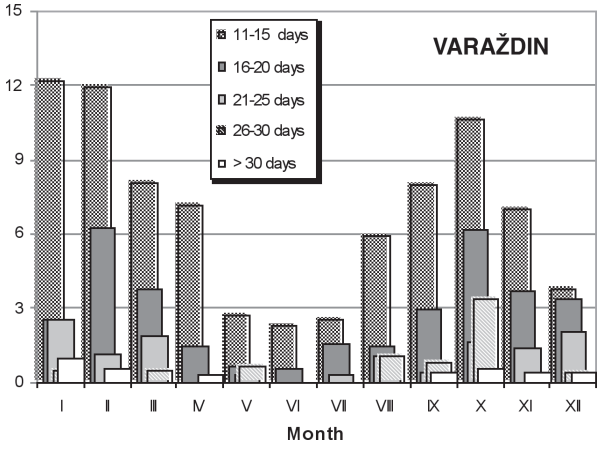


Figure 2.: Annual course of relative frequencies of dry periods with length 11 - 15 days, 16 - 20 days, 21 - 25 days, 26 - 30 days and ≥ 30 days. Varaždin, 1949-2000.

Table 1.: Mean lengths of dry (μ_0) and wet spells (μ_1), the longest registered length of dry (d_{max0}) and wet (d_{max1}) spells and marginal probability distriburtion ($\pi 1$) in Varaždin (1949-2000.) and Legrad (1961-2000.)

Month	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
VARAŽDIN												
μ_0	6.9	6.0	5.4	4.6	4.0	3.5	4.0	4.8	5.3	6.7	5.1	5.3
d_{max0}	64	34	26	35	29	19	22	30	35	36	36	32
μ_1	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	1.8	1.6	1.7	1.8	1.8	2.0	2.0
d_{max1}	11	10	6	7	8	7	6	7	11	9	7	8
$\pi 1$	0.196	0.219	0.245	0.475	0.510	0.337	0.290	0.259	0.250	0.209	0.279	0.272
LEGRAD												
μ_0	7.2	5.5	5.4	4.5	4.5	3.8	4.2	4.7	5.6	6.4	4.9	5.3
d_{max0}	51	34	46	38	33	17	35	23	35	36	27	37
μ_1	1.8	1.6	1.7	1.8	1.9	1.8	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9
d_{max1}	6	7	6	10	9	8	6	8	8	8	11	7
$\pi 1$	0.195	0.241	0.235	0.284	0.298	0.323	0.266	0.250	0.236	0.214	0.284	0.267

The frequency distributions of *wet spells* over the Drava upstream in the north-west part of Croatia show that sequences of wet days with length of 4 - 6 days (Figs. 3 and 4) occur

in every month, but mostly in May, June, November and December. Long wet spells with length more than 7 days occur rather rarely, though most frequently in October (2.1 %) at Varaždin station and in April and November at Legrad station. The longest wet spell with 1 mm threshold lasted for 11 days (Table 1): in January 1951. and September 1974. in Varaždin and in November 1990. in Legrad. At both stations mean monthly duration of wet spells is quite similar through year with the lengths of around two days (Table 1).

The characteristics of climatic precipitation conditions can be improved with knowing the coefficient of persistency. Particularly, the higher the coefficient of persistency is, the variability of the number of wet days is smaller. If one has empirical distribution of run lengths of dry and wet spells, estimates of marginal distribution $\pi(1)$ and the first-order autocorrelation coefficient which represents the coefficient of persistence, c can be estimated using mean run lengths, μ_0 and μ_1, as follows [1]:

$$\pi 1 = \frac{\mu 1}{\mu 1 + \mu 0} \tag{1}$$

$$\pi 0 = 1 - \pi 1$$

$$c = 1 - \frac{1}{\mu_0} - \frac{1}{\mu_1} \tag{2}$$

The probabilities for a wet day ($\pi 1$) are given in Table 1. In the spring months April and May the probability for a wet day is larger in Varaždin (0.5) comparing to that in Legrad (0.3). The annual courses of persistency coefficient for analysed stations are presented in Fig. 5. It can be seen that the annual course of parameter c has a well defined wave-shape with noticeable minimum in July. The values are greater in the cold part of the year (October to January) both in Varaždin and Legrad. The same conditions prevail in other parts of Croatia [9] because the fact that in summer months mesoscale convective processes prevail having smaller persistency then in the cold period when macro synoptic processes with long wavelengths prevail.

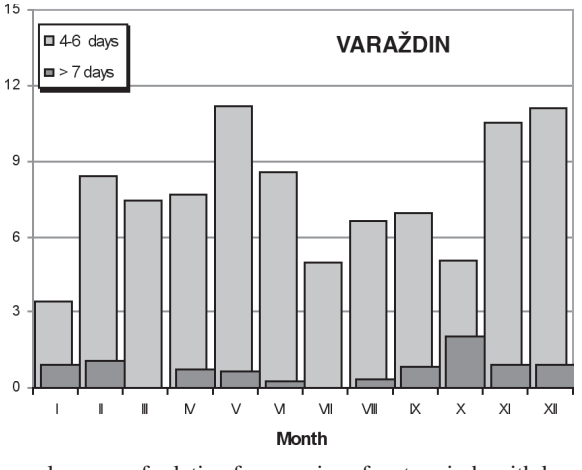


Figure 3.: Annual course of relative frequencies of wet periods with length 4 - 6 days and ≥ 7 days. Varaždin, 1949-2000.

Since very long sequencies of dry or wet days are relevant for many practical purposes it is important to know the theoretical probabilities of appearance of different daily

precipitation sequences lengths. In the binary DARMA (1,1) model, used in this study, daily precipitation data were transformed to a binary discrete time series in a manner that a wet day is assigned with one and a dry day with a zero. Then a dry spell is defined as a sequence of zeros on each side bounded by a one, and a wet spell is defined in an analogous manner. The probability distribution of relative frequencies for the binary DARMA models can be obtained using conditional probabilities and are briefly given in [3]. The transition probabilities are 2x2 matrices and can be obtained by model parameters.

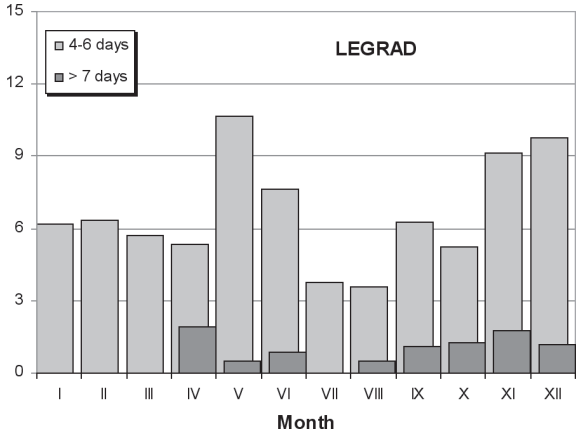


Figure 4.: Annual course of relative frequencies of wet periods with length 4 - 6 days and ≥ 7 days. Legrad, 1961-2000.

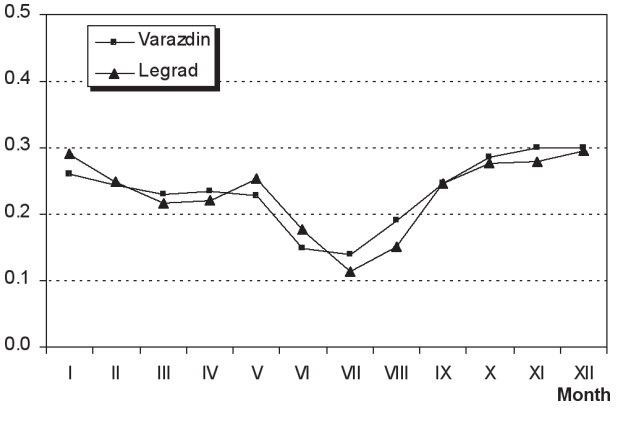


Figure 5.: Annual courses of the first-order autocorrelation coefficient (c) in Varaždin (1949-2000.) and Legrad (1961-2000.)

Empirical and estimated cumulative frequencies for February, April, July and October are shown in Fig. 6 for dry spells in Varaždin and in Fig. 7 for wet spells in Legrad. The model gives much better estimates for short spells and estimated probabilities for long spells are quite underestimated. That is because very long spells (≥ 30 days) appear very rare and it is very difficult to model such sparse events. There are some other methods for estimating model parameters beside the method used in this work and perhaps they would give slight better results.

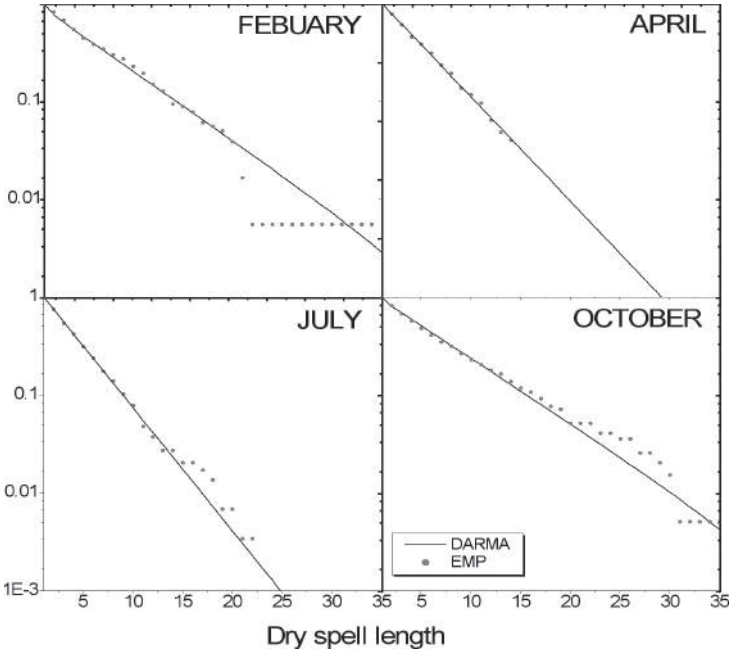


Figure 6.: Empirical and theoretical cumulative frequencies of dry spells in February, April, July and October at Varaždin station, 1948-2000.

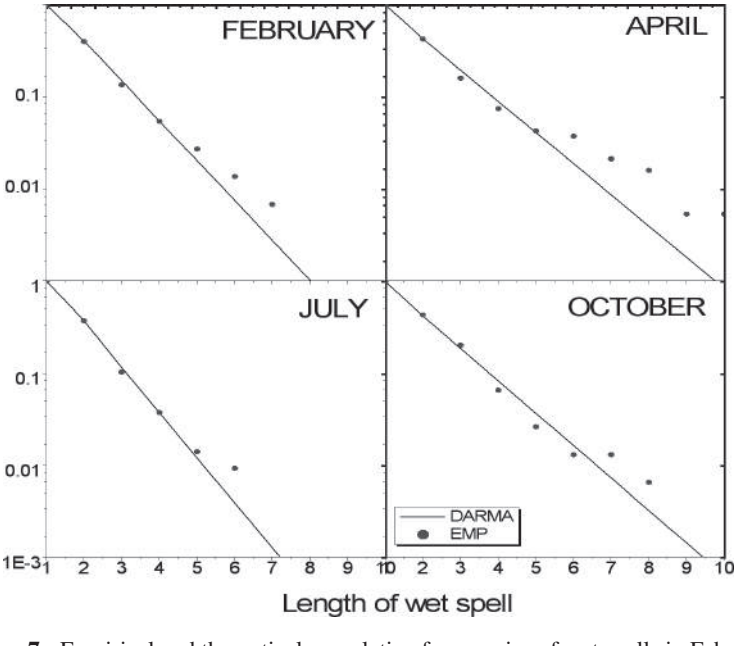


Figure 7.: Empirical and theoretical cumulative frequencies of wet spells in February, April, July and October at Legrad station, 1961-2000.

3. CONCLUSION

The analysis of wet and dry spells over the Drava upstream in the north-west part of Croatia was made by using daily precipitation data for two stations, Varaždin and Legrad. The threshold of 1 mm was used for defining a rainy day.

By frequency distribution it is shown that very long dry spells with length more than 30 days appear mostly in the cold year period, from September to March, while in the warm months dry spells are rather shorter. The mean lengths of dry spells vary through year from around 4 to 7 days. The frequency distribution of wet spells showed that longer wet spells with length more than 7 days occur very rarely with very small probability values of occurence. Nevertheless, they appear mostly in October in Varaždin station and in April and November in Legrad. The mean length of wet spells is similar through year with duration of two days.

The annual course of the autocorrelation coefficient which represents the coefficient of persistency is given in Fig. 5. It has larger value in the cold part of the year (October to March) then in the warm period (April to September) which is the characteristic for all stations over Croatian territory. The small persistence in summer months refer to the fact that dry and wet spells are more randomly distributed.

The theoretical frequencies of wet and dry spells have been estimated using DARMA(1,1) model. The model gives good fit to empirical frequencies both for dry and wet spells but it underestimates very long dry sequences which occur very rare (one to two times in 40 - 50 years period).

In the future work, it would be of interest to make spatial distribution of dry and wet spells over the whole Drava upstream.

4. LITERATURE

1. Buishand, R.A. (1978): The binary DARMA (1,1) process as a model for wet and dry sequence. Dept. of Math., Agricultural Univrsity, Wageningen, 49 pp.

2. Chang, T. J., M. L. Kavvas and J. W. Delleur (1984a): Daily precipitation modelling by discrete autoregressive moving average processes. Water Resour. Res., **20**, 565 - 580.

3. Chang, T. J., M. L. Kavvas and J. W. Delleur (1984b): Modeling of sequences of wet and dry days by binary discrete autoregressive moving average processes. J. Clim. Appl. Meteor., **23**, 1367 - 1378.

4. Cindrić, K. (2006): The statistical analysis of wet and dry spells in Croatia by binary DARMA (1,1) model. Croatian Meteorological Journal, 41 (In press).

5. Douguedroit, A. (1987): The variations of dry spells in Marseilles from 1865 to 1984. Journal of Climatology, **7**, 541-551

6. Gabriel, K. R., and J. Neumann (1962): A Markov chain model for daily rainfall occurrence at Tel Aviv. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., **88**, 90 - 95.

7. Juras, J. and Jurčec, V. (1976): The statistical analysis of dry and wet spells by the application of Markov chain probability model (in Croatian), Papers/Rasprave i prikazi, RHMZ Hrvatske, **13**, 59-98.

8. Juras, J. (1989): On modelling binary meteorological sequences with special emphasis on frequencies of warm and cold spells (in Croatian) . Papers/Rasprave, **24**, 29 - 37.

9. Juras, J. (1997): Annual variation of persistency in the sequences of days with precipitation. The Adriatic meteorology/Jadranska meteorologija, **XLII**, 9 - 14.

10. Martin-Vide, J., Gomez L. (1999): Regionalization of peninsular Spain based on the length of dry spells. Int. J. Climatol., **19**, 537-555

AUTHOR:

Cindrić Ksenija, B.Sc.
Meteorological and Hydrological Service of Croatia
Grič 3, 10000 Zagreb, Croatia
Tel. +385 1 45 65 638, Fax. +385 45 65 630, cindric@cirus.dhz.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.05.

SEDIMENTACIJA NA UŠĆU DUBRAČINE I NOVLJANSKE RIČINE, VINODOLSKI KANAL

Ranko Crmarić, Mladen Juračić, Čedomir Benac, Igor Ružić

SAŽETAK: Središnji dio Vinodolske doline tvore siliciklastične sedimentne stijene odnosno fliš. Teren je male vodopropusnosti, mali je stupanj infiltracije oborina te prevladava površinsko otjecanje. Središnji dio Vinodolske doline pripada slivu rječice Dubračine, a njen jugozapadni dio slivu Novljanske Ričine. Ušća ovih vodotoka nalaze u na sjeverozapadnoj obali Vinodolskog kanala. Vodotoci su bujičnog tipa i aktivni tijekom razdoblja intenzivnih padalina. Vinodolska dolina, u cjelini ima izražene erozijske procese. To se osobito odnosi na područje vodotoka u slivu Dubračine: Slanog potoka i Male Dubračine, gdje je vrlo izražena ekscesivna erozija u kombinaciji s pojavama klizišta. U vodotocima se tijekom kišnih razdoblja pojavljuje visok stupanj suspendiranog nanosa. Zbog relativno velike količine sedimenata, zatrpan je nekadašnji estuarij Dubračine. Značajna količina sedimenata istaložena je na morskom dnu ispred Crikvenice i Novog Vinodolskog. U radu su prikazani podaci recentne sedimentacije na temelju detaljnih mjerenja pomoću geološkog dubinomjera.

KLJUČNE RIJEČI: fliš, erozija, pronos nanosa, progradacija delte.

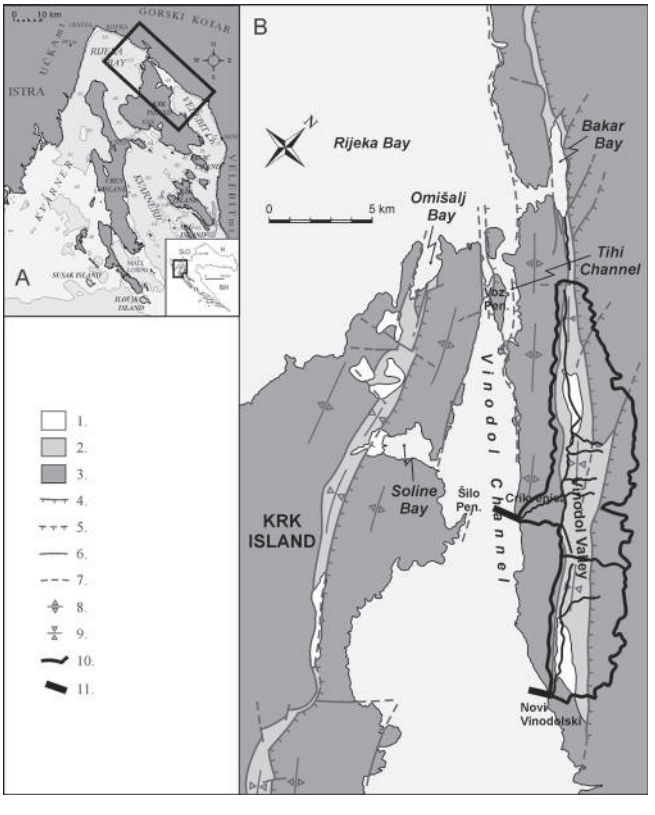
SEDIMENTATION ON DUBRAČINA AND NOVLJANSKA RIČINA RIVER MOUTHS, VINODOL CHANNEL

ABSTRACT: Central part of the Vinodol Valley is composed of silicyclastic sediments (Flysch). It is an area of low permeability, with low infiltration and with prevailing surface runoff. Middle part of the Vinodol Valley belongs to the catchment area of Dubračina river, whereas its SW part to the Novljanska Ričina catchment area. Mouths of these watercourses debouch into the Vinodol Channel. Watercourses are of torrential type and are active during periods of intensive precipitation. In the Vinodol Valley erosional processes are pronounced. This is especially true for two tributaries of Dubračina river: Slani potok and Mala Dubračina, where excessive erosion is combined with landslides. During periods with intensive rains suspended and bed load increase substantially. Due to the large terrigenous input former Dubračina estuary was filled, and recent sedimentation in front of the Crikvenica and Novi Vinodolski is significant. Recent sediment accumulation is revealed using subbottom profiling.

KEYWORDS: flysch, erosion, bed load, delta progradation.

UVOD:

Donos suspendiranog i materijala i nošenog nanosa rijekama u istočno jadransko područje vrlo je ograničen te je time i terigena sedimentacija vrlo malena. Podaci i grube procjene postoje za neke veće rijeke: Neretva ~500.000 m^3/god. [1], Raša ~200.000 m^3/god. [2] i Krka 5.000 t/god. [3]. U radu se procjenjuje važnost donosa dva manja vodotoka koji dreniraju Vinodolsku dolinu na procese sedimentacije u Vinodolskom kanalu (Sl. 1). U radu su prikazani prvi podaci koji dokumentiraju diskretne zone akumulacije terigenog materijala ispred ušća Dubračine i Novljanske Ričine.



Slika 1:
A Lokacijska karta s položajem Vinodolske doline i Vinodolskog kanala
B Geološka karta istraživanog područja (prema [4], dopunjeno i pojednostavljeno)
1. Pliokvartarne naslage
2. Paleogenske siliciklastične naslage (fliš)
3. Kredni i paleogenski karbonati (vapnenci, dolomitični vapnenci, breče)
4. reversni rasjed (vidljiv)
5. reversni rasjed (pretpostavljeni)
6. normalni rasjed (vidljiv)
7. normalni rasjed (pretpostavljeni)
8. os antiklinale
9. os sinklinale
10. sliv Dubračine i Novljanske Ričine
11. Trase profila geološkog dubinomjera ispred Crikvenice (slika 2) i ispred Novog Vinodolskog (slika 3)

EROZIJSKI PROCESI U VINODOLSKOJ DOLINI

Vinodolska dolina ima nepravilan eliptičan oblik najveće ukupne duljine do 23 km i širine do 4 km te izlomljeno pružanje osnovnim smjerom SZ-JI od Bakarskog zaljeva na sjeverozapadu do zaleđa Novog Vinodolskog na jugoistoku (Sl.1). U području Vinodolske doline nalaze se litofacijesno vrlo različite karbonatne i klastične sedimentne stijene krede i paleogena te pliokvartarne tvorevine koje tvore djelomični ili potpuni pokrivač na stijenskoj masi. Sjeveroistočne padine i primorsko bilo oblikovani su u gornjokrednim i paleogenskim karbonatnim stijenama. Fliški stijenski kompleks, koga tvore većinom siliciklastične sedimentne stijene eocenske starosti, izgrađuje niže dijelove sjeveroistočne padine i dno doline (Sl. 1). Stariji dio fliša tvori tipična izmjena siltita i pješčenjaka, s podređenim udjelom lapora, brečokonglomerata i vapnenaca. Mlađi dio, koji diskordantno

leži na starijem, sastoji se od konglomerata, konglomeratičnih biokalkarenita i litičnih arenita [5]. Najrašireniji tip pokrivača na flišu su deluvijalno-koluvijalne tvorevine, čija je debljina veća na sjeveroistočnoj padini. Kvartarne siparne breče tvore ispupčene ploče na fliškoj padini koja je, općenito, ujednačenoga nagiba. Zastupljenije su na sjeveroistočnoj padini Vinodolske doline gdje se nalaze u dvije hipsometrijske razine [6].

Sjeverozapadni i središnji dio Vinodolske doline pripada slivu Dubračine, a jugoistočni slivu Novljanske Ričine. Vinodolska dolina ima asimetričan poprečni profil, s izrazito dužom sjeveroistočnom i kraćom jugozapadnom padinom, pa su korita oba vodotoka smještena većim dijelom uz primorsko bilo i imaju zato samo lijeve pritoke.

Vodotok Dubračina glavni je drenažni kolektor površinskih voda sjeverozapadnog djela Vinodolske doline. Površina neposrednog sliva je 34 km^2. Izgradnja akumulacije u Triblju krajem 20. stoljeća, uzrokovala je promjenu prirodnog vodnog režima. Ispuštene vode sustava HE Vinodol čine glavninu protoka na ušću Dubračine, s varijacijom od 0 do 15 m^3/s. Značajniji pritoci su bujice Slani potok i Mala Dubračina s Kričinom i Kučinom. Nakon prolaza kroz karbonatni greben, Dubračina reguliranim koritom teče kroz nekadašnju naplavnu ravnicu do ušća u centru Crikvenice. Maksimalni zabilježen protok je 74,7 m^3/s [7].

Vodotok Novljanska Ričina ili Suha Ričina teče od naselja Podgori na sjeverozapadnu do svog ušća u Novom Vinodolskom. Dužina vodotoka je 7 km, a površina sliva oko 21 km^2. Izračunata protoka 25 godišnjeg povratnog perioda je 23,92 m^3/s [8]. U uzvodnom dijelu toka prima bujice Podgori i Kosavin, a do u nizvodni dio korita dolazi bujica Brzet koja je odvodni kanal Velikog polja.

Tijekom kišnih razdoblja u Vinodolskoj dolini se stvara mreža bujičnih vodotoka zbog male vodopropusnosti kako matične flišne stijene, tako i zone fizikalno-kemijske razgradnje različitih litogenetskih tipova deluvijalno-koluvijalnih tvorevina. Zato je erozija spiranjem mjestimice izrazita. Obilježje flišnih padina u Vinodolskoj dolini je izmjena površina gdje pokrivač ima zaštitnu funkciju od erozije i ogoljelih dijelova, gdje su matične stijene napadnute pluvijalnom erozijom. Obradive površine imaju oblik terasa s mrežom odvodnih kanala radi smanjena štetnog djelovanja erozije i povećanja stabilnosti padina. Napuštanjem obrade zemljišta nastupa gospodarska degradacija terena - urušavanje zidova terasa i zatrpavanje kanala. Time se pojačava erozija, a spiranje poprima mjestimice drastične razmjere stvarajući terene tipa “badlands” [9].

Upravo takav primjer kombiniranog djelovanja erozije s pratećim pojavama klizanja je sliv Slanog potoka, a djelomice i slivovi bujičnih vodotoka Male Dubračine i Kučine. U slivu Slanog potoka nalazi se žarište te pojave. Teren zahvaćen pretjeranom (ekscesnom) erozijom ima dimenzije 600 m po osi i 250 m po širini. Slivovi Male Dubračine i potoka Kučina još nisu zahvaćeni najvišim stupnjem erozije pa su izolirane ogoline vidljive tek mjestimice. Popratne pojave oko žarišta erozije, kao i u njemu samom, brojna su klizišta kao posljedica trošenja matičnih stijena fliškoga kompleksa i pretvaranja stijene u inženjersko tlo. Zahvaćena površina je veličine oko 3 km^2 pa su ugrožena okolna naselja Belgrad, Baretići, Grižane i Kamenjak, kao i okolne ceste. Retencije su gotovo u potpunosti ispunjene nanosom, uglavnom muljem [9]

SEDIMENTACIJA U VINODOLSKOM KANALU

Najintenzivniji tektonski pokreti, presudni za konačno oblikovanje Vinodolske doline i susjednog morskog kanala dogodili su se tijekom pleistocena. Istovremeno, taložila se velika količina sipara od kojih su litifikacijom nastale siparne breče. Djelomično su deformirane tijekom recentnih tektonskih pokreta kada je djelomično sužena Vinodolska dolina, a

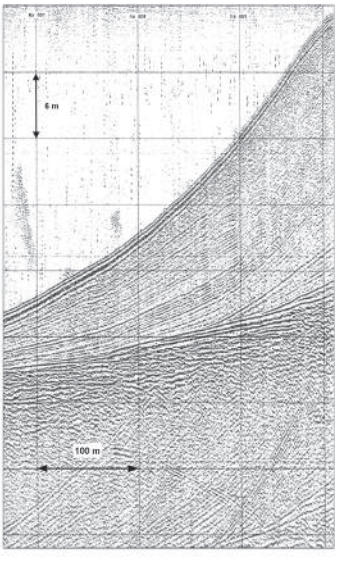
istovremeno se nastavlja nakupljanje sipara podno litica na sjeveroistočnoj strani [10].

Relativno nagle promjene erozijske baze tijekom gornjeg pleistocena zbog čestih globalnih oscilacija morske razine, bile su praćene dodatnim povećanjem energije reljefa uslijed tektonskih pomaka [11]. U procesu morfogeneze tijekom pleistocena pa i holocena, zbivala se diferencijalna erozija fliških terena. Na dijelovima terena gdje su više zastupljeni otporniji pješčenjaci i brečokonglomerati, stvorena su uzvišenja. Velika količina nanosa istovremeno je odnošena tadašnjim tokovima prema hiposmetrijski nižoj depresiji današnjeg Vinodolskog kanala.

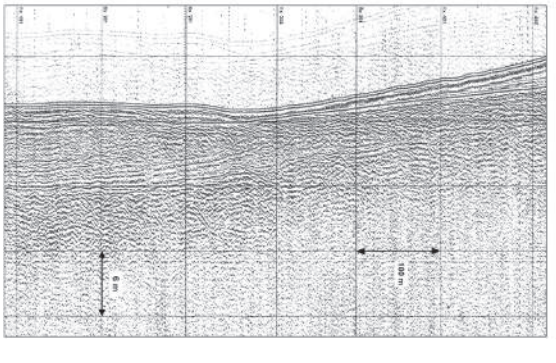
Nakon ris-virmskog interglacijala u razdoblju od 120.000 do prije 30.000 godina morska razina postupno se spuštala, ali i oscilira između -20 m i -60 m. Spuštanjem morske razine kao apsolutne erozijske baze, bitno je povećana energija reljefa, što je pojačalo eroziju. Kako je dno Vinodolskog kanala relativno plitko (-40 do -60 m), povlačenjem mora postalo je lokalna erozijska baza do koje je moglo napredovati usijecanje korita. Tako je i na temelju rezultata bušenja ustanovljena fosilna riječna dolina na području današnjeg ušća Dubračine usječena u karbonatnu stijensku masu do dubine - 40 m [12].

More je počelo poplavljivati sjeverni Jadran, pa tako i kanale Kvarnerskog akvatorija prije nešto više od 18.000 godina a morska razina brzo je rasla između 17.000 i 6.000 godina prije sadašnjosti. More je početkom holocena poplavilo riječne doline, pa su tako formiran i relativno mali estuariji Dubračine i Novljanske Ričine. Usporeni rastom i stagnacijom morske razine u području sjevernog Jadrana tijekom posljednjih milenija [13], stvoreni su uvjeti za zatrpavanje potopljenih riječnih dolina [14]. Na taj način su postupno ispunjeni sedimentima estuarij Dubračine i depresija oko ušća Novaljske Ričine. Recentna sedimentacija nastavila se u području prodelte na dnu Vinodolskog kanala.

Dno Vinodolskog kanala prekriveno je pretežno vrlo sitnozrnatim sedimentima [15]. Snimanjem morskoga dna geološko-strukturnim dubinomjerom - SBP (model Uniboom 230-1, s grafičkim rekorderom 4800 EPC) dobiveni su vrlo zanimljivi zapisi na profilima ispred ušća Dubračine i Novljanske Ričine. Trase profila prikazane su na Sl. 1, a ~900 m zapisa geološkog dubinomjera ispred ušća Dubračine prikazano je na Sl. 2.

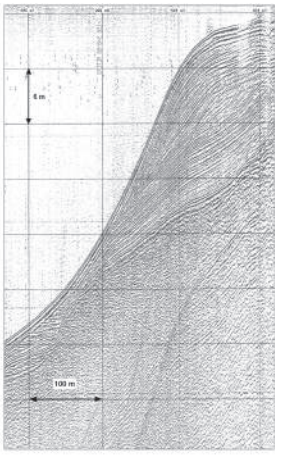


Slika 2: Strukturni profil morskoga dna. Zapis geološkog dubinomjera SBP ispred Crikvenice (ušća Dubračine). Dobro se vidi progradacija i zadebljanje recentnih sedimenata ispred ušća (~20 m). Smjer profila 69°.

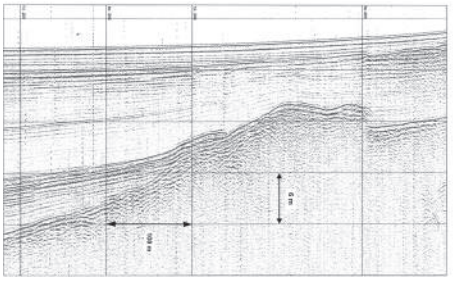


Na tom zapisu dobro se vidi kako (holocenski) sediment zadebljava prema obali, odnosno odlično se ocrtava progradacijski slijed prodelte. Maksimalno zadebljanje na samom ušću procijenjeno je na više od 24 m.

Na oko 800 m strukturnog profila ispred ušća Novljanske Ričine (Sl.3), osim zadebljanja recentnog sedimenta ispred samog ušća (~100 m od obale) s preko 15 m debelim slojem recentnog sedimenta u distalnom dijelu profila (prema središtu Vinodolskog kanala) dobro se vidi skok od oko 1.5 m subrecentnog (neotektonskog) rasjeda 10ak metara ispod zaravnjenog morskoga dna koje je dubini od 55 m. Ovaj snimak očit je dokaz recentnih tektonskih procesa u području Vinodolskog kanala i upućuje na veliku potencijalnu seizmičnost područja, te da tektogeneza područja ni u kojem slučaju nije završena.



Slika 3: Strukturni profil morskoga dna. Zapis geološkog dubinomjera SBP ispred Novog Vinodolskog (ušća Novljanske Ričine). Dobro se vidi progradacija i zadebljanje recentnih sedimenata ispred ušća (~15 m). U distalnom dijelu dobro je vidljiv normalni (relaksacijski?) rasjed sa skokom od 1 m u predholocenskoj podlozi, a ispod potpuno zaravnjenog morskog dna. Smjer profila 42°.



Isto tako snimak ukazuje na znatno deblji sloj holocenskog sedimenta u južnom dijelu u odnosu prema sjevernom dijelu Vinodolskog kanala.

Na temelju dobivenih rezultata može se pretpostaviti da se značajan dio suspendiranog materijala i nošenog nanosa koji stižu vodotocima i Vinodolske doline taloži u neposrednoj blizini ušća stvarajući male progradacijske delte. Kao naredna faza ovog istraživanja nameće se kvantifikacija donosa materijala i usporedba s količinama akumuliranog sedimenta u ušćima Dubračine i Novljanske Ričine.

LITERATURA:

[1] Juračić, M. (1998): O nastanku i promjenama delte rijeke Neretve. Dubrovnik, Časopis za književnost i znanost, Nova serija, god. IX., 1998, 4, 228-232, Matica hrvatska Dubrovnik.

[2] Juračić, M., Sondi, I., Rubinić, J. & Pravdić, V. (1995): Sedimentacija u neravnotežnom estuariju pod utjecajem rijeke: krški estuarij Raše (Hrvatska). 1. Hrvatski geološki kongres - Opatija, Zbornik radova 1 , 265-267 , Zagreb.

[3] Juračić, M. i Prohić, E. (1991) : Mineralogy, sources of particles, and sedimentation in the Krka river estuary (Croatia). Geološki vjesnik, 44, 195-200.

[4] Blašković, I., Tišljar, J. (1983): Prominske i Jelar naslage u Vinodolu (Hrvatsko primorje). Geološki vjesnik, 36, 37-50.

[5] Šušnjar, M., Bukovac, J., Nikler, L., Crnolatac, I., Milan, A., Šikić, D., Grimani, I., Vulić, Ž., Blašković, I., 1970. Basic geological map 1:100.000, sheet Crikvenica. Institut za geološka istraživanja, Zagreb. Savezni geološki zavod, Beograd.

[6] Blašković, I. (1983): O rasprostranjenosti i položaju pliocenskih i kvartarnih taložina u Vinodolu. Geološki vjesnik, 36, 27-35.

[7] Regulacija potoka Dubračina od km 0+601.80 do 1+158.44, RO Vodoprivreda Rijeka, Rijeka, 1986.

[8] Idejni projekt regulacije Novljanske Ričine od km 1+985.18 do 4+167.77, RO Vodoprivreda Rijeka, Rijeka, 1979.

[9] Benac, Č., Jurak, V., Oštrić, M., Holjević, D., Petrović, G. (2005): Pojava prekomjerne erozije u području Slanog potoka (Vinodolska dolina). Knjiga sažetaka 3. Hrvatskog geološkog kongresa, 173-174, Opatija, rujan 2005. Hrvatski geološki institut, Zagreb.

[10] Blašković, I. (1999): Tectonics of Part of the Vinodol Valley within the Model of the Continental Crust Subduction. -Geologia Croatica, 52/2, 153-189.

[11] Benac, Č., Juračić, M. (1998): Geomorphological indicators of the sea level changes during Upper Pleistocene (Wuerm) and Holocene in the Kvarner region. Acta Geographica Croatica 33, 27-45.

[12] Benac, Č., Arbanas, Ž., Jardas, B. (1992): Morphogenesis and Evolution of the River Mouths in the Kvarner Area. -Proceedings of International Symposium Geomorphology and Sea, Mali Lošinj 1992, 37-45, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

[13] Pirazzoli, P.A. (2005): A review of possible eustatic, isostatic and tectonic contributions in eight late-Holocene sea-level histories from the Mediterranean area. Quaternary Science Reviews 24, 1989-2001.

[14] Trincardi, F., Correggiari, A., Roveri, M. (1994): Late Quaternary transgressive erosion and deposition in a modern epicontinental shelf: the Adriatic Semienclosed Basin. Geo-Marine Letters, 14, 41-51.

[15] Juračić, M., Benac, Č., Crmarić, R. (1999): Seabeded and surface sediments map of the Kvarner Bay, Adriatic Sea, Croatia. -Geologica Croatica 52, 131-140.

AUTORI

Ranko Crmarić[1], Mladen Juračić[2] , Čedomir Benac[3], Igor Ružić[3]

[1] Hrvatski Hidrografski Institut, Zrinsko-Frankopanska 161, 21000 Split (ranko.crmaric@hhi.hr)

[2] Geološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb (mjuracic@geol.pmf.hr)

[3] Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, V. Cara-Emina 5, 51000 Rijeka (benac@gradri.hr; igor.ruzic@gradri.hr)

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.06.

SHORT-TERM HEAVY RAINFALLS AND THEIR CAUSES, ISTRA, CROATIA

Marjana Gajić-Čapka

ABSTRACT: The area of the Istra peninsula at the Croatian eastern Adriatic coast with its few small rivers belongs to the Adriatic catchments. Floods that appear as a consequence of heavy rainfall harm mainly agricultural valleys. This paper deals with the investigation of magnitude (design parameter) and causes (forecasting input) of rainfall extremes over this region (coastal and inland sites).

The appearance of rainfall extremes during the year and their connection with the pattern of the maritime or continental annual course of precipitation is analysed.

Extreme value analysis (GEV) according to Jenkinson has been applied to rainfall maxima for intervals t up to two hours that are relevant for surface drainage. Estimates of maxima that can be expected for different return periods T are important input data in design calculations of hydro-technical infrastructures in order to reduce climatic risk.

According to the coefficient of variation the difference in spatial variability of short-term maxima is indicated.

The calculated values of the parameters R0, k and of the Jenkinson distribution according to the 1962-2002 data series are presented for two stations (Pula - coastal and Abrami - inland) and intervals of 10-, 20-, 30-, 40-, 50- 60- and 120-minutes. The expected maxima RtT, namely the design values for each interval (t) and desired return periods (T) were calculated. This has been done for the return periods of 10, 20, 50 and 100 years, namely for those supposed not to be exceeded with the 90%, 95%, 98% and 99% probability.

Weather types causing rainfall maxima over threshold for all observed intervals have been determined according to Poje classification and the analysis for the Northern Adriatic. The basic characteristics of weather types are presented by surface fields of air pressure and in some cases at 850 hPa. Frequency of weather types was calculated for two locations, at the coast and in the central part of the Istra peninsula. Three episodes of heavy rainfall followed by floods are analysed in more detail.

KEYWORDS: short-term heavy precipitation, extreme value analysis, weather types, Istra peninsula, Croatia

KRATKOTRAJNE JAKE OBORINE I NJIHOVI UZROCI U ISTRI

SAŽETAK**:** Područje Istre na hrvatskoj istočnoj jadranskoj obali s nekoliko malih rijeka pripada jadranskom slivu. Poplave koje se javljaju kao posljedica jakih oborina uglavnom štete poljoprivredi u dolinama. Hidrotehnički objekti koji služe za sprečavanje

ili ublažavanje poplavljivanja ili navodnjavanje trebaju biti projektirani uvažavajući i meteorološke uvjete i smanjujući klimatski rizik. Prije svega to se odnosi na ekstremne količine oborine kratkog trajanja. Poznavanje uzroka tih pojava omogućuje pravovremene najave potencijalnih uvjeta za hidrološke nepogode i alarmiranje operativnih sustava obrane.

Stoga ovaj rad analizira količinu (projektni parametar) i uzroke (prognostički ulaz) oborinskih ekstrema na području Istre, kako obale tako i unutrašnjosti. Oborinski podaci korišteni su s meteoroloških postaja Abrami (unutrašnjost) i Pula (obala) koje raspolažu s višegodišnjim podacima registracije oborine. Tipovima vremena određeni su za područje sjevernog Jadrana prema tipizaciji koju je uveo Poje (1965). Osnovne karakteristike vremenskih tipova prikazane su s prizemnim poljima tlaka zraka i u nekim slučajevimana 850 hPa.

Opća razdioba ekstremnih vrijednosti (GEV distribution) prema Jenkinsonu primijenjena je na godišnje oborinske maksimume za trajanja do dva sata (10-, 20-, 30-, 40-, 50- 60- and 120-minuta), koji su relevantni za odvodnju. Izračunate su vrijednosti parametara R_0, k i α prema nizu podataka 1962-2002. i očekivani maksimumi R_{tT} za povratne periode 10, 20, 50 i 100 godina, odnosno one za koje se pretpostavlja da nece biti premašeni s vjerojatnošću 90%, 95%, 98% i 99%.

U prosjeku jake kratkotrajne oborine se najčešće javljaju ljeti s podjednakom regionalnom varijabilnošću.

Prema proračunima očekivani kratkotrajni oborinski maksimumi nešto su veći u unutrašnjosti Istre nego na obali (10-15%). One su se najčešće javljale uz prednju stranu ciklone (tip N1) i to u 26% slučajeva u unutrašnjosti (Abrami) i 31% slučajeva na obali (Pula). Zatim kao uzrok slijedi tip dolina niskog tlaka (Abrami-dol2 12%, Pula dol1 14%) i pomalo neočekivano u čak 11% slučajeva bezgradijentno anticiklonalno polje pri tlu.

KLJUČNE RIJEČI: kratkotrajna jaka oborina, analiza ekstremnih vrijednosti, tipovi vremena, Istra, Hrvatska

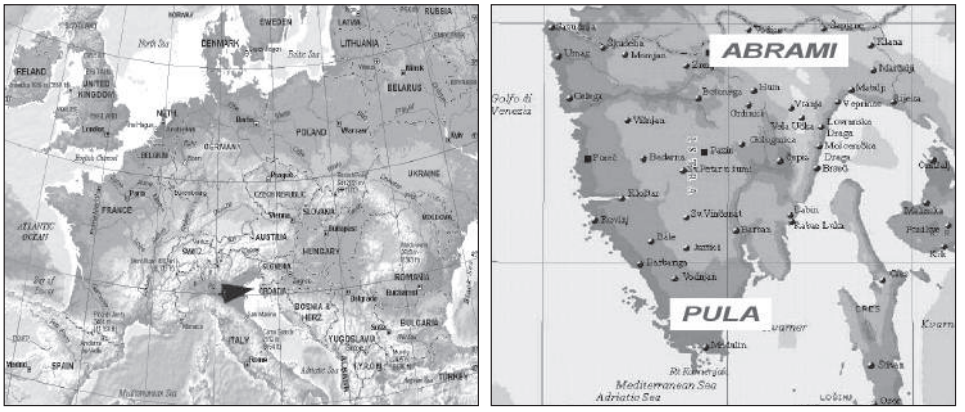


Figure 1. Location of meteorological stations at Istra peninsila, Croatia

BACKGROUND

The area of the Istra peninsula at the Croatian eastern Adriatic coast with its few small rivers belongs to the Adriatic catchments. Floods that appear as a consequence of heavy rainfalls harm mainly agricultural valleys. This paper deals with the investigation of magnitude (design parameter) and causes (forecasting input) of rainfall extremes over this

region (coastal and inland sites).

On average they appear in the warm part of the year; most frequently in August (September), corresponding to the summer maximum of continental precipitation regime in Croatia. This pattern remains over the peninsula inland also during the last 20 years (1985-2002), but at the coast August maximum is weakening and annual maximum appears most frequently in June and October. Autumn maximum is associated with the pattern of the maritime annual course of precipitation.

According to the coefficient of variation there is no large difference in spatial variability of short-term maxima (inland: 0.32-0.40, coastal sites: 0.30-0.36). Recorded 10- and 20- minute maxima (23 and 34 mm at coastal site and 42 and 52 mm in inland) during the observed 40-year period were rare phenomena that could be expected once in a period longer than 100 years.

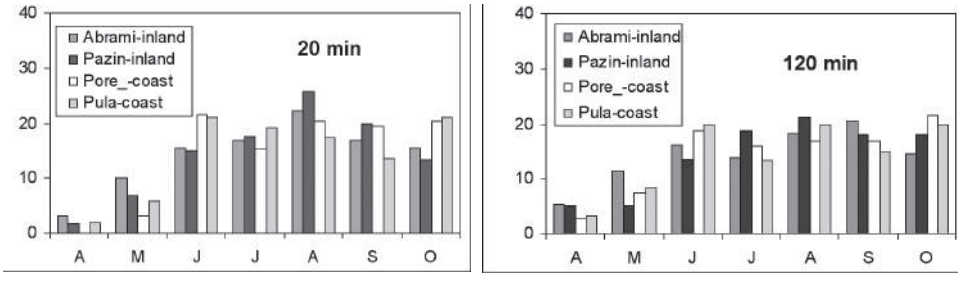


Figure 2. Regional relative frequency of the short-term precipitation over threshold for durations of 20 and 120 minutes in the period April to October, 1985-2002.

EXTREME VALUE ANALYSIS

Extreme value analysis (GEV) according to Jenkinson (Jenkinson, 1969, Faragó and Katz, 1990, Gajić-Čapka, 1991) has been applied to rainfall maxima for intervals t up to two hours. Estimates of maxima that can be expected for different return periods are important input data in design calculations of hydro-technical infrastructures in order to reduce climatic risk.

The general solution of the Jenkinson GEV distribution is given in the form:

$$Rmax = Ro + a\,(1-e-ky) / k \qquad (1)$$

where Ro, a and k are distribution parameters calculated by means of empirical dana. The maximum values Rmax are related to return period T by means of the reduced variate y:

$$y = -\ln \ln T / (T-1) \qquad (2)$$

where y approximates ln(T-0.5) and is essentially lnT, Ro is the value of R expected once a year, where y = 0, a is the slope of the R,y curve at point R = R0, y = 0, and k is a curvature parameter, giving three distribution types for negative, zero and positive k.

The calculated values of the parameters Ro, k and a of the Jenkinson distribution according to the 41-year data series 1962-2002 (Gajić-Čapka, 2000) are presented for two stations (coastal and inland) and intervals of 10-, 20-, 30-, 40-, 50- 60- and 120-minutes. The expected maxima RtT, namely the design values for each interval (t) and desired return period (T) were calculated. This has been done for the return periods of 10, 20, 50 and 100 years, namely for those supposed not to be exceeded with the 90%, 95%, 98% and 99% probability.

Jenkinson distribution for almost all intervals has positive values of curvature parameter

k, except for very short intervals (10-40 min) in inland, but close to zero. Estimated short-term rainfall maxima are a little bit higher in inland than at the coastal site (10-15%).

Table 1. Parameters of GEV distribution according to Jenkinson for the annual short-term precipitation maxima of different durations, period: 1962-2002.

Duration (min)	Abrami (inland)			Pula (coast)		
	Ro (mm)	k	α	Ro (mm)	k	α
10	13	-0.11	4.02	13	0.5	5.44
20	20.1	0.02	6.52	17.9	0.23	5.72
30	23.6	-0.04	7.33	21	0.27	7.43
40	26.3	-0.02	8.18	23.1	0.3	8.5
50	28.1	0.01	9.14	24.8	0.31	9.37
60	29.3	0.01	9.94	25.6	0.28	9.68
120	35.9	0.06	11.16	29.5	0.08	10.35

Table 2. Short-term precipitation maxima estimates for different durations and return periods of 2, 5, 10, 20, 50 and 100 yrs.

Duration (min)	Abrami (inland)					
	R2	R5	R10	R20	R50	R100
10	14.5	19.6	23.3	27.1	32.6	37.1
20	22.5	29.7	34.4	38.9	44.6	48.8
30	26.3	34.9	40.9	46.7	54.6	60.6
40	29.3	38.8	45.1	51.3	59.5	65.7
50	31.4	41.7	48.4	54.8	63.1	69.2
60	32.9	44.1	51.4	58.4	67.3	74.0

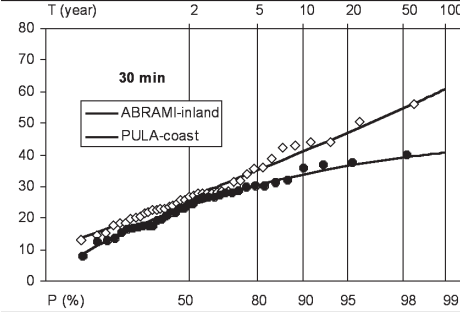


Figure 3. Short-term precipitation maxima estimates according to GEV distribution with the procedure of Jenkinson for inland (Abrami) and coastal (Pula) location, Istra peninsula. The symbols represent annual maxima of empirical data for the period 1962-2002.

WEATHER TYPES

Weather types causing rainfall maxima over threshold for all observed intervals have been determined according to Poje classification (1965) and the analysis for the Northern Adriatic (Lončar and Vučetić, 2003). The basic characteristics of weather types are

presented by surface fields of air pressure and in some cases at 850 hPa. Frequency of weather types was calculated for two locations, at the coast and in the central part of the Istra peninsula.

During the period 1985-2002 weather type characterized by front side of the cyclone caused heavy precipitation in 26% of the episodes at the coast and in 31% in inland. These were the weak cyclones with the pressure of 1000 hPa in its centre and their front side over the Istra peninsula and Northern Adriatic. It was followed by low air pressure weather types, front side of trough, with 12% of episodes in inland and back side of trough, with 14% of episodes at the coast. Unexpectedly 11% of rainfall episodes were caused by low gradient anticyclone surface field. In the most cases they were accompanied by upper level cyclones or low pressure troughs. Such situations prevail during the warm part of the year when upper air disturbances over the relatively warm ground are favourable for the evolution of convective cloudiness and local precipitation.

Table 3. Description of weather types according to Poje classification.

Weather type	Description
N1	Eastern side of the cyclone
N2	Southern side of the cyclone
N3	Western side of the cyclone
N4	Northern side of the cyclone
Nc	Center of the cyclone
Dol1	Trough of low pressure - front side
Dol2	Trough of low pressure - back side
Dol3	Trough of low pressure - centre
zodol2	Zonal trough - back side
zodol3	Zonal trough - centre
Dol	Trough of low pressure
V1	Eastern side of the anticyclone
g	Ridge of high air pressure
SS	Southern transitional type
SWS	Southwest transitional type
Ba	Anticyclonic zero pressure gradient field
Bc	Cyclonic zero pressure gradient field
undefined	

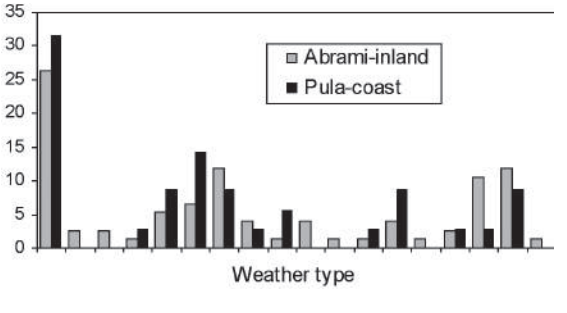


Figure 4. Relative frequency of weather types causing short-term precipitation maxima over threshold, 1985-2002.

CONCLUSIONS

On average short-term precipitation maxima appear in the warm part of the year; most frequently in August (September), corresponding to the summer maximum of continental precipitation regime in Croatia. This pattern remains over the peninsula inland also during the last 20 years (1985-2002), but at the coast August maximum is weakening and annual maximum appears most frequently in June and October. Autumn maximum is associated with the pattern of the maritime annual course of precipitation.

Short-term rainfall maxima are expected to be a little bit higher in inland than at the coastal site (10-15%) according to the extreme value distribution.

During the period 1985-2002 weather type characterized by front side of the cyclone caused heavy precipitation in 26% of the episodes at the coast and in 31% in inland.

followed by low air pressure weather types, front side of trough, with 12% of episodes in inland and back side of trough, with 14% of episodes at the coast. Unexpectedly 11% of rainfall episodes were caused by low gradient anticyclone surface field. In the most cases they were accompanied by upper level cyclones or low pressure troughs.

REFERENCES

1. Faragó, T., Katz, R. W., 1990: Extremes and Design Values in Climatology, World Meteorological Organisation, WMO/TD-NO. 386, WCAP - 14, pp 46
2. Gajić-Čapka, M., 1991: Short-term precipitation maxima in different precipitation climate zones of Croatia, Yugoslavia. Int. J. Climatol., 11, 677-688.
3. Gajić-Čapka, M., 2000: Normal Length Of Maximum Short-term precipitation Series. 5th International Workshop on Precipitation in Urban Areas, From Precipitation Measurements to Design and Forecasting Modelling, Preprints of papers, Ed. P. Burlando and Th. Einfalt, IHP-V / Technical Documents in Hydrology, UNESCO, 177-182.
4. Jenkinson, A. F., 1969: Statistics of Extremes, Estimation of Maximum Floods. World Meteorological Organisation, Geneve, WMO Technical Note No. 98, Chapter 5.
5. Lončar, E., Vučetić, V., 2003: Weather Types and Their Application to the Northern Adriatic (in Croatian), Hrv. Meteor Cas., 38, Zagreb, 57-81.
6. Poje, D., 1965: Weather Types in Yugoslavia and Their Relation to Atmospheric Circulation over Yugoslavia (in Croatian). Dissertation, University of Zagreb, pp 215.

Autor:

Marjana. Gajić-Čapka, PhD

Meteorological and Hydrological service of Croatia, HR-10000 Zagreb, Grič 3
tel: +385 1 4565640, *capka@cirus.dhz.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.07.

OPASNOST OD EROZIJE TLA VODOM NA POLJOPRIVREDNOM ZEMLJIŠTU ZAPADNE PANONSKE REGIJE

Stjepan Husnjak, Danijela Vrhovec

SAŽETAK: Među najozbiljnije globalne probleme, kako u svijetu, tako i u Hrvatskoj danas se ubraja oštećenje tla koje nastaje uslijed erozije vodom. Posljedice erozije tla od bitne su važnosti za sveukupni gospodarski razvoj, posebice za vodno gospodarstvo i poljoprivredu. Zbog toga je nužno gospodariti s zemljištem na način da se tlo trajno štiti od erozije. Središnja panonska regija najznačajnije je poljoprivredno područje u Hrvatskoj. Nažalost, uslijed intenzivnog korištenja poljoprivrednog zemljišta tijekom poslijednjih nekoliko desetljeća, javio se je čitav niz degradacijskih procesa vezanih uz eroziju tla, pri čemu se kao razlog ističe činjenica da se nije vodilo dovoljno računa o opasnosti od te pojave. U cilju odgovornijeg pristupa zaštiti naročito kvalitetnijih tala u ovoj regiji, izvršena je kartografska analiza opasnosti od erozije tla vodom u odnosu na klase pogodnosti tla za obradu. U analizi su korištene sljedeće digitalne karte mjerila 1:300 000 izrađene u GIS tehnologiji: karta pogodnosti tla za obradu RH, karta rasprostranjenosti šuma; karta stvarnog rizika od erozije tla vodom i karta poljoprivrednih regija Hrvatske. Kartografska analiza izvršena je metodom integriranja digitalnih karata pomoću GIS alata NT Arc Info programskog paketa. Rezultati analize ukazuju na prisutnu znatnu opasnost od erozije vodom na tlima pogodnim za obradu u istraživanoj poljoprivrednoj regiji. Kako bi se kvalitetnija tla zaštitila od daljnje degradacije, s njima treba prije svega obazrivo gospodariti a zatim i provoditi adekvatne mjere zaštite od erozije u sklopu redovite biljne proizvodnje.

KLJUČNE RIJEČI: erozija vodom, poljoprivredno zemljište, zapadna poljoprivredna regija, pogodnost tla za obradu

RISK OF SOIL EROSION BY WATER ON AGRICULTURAL LAND OF THE WESTERN PANNONIAN REGION

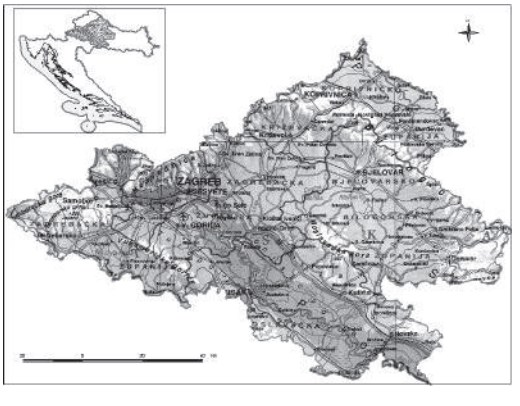
SUMMARY: Soil damage caused by water erosion is currently one of the most serious global problems, both in the world and in Croatia. Implications of soil erosion are of the utmost importance for the overall economic development, notably for water management and agriculture. For this reason, land management should involve permanent soil protection from erosion. The western Pannonian region is the major agricultural regions in Croatia. Unfortunately, intensive use of agricultural land in the past decades, led to a whole series of erosion-related degradation processes, because insufficient attention was paid to the possible occurrence of soil erosion. Aimed at further protection of good-quality

farmland resources, cartographic research was done into soil erosion risks with respect to land suitability classes. The following digital maps, scale 1:300 000, made in the GIS technology, were used: soil suitability map; forest distribution map; map of the real risk of soil erosion by water and map of agricultural regions of Croatia. Research was done by the method of digital maps integration using the GIS tools of the NT Arc Info program package. Research results point to a substantial risk of erosion by water on soils suitable for cultivation in the studied agricultural region. To protect good-quality soils from further degradation, they should be first of all managed very carefully and then adequate erosion prevention measures should be applied as part of regular plant production.

KEYWORDS: *erosion by water, agricultural land, agricultural region, soil suitability*

1. UVOD

Zapadna Panonska regija zauzima površinu od 1.048.047 ha što predstavlja 18,5% površine Hrvatske, a obuhvaća cijela područja triju županija, odnosno Zagrebačke županije i Grada Zagreba, te Koprivničko-križevačku i Bjelovarsko-bilogorsku županiju. Pored toga tu spada i sjeverozapadni dio Sisačko-moslavačke županije. Na tom području nalazimo 618.260 ha poljoprivrednog zemljišta (ili 59% u odnosu na ukupnu površinu ove regije), te 402.134 ha šuma (38%). Ostali dio ili 27.653 ha (3%) otpada na naselja i vodene površine. S obzirom na svoj zemljoprisni položaj, Zapadna panonska regija obuhvača dio zapadne Slavonije, dio Đurđevačko-Koprivničke Podravine, dio Bilogore, Turopolje, Prigorje i Zagrebačko područje. Navedena područja predstavljaju uže područje središnje Hrvatske, slika 1. Tu živi najveći dio hrvatske populacije - prema posljednjem popisu oko 34% ukupnog hrvatskog pučanstva.

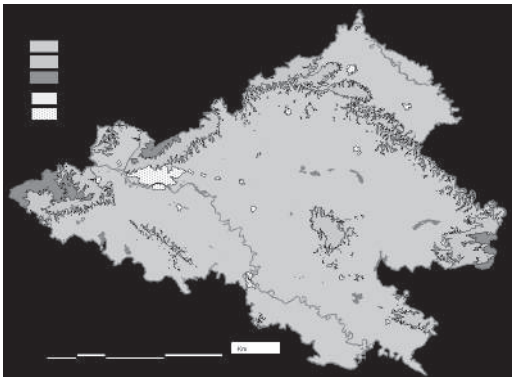


Slika 1: Položaj zapadne panonske poljoprivredne podregije

Na tom području uočljiva je stanovita pravilnost u geomorfologiji. Uz doline rijeka prostiru se najniže holocenske zaravni, građene iz višeslojnih aluvijalnih taložina, dosta heterogene građe, pretežno do 100 m.n.m. Uz spomenute holocenske ravni nastavljaju se pleistocenske zaravni pretežno građene od mramoriranih ilovača i lesnih naslaga starijih i mlađih stadija glacijacije, uglavnom ispod 350 m.n.m. Ova terasa ispresijecana je brojnim drenažnim jarcima i bujičnim vodotocima.

Iznad ove terase izdižu se brežuljci i brda Bilogore, Kalnika, Medvednice, Moslavačke gore, Vukomeričkih gorica i Samoborskog gorja, koji su znatnim dijelom pod šumom. slika 2. Niži dijelovi navedenih brežuljaka i brda građeni su iz tercijarnih sedimenata, dok

su krajnji vrhovi Kalnika, Medvednice i Samoborskog gorja pokriveni materijalima iz vapnenačke serije te materijalima kiselih silikatnih stijena.



Slika 2: Nadmorska visina terena na području zapadne panonske regije

Zapadna panonska regija jedno je od najznačajnijih poljoprivrednih područja u Hrvatskoj. Intenzivna poljoprivredna proizvodnja je u ovoj regiji vrlo raširena. Pri tome se posebno ističe da povoljni edafski i klimatski uvjeti na ovome području omogućuju i daljnje širenje poljoprivredne proizvodnje. Na holocenskim terasama dominira povrćarska i ratarska proizvodnja, na pleistocenskim terasama je prisutna intenzivna ratarska te mjestimično voćarska i stočarska proizvodnja, dok su na povišenijim položajima i nagibima povoljniji uvjeti za intenzivno voćarstvo, vinogradarstvo i stočarstvo.

Kako bi se sačuvali postojeći zemljišni resursi i zaštitili od daljnjeg oštećenja erozijom, neophodno je prvo utvrditi prostornu rasprostranjenost tala s klasama opasnosti od erozije vodom, temeljem čega se zatim mogu planirati i provoditi adekvatne mjere zaštite poljoprivrednog zemljišta. Kao prilog navedenom, u radu prikazujemo rezultate kartografskih istraživanja opasnosti od erozije tla vodom u Zapadnoj panonskoj poljoprivrednoj regiji.

2. METODIKA ISTRAŽIVANJA

U kartografskoj analizi korišteno je više karata izrađenih u digitalnom obliku prema sljedećem: Karta pogodnosti tla za obradu RH /2/, Karta rasprostranjenosti šuma u Hrvatskoj /4/, Karta stvarnog rizika od erozije tla vodom /6/ te Karta poljoprivrednih regija /1/.

Prostorne nalize su izvršene metodom integriranja digitalnih karata pomoću GIS alata NT Arc Info programskog paketa /3/.

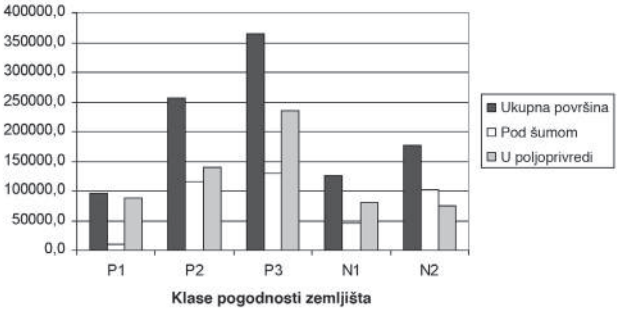
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Pogodnost tla za obradu poljoprivrednog zemljišta

Integracijom digitalnih karti pogodnosti tla za obradu i rasprostranjenosti šuma, izrađena je tematska karta pogodnosti tla za obradu van šuma, odnosno u poljoprivredi. Daljnjom obradom te karte izvršena je inventarizacija površina, temeljem čega je utvrđeno da ukupna površina tala pod šumom iznosi 402.134 ha (38%) a u poljoprivredi 618.260 ha

(59%). Od ukupne površine dobro obradivih tala (ili tla P-1 klase pogodnosti) najveći dio ili 87.469 ha (90%) se nalazi u poljoprivredi, dok se svega 9.381 ha (10%) nalazi pod šumom. Umjereno ograničeno obradiva tala (ili tla P-2 klase pogodnosti) u poljoprivredi se nalaze na 139.790 ha (55%) dok se 116.193 ha (45%) nalazi pod šumom. Od ukupne površine ograničeno obradivih tala (odnosno tla P-3 klase pogodnosti), 235.659 ha (65%) nalazimo u poljoprivredi a 129.318 ha (35%) nalazimo pod šumom. Od privremeno nepogodnih tla za obradu (tla N-1 klase pogodnosti), najveći dio također otpada na tla u poljoprivredi i to 81.027 ha (65%), dok se svega 44.337 ha (35%) tih tala nalazi pod šumom. Ovi podaci ukazuju na postojanje značajnijih zemljišnih resursa na kojima trenutno nije u potpunosti moguće organizirati ekonomičnu intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju zbog različitih razloga, iako predstavljaju vrijedne rezervne zemljišne resurse čija se ograničenja mogu raznim melioracijskim zahvatima otkloniti te time prevesti ova tla u pogodna za poljoprivrednu proizvodnju.

Trajno nepogodnih tala za obradu (tla N-2 klase pogodnosti), kao što se to moglo i pretpostaviti, najviše nalazimo pod šumom i to 102.905 ha (58%) a u okviru poljoprivrednih pašnjaka i livada 74.315 ha (42%), graf 1.

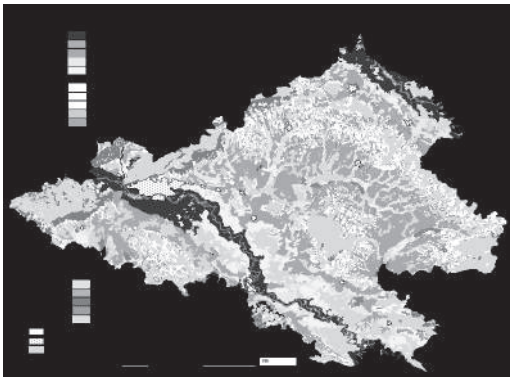


Graf 1: Površina klasa pogodnosti tla za obradu u odnosu na način korištenja

Od tala u poljoprivredi, najveću površinu zauzimaju ograničeno obradiva tla (P-3 klasa-38%), zatim umjereno ograničeno obradiva tla (P-2 klasa-23%), dobro obradiva tla (P-1 klasa-14%), privremeno nepogodna tla (N-1 klasa-14%), te trajno nepogodna tla (N-2 klasa-12%).

3.2. Odnos klasa pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za obradu i klasa stvarnog rizika od erozije tla vodom

Integriranjem karte pogodnosti tla za obradu poljoprivrednog zemljišta i karte stvarnog rizika od erozije tla vodom, moguće je izraditi više tematskih karata na kojima se onda mogu izdvojiti i prikazati pojedine klase stvarnog rizika od erozije tla vodom u ovisnosti o pojedinoj klasi pogodnosti tla za obradu. Na temelju takve integrirane karte koja je prikazana na slici 3, izvršena je i inventarizacija površina klasa stvarnog rizika od erozije tla vodom u odnosu na pojedine klase pogodnosti tla za obradu, temeljem čega je utvrđeno da se na najvećem dijelu, ili na 82% poljoprivrednog zemljišta zapadne panonske regije javlja niski stvarni rizik od erozije, na 12% umjereni te na 6% visoki.



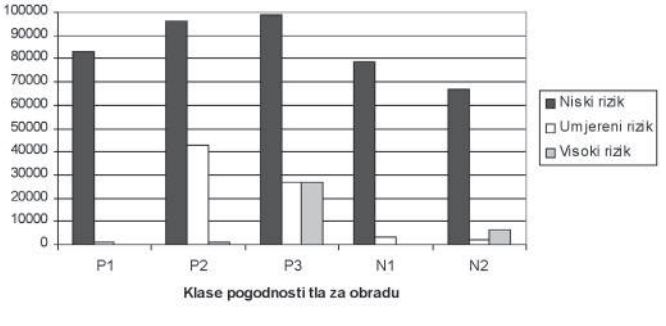
Slika 3: Rizik od erozije u odnosu na klase pogodnosti tla za obradu poljoprivrednog zemljišta

Najveći dio niskog rizika od erozije vodom, utvrđen je kod tala ograničeno pogodnih za obradu (36%), zatim kod tala umjereno pogodnih (19%), kod tala dobro pogodnih (16%), kod tala privremeno nepogodnih (15%), dok je najmanji dio utvrđen kod tala trajno nepogodnih za obradu (13%).

Umjereni rizik od erozije najzastupljeniji je kod tala umjereno pogodnih za obradu (58%), te tala ograničeno pogodnih za obradu (37%), dok je kod ostalih klasa pogodnosti znatno manji, odnosno kod privremeno nepogodnih tala je 3%, kod trajno nepogodnih tala 2%, dok su kod dobro pogodnih tala te površine zanemarivo male.

Najveći dio visokog rizika od erozije utvrđen je kod ograničeno pogodnih tala (78%), zatim trajno nepogodnih (19%) i umjereno ograničeno pogodnih tala (svega 3%), graf 2. Na područjima s visokim rizikom od erozije tla vodom ne nalaze se dobro pogodna i privremeno nepogodna tla.

Premda je na najvećem dijelu poljoprivrednog zemljišta ove regije (510.852 ha ili 82%) utvrđena prisutnost niskog rizika od erozije, upozoravamo da se i na tom području javlja erozija, prije svega kao «kišna erozija» (*torencijalna ili splash erosion*) prouzrokovana efektom «*bombardiranja*» ili razaranja tla kapima jakih kiša. Ovakva erozija često dijeluje vrlo polagano, stoga ju je teško prepoznati, zbog čega joj se ne pridaje dovoljno velika važnost u praksi. Na nagibima većim od 3% počinje se i na tom području javljati i plošna (*površinska ili sheet erosion*) erozija.



Graf 2: Površina klasa pogodnosti tla za obradu u odnosu na klase rizika od erozije tla vodom

Na površinama poljoprivrednog zemljišta s umjerenim rizikom od erozije (73.329 ha ili 12% poljoprivrednog zemljišta) najveću opasnost izaziva plošna erozija, a zatim brazdasta (*rill erosion*) i kišna erozija. Na dijelu poljoprivrednog zemljišta na kojemu je utvrđena prisutnost visokog rizika od erozije tla vodom (34.079 ha ili 6%), plošna erozija predstavlja također najveću opasnost, a zatim brazdasta i jaružna (gully erosion) erozija. Pored toga i ovdje se javlja kišna erozija koja se zapravo javlja na svim tlima, naručiti na onima koja se obrađuju.

Kako se sa sigurnošću može pretpostaviti da se veći dio pogodnih tala u ovoj regiji obrađuje, ukupna površina pogodnih i umjereno pogodnih tala s umjerenim i visokim rizikom od erozije a koja iznosi 43.899 ha, ukazuje na znatnu opasnost od erozije tla vodom na obradivom zemljištu ove regije.

4. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati kartografskih analiza rizika od erozije tla vodom u odnosu na pogodnost poljoprivrednog zemljišta za obradu u Zapadnoj panonskoj regiji. U okviru toga utvrđena je površina i prostorna rasprostranjenost pojedinih klasa pogodnosti za obradu. Za navedene klase pogodnosti utvrđena je zatim opasnost od erozije tla vodom temeljem čega je izvršena inventarizacija površina. Kako se sa sigurnošću može pretpostaviti da se najveći dio pogodnih tala u ovoj regiji obrađuje, utvrđena površina tala pogodnih za obradu na kojima je utvrđeni umjereni i visoki rizik od erozije, a koja iznosi 43.899 ha, ukazuje na prisutnu znatnu opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu. Kako bi se navedeba kvalitetnija tla zaštitila od daljnje degradacije, s njima treba prije svega obazrivo gospodariti a zatim i provoditi adekvatne mjere zaštite od erozije u sklopu redovite biljne proizvodnje.

5. LITERATURA

1. Bašić, F., i sur. (2002): Regionalizacija hrvatske poljoprivrede. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod ua opću proizvodnju bilja, 274 str.

2. Bogunović, M., i sur. (1996): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba. Agronomski glasnik, 5-6, str. 363-399.

3. ESRI (Environmental Systems Research Institute), 1998: NT ArcInfo - The Arc Info Method Understanding GIS. Environmental Systems Research Institute (ESRI) Inc., Redlands, Asn Diego, CA, USA, 1998.

4. Husnjak, S. (1999): Digitalna karta rasprostranjenosti šuma u Republici Hrvatskoj mjerila 1:300 000. CD, arhiva Zavoda za Pedologiju na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

5. Husnjak, S., i sur. (2000): Istraživanje rizika od erozije tla vodom u Hrvatskoj - II faza: Potencijalni i stvarni rizik. Hrvatske vode, godina 9, br. 34, str. 31-45, Zagreb.

6. Husnjak, S. (2000): Procjena rizika erozije tla vodom metodom kartiranja u Hrvatskoj. Disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 142 str.

AUTORI:

Prof..dr.sc. Stjepan Husnjak,

Danijela Vrhovec, dipl. ing.
Zavod za pedologiju, Agronomski fakultet, 10000 Zagreb, Hrvatska,
E-mail: *shusnjak@agr.h*r

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.08.

MAGLENA VODA: KOLIČINE I PRIMJENA

Marina Mileta

SAŽETAK: U radu su prikazani podaci dnevnih količina vode od magle izmjerenih na meteorološkoj postaji Zavižan (1594m). Skupljanje i mjerenje maglene vode vrši se standardnim kolektorom magle SFC (standard fog collector). Razdoblje mjerenja je 2000-2006. tijekom toplog dijela godine. To je razdoblje bilo popraćeno ekstremnim temperaturnim prilikama na godišnjoj, sezonskoj i mjesečnoj skali. Posebno su obrađeni podaci o količine maglene vode u dane sa oborinom i bez oborine. Maksimalna količina oborine u dane bez kiše iznosila je 19.0 l/m^2 dok u dane sa oborinom ta količina iznosila 27.5 l/m^2.

KLJUČNE RIJEČI: Fog water: amounts and application

FOG WATER: AMOUNTS AND APPLICATION

SUMMARY: The results presented here are the daily fog water amounts collected on the meteorological station Zavižan (1594 m). Measurements are carried out by standard fog collector (SFC) during different long periods in the warm part of 7 years (2000-2006). During this monitoring period extraordinary air temperature were registrated on the yearly, monthly and seasonal scale. The highest daily rate of fog water was 27.5 l/m^2 and in days without rain the daily maximum was 19.0 l /m^2.

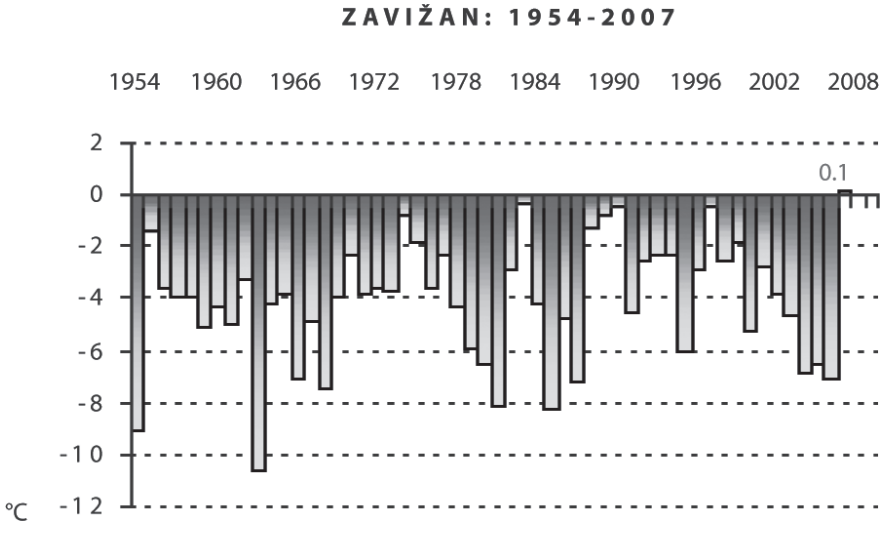
KEYWORDS: Fog water: amounts and application

UVOD

Najviša meteorološka postaja u Hrvatskoj, Zavižan smještena je na sjevernom Velebitu na visini od 1594 m. Započela je s motrenjem 1. listopada 1953. Godinu dana kasnije postavljen je uz kišomjer i tzv. kišomjer s mrežicom poznat i kao Grunow kišomjer ili Grunow kolektor magle. Taj instrument postavljen je za mjerenje količina oborine od magle. Radi se o kolektoru magle koji se sredinom prošlog stoljeća koristio za takva mjerenja u planinskim i brdskim predjelima. 2000. godine na Zavižanu se postavlja novi kolektor magle poznat kao standardni kolektor magle ili SFC (standard fog collector) što je prikazano u Shemenauer i Cereceda (1994). Prvi rezultati dobiveni mjerenjem sa SFC kao i prethodni sa Grunowim kolektorom objavljeni su u radovima Mileta (1999, 2003, 2004). U ovom radu prikazani su podaci o količinama maglene vode izmjerene sa standardnim kolektorom magle tijekom sedmogodišnjeg razdoblja 2000-2006. Mjerenja su se obavljala u toplom dijelu godine.

TEMPERATURNE PRILIKE TIJEKOM RAZDOBLJA MJERENJA

Zavižan kao i ostale planinske i brdske postaje nisu pod neposrednim utjecajem lokalnih antropogenih faktora i eliminirani su utjecaji poput " urbang efekta". Ipak utjecaj globalnog zatopljenja je prisutan. Dobiveni rezultati na Zavižanu opisani Gajić-Čapka i suradnici (2003) pokazuju da je došlo do porasta temperature zraka u posljednih 50 godina pri čemu je taj porast najveći u zadnjoj dekadi prošlog stoljeća. Porast temperatura zraka nastavlja se i dalje.Tako bilježimo neke od najtoplijih mjeseci, sezona i godina u ovom stoljeću. Na Zavižanu je mjesečna temperatura zraka u siječnju 2007.bila najviša siječanska temperatura zraka i prvi puta imala pozitivan iznos Sl. 1. Najtopliji svibanj, lipanj, kolovoz zabilježeni su 2003. godine. Najtoplija godina na Zavižanu bila je 2000., najtoplije ljeto 2003., najtoplija proljeća 2000. i 2002., a ovogodišnja zima 2006./2007. ali i jesen 2006. bile je druge po redu najtoplije sezone na Zavižanu.

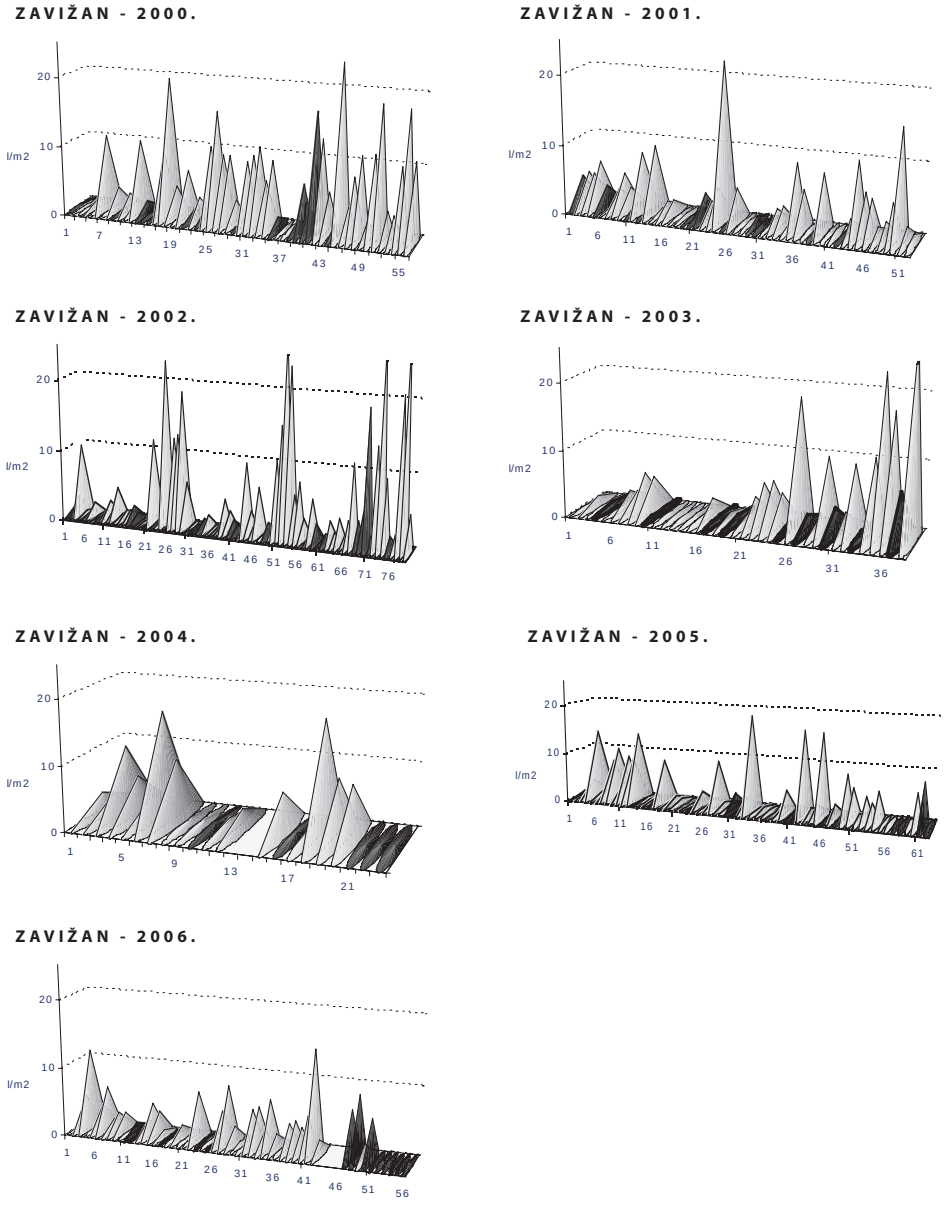


Slika 1.: Sječanske temperature zraka na Zavižanu u razdoblju 1954-2007.

Fig.1.: Mean monthly air temperature in January during the period 1954-2007.

REZULTATI MJERENJA VODE OD MAGLE STANDARDNIM KOLEKTOROM MAGLE

Dnevne količine vode od magle sakupljene standardnim kolektorom magle u sedmogodišnjem razdoblju mjerenja (2000-2006.) u toplom dijelu godine prikazane su na Sl. 2. U 2000. godini to je bilo razdoblje od 27. srpnja do 10.studenoga, u 2001. od 16. svibnja do 27. rujna, u 2002. od 25. lipnja do 25. listopada, u 2003. od 3. srpnja do 08. listopada, u 2004. tijekom lipnja i od 13-24. rujna, u 2005. od 1. svibnja do 31. kolovoza, te u 2006. od 2. lipnja do 17. listopada. Najviša dnevna količina vode od magle u 2000. iznosila je 24.0 l / m^2, u 2001. 22.5 l /m^2, u 2003. 27.8 l /m^2, u 2004. 17.9 l/m^2, u 2005. 19.0 l/m^2, te u 2006. 15.0 l/ m^2. Najviša dnevna količina maglene vode je ona od 27.8 l/ m^2 izmjerena 19. listopada 2003. godine, dok najviša količina maglene vode u dane bez oborine je iznosila 19.0 l/ m^2 16. listopada 2002.



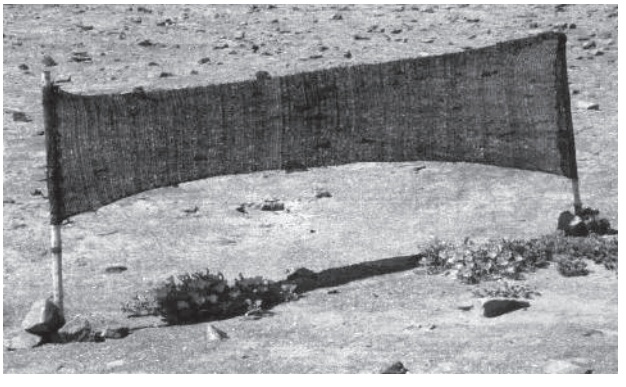
Slika 2.: Dnevne količine maglene vode mjerene u razdoblju 2000- 2006. u toplom dijelu godine

Figure 2.: Daily amounts of fog water is available during the period 2000-2006.

KORIŠTENJE MAGLENE VODE

Maglena voda se danas skuplja i koristi u mnogim sušnim predjelima sa maglom diljem svijeta. Koristi se za domaćinstva ali i u poljoprivredi. Takva mjerenja i skupljanje

maglene vode započela su u Južnoj Americi u Čileu ali su se vremenom proširila na Peru, Gvatemalu, Meksiko, zatim na druge kontinente pogotovo u Africi i Aziji.



Sl.3: Mini kolektor magle u pustinji u Čileu

Fig.3.: The mini fog collector in the desert in Chile

Sl.4.: Kolektori magle u Čileu

Fig.4.: Fog collectors in Chile

U Hrvatskoj sakupljanje maglene vode osim na Zavižanu obavljalo se tijekom kraćeg vremenskog razdoblja i na Svetom Juri Biokovu. Količine su bile veće nego na Zavižanu. Voda od magle mogla bi se u tim predjelima koristiti za mlade nasade kod pošumljavanja ogoljelih površina. Isto tako maglena voda je pokazatelj onečišćenja zraka i takva mjerenja se obavljaju u svijetu.

ZAKLJUČAK

Procjenjuje su da će među štetnim efektima globalnog zagrijavanja biti i nestašica vode ali i poplave. Hrvatska danas općenito ima dovoljno vode no unatoč tome godišnja raspodjela često je takva da na mnogim područjima postoji potreba za vodom. Suše su česta pojava

na našoj obali a javljaju se i drugdje. Mjerenja maglene vode na planinama blizu mora pokazuje da su te količine znatne. Najveće su u jesen. Osim mjerenja maglene vode u planinskim predjelima, na otocima su započeta mjerenja vode od rose.

LITERATURA

1. Gajić-Čapka, M., Srnec, L. i K. Zaninović, 2003: Klimatske promjene. Zavižan između snijega, vjetra i sunca. Monografija, Zagreb,171-180.

2. Mileta, M., 1999: Mjerenje vode iz magle i njeno korištenje u svijetu, 2. hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik, 19-22. svibnja 1999, 887-892.

3. Mileta, M., 2003: Specialna mjerenja oborine i maglene vode. Zavižan između snijega, vjetra i sunca. Monografija, Zagreb,181-191.

4. Mileta, M., 2003: Mjerenje vode od magle sa standardnim kolektorom magle, 3. hrvatska konferencija o vodama, Osijek, 28-31. svibnja 2003, 83-89.

5. Mileta, M., 2004: Results from fog water collection on Mt. Velebit in Croatia, 3. International conference on fog, fog collection and dew. Cape Town, South Africa, 11-15 October 2004, H4.

6. Schemenauer, R.S. and P. Cereceda, 1994: A proposed standard fog collector for use in high elevation region. *Journal of Appl. Meteo*., **33**, 1313-1322.

AUTORICA:

Marina Mileta
Državni hidrometeorološki zavod, e-mail: mileta@cirus.dhz.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.09.

UPRAVLJANJE, KONTROLA, UBLAŽAVANJE, ZAŠTITA I OBRANA OD POPLAVA

Josip Petraš, Danko Biondić, Danko Holjević

SAŽETAK: Govori se o protupoplavnim mjerama s različitih gledišata i ukazuje se na veliku brojnost i raznolikost, kao i na sustavnu učinkovitost tih mjera. Definiraju se suvremeni pojmovi upravljanja, kontrole i ublažavanja poplava, nasuprot tradicionalnim poimanju zaštite i obrane od poplava. Sustavni pregled mogućih protupoplavnih mjera daje se s četiri osnovna gledišta - hidrološkog, vremenskog, građevinskog i financijskog. S hidrološkog gledišta protupoplavne se mjere djele na aktivne i pasivne, tj. na one koje utječu i one koje ne utječu na genezu poplavnih voda. Prema vremenskom gledištu podjela je na preventivne, naknadne i protupoplavne simultane mjere koje se primjenjuju u vrijeme nailaska i događanja poplave. S građevinskog gledišta razlikuju se građevinske i negrađevinske, dok se s financijskog gledišta razlikuju investicijske i neinvesticijske mjere. Naglašava se značaj upravljanja poplavama koje u užem smislu podrazumjeva operativno upravljanje složenim sustavima za kontrolu poplava, dok u širem smislu upravljanje poplavama podrazumjevaju planske i provedbene aktivnosti kako glede sustava za kontrolu poplava, tako i glede reguliranja korištenja poplavnih i štićenih područja. Pri kraju rada navode se strukturalne i nestrukturalne protupoplavne mjere i ukazuje se na značaj nestrukturalnih mjera.

KLJUČNE RIJEČI: Upravljanje poplavama, kontrola poplava, ublažavanje poplava, zaštita i obrana od poplava.

MANAGEMENT, CONTROL, MITIGATION, PROTECTION AND FLOOD DEFENCE

SUMMARY: The paper deals with flood protection measures from various viewpoints and points at their large number, diversity and systematic efficiency. Current management, control and mitigation concepts are defined versus traditional ideas of flood protection and defence. A systematic review of all possible flood protection measures is presented from the viewpoints of hydrology, time, civil engineering and finances. In hydrological terms there are active and passive hydrological measures, i.e. those that affect and those that do not affect the genesis of flood waters. According to the aspect of time there are preventive, consequential and flood protection measures applied at the flood approaching time and the flood occurrence itself. The civil engineering aspect differentiates construction and non construction measures, and in the terms of finances there are investment and non investment measures. The relevance of flood management is emphasised implying operative managing of complex flood protection systems, and in broader terms flood management implies

planning and performance activities encompassing flood control and regulation of using flooding and protected areas. Eventually, the paper features structural and non structural flood protection measures and points at the significance of non-structural measures.

KEYWORDS: Flood management, flood control, flood mitigation, flood-protection, flood-defence

UVOD

Povijesno gledano, prvi problemi u vezi s vodom koje je čovjek bio prisiljen rješavati bili su problemi zaštite od poplava. Stoga se zaštita od poplava u mnogim stručnim tekstovima navodi kao prva organizirana ljudska aktivnost u vezi s vodama, pa se može reći da povijesni razvoj vodnog gospodarstva kakvo danas poznajemo ima svoje korjene u aktivnostima zaštite od poplava. Danas su problemi zaštite od poplava u tehnološki razvijenim zemljama veći nego ikad prije, unatoč opsežnim mjerama zaštite. Razlog je vrlo jednostavan. U zaštićenim područjima s velikom koncentracijom stanovništva nagomilana su enormna materijalna i druga dobra, a apsolutnu zaštitu od poplava nije moguće postići jer uvijek postoji mogućnost da se pojavi veća poplavna voda od one za koju su projektirani i izvedeni objekti ili složeni sustavi zaštite. Osim toga, može doći do prirodne ili čovjekom izazvane havarije na objektima ili dijelovima sustava zaštite, pa da se dogodi poplava sa štetnim posljedicama većim nego ikad. U naslovu ovog rada figurira pet osnovnih pojmova koji se danas učestalo koriste kad se govori o problematici zaštite od poplava. Pri tom široj, a dijelom i stručnoj javnosti nerijetko nije posve jasno značenje tih pojmova. To ima za posljedicu ne razumjevanje stručnih tekstova i govora o protupoplavnoj problematici. Ovaj članak ima za cilj dati sustavni preglad danas poznatih i primjenjivanih vidova protupoplavnih aktivnosti i mjera, s tumačenjem njihovog značaja te njihovog poimanja s različitih strukovnih gledišta.

DEFINICIJE:

Zaštita i obrana od poplava

Prema članu 86. Zakona o vodama (NN 197/95) u Hrvatskoj se pod obranom od poplava podrazumjeva izgradnja i održavanje zaštitnih vodnih građevina, obavljanje zaštitnih radova i provedba mjera obrane od poplava. U stručnim tekstovima međutim, kad je riječ o protupoplavnim aktivnostima, koriste se dva termina: zaštita od poplava i obrana od poplava, s tim da postoji određena razlika u njihovom poimanju. Pod pojmom ***zaštite od poplava*** podrazumijevaju se sve aktivnosti i mjere koje imaju za cilj spriječavanje pojava poplava i ublažavanje štetnih posljedica, a provode se kako prije pojave poplave (*preventivna zaštita u vidu izgradnje zaštitnih objekata*), za vrijeme nailaska poplavnih voda (*obrana od poplava*), tako i nakon poplave (*ublažavanje štetnih posljedica*). ***Obrana od poplava*** ima uže značenje i podrazumjeva one organizirane aktivnosti i mjere zaštite koje se odnose na pripremu i provedbu direktne (*aktivne*) obrane u slučajevima kada prijeti neposredna opasnost od poplave, kao i kada se poplava dogodi. Te aktivnosti i mjere provode službe za obranu od poplava formirane u sustavu javnog poduzeća Hrvatskih voda, samostalno sve do trenutka kada se poplavne vode nalaze u okviru kapaciteta vodozaštinih građevina. U trenutku kada prijeti premašivanje kapaciteta izgrađenih zaštitnih vodnih građevina u sustav obrane se uključuju i druge službe (*vatrogasci, policija, vojska i civilna zaštita*).Članci Zakona o vodama od 87. do 91. reguliraju provedbu *obrane od poplava*.

Kontrola poplava i upravljanje poplavama

Kontrola i upravljanje poplavama su dva termina koja se nerijetko poistovjećuju ili pogrešno koriste, čak i u stručnim tekstovima. Pod pojmom ***upravljanja poplavama*** treba podrazumjevati sve aktivnosti i mjere koje imaju za cilj spriječiti nastanak i kontrolirati širenje poplavnih voda, zaštititi ljude, životinje kao i svekolika dobra od poplava, te ublažavati štetne posljedice. S obzirom na takove ciljeve moglo bi se pomisliti da zaštita od poplava i upravljanje poplavama imaju isto značenje. No razlika postoji. Upravljanje poplavama podrazumjeva puno veći upliv čovjeka na poplavna događanja nego li se to podrazumjeva pod pojmom zaštite od poplava. Riječ je o tome da upravljanje poplavama podrazumjeva svekolike planske i provedbene aktivnosti na izgradnji i pogonu složenih sustava zaštite od poplava koji omogućuju kontrolu kretanja poplavnih voda, a osim toga podrazumjeva i plansko zakonom regulirano korištenje poplavnih područja, sa svrhom maksimalnog ublažavanja mogućih šteta od poplava. Nadalje, ***kontrola poplava*** predstavlja dio upravljanja poplavama i odnosi se na upravljanje složenim sustavima za kontrolu (tj. zaštitu od poplava) koji se sastoje od objekata za sprečavanje širenja poplava (*nasipi*), zatim od objekata za privremeno ili trajno zadržavanje poplavnih voda (*retencije i akumulacije*), te objekata za transport poplavnih voda (*prirodni vodotoci, lateralni, dovodni, odvodni ili oteretni kanali*) i objekata koji omogućuju manipulaciju s poplavnim vodama (*upusne i ispusne ustave, preljevi, propusti za vodu*). Za složene sustave koji omogućuju kontrolu poplava izrađuju se operativni upravljački pravilnici pomoću kojih se žele postići najveći efekti zaštite, odnosno minimizirati štete od poplava. Kao stručna podloga za izradu takovih pravilnika izrađuju se matematičko-simulacijski modeli složenih sustava pomoću kojih se ispituju efekti tih sustava pod pretpostavkama različitih mogućih poplavnih scenarija i različitih upravljačkih odluka. Za provedbu samog operativnog upravljanja sustavima za kontrolu poplava, svaki takav sustav treba biti opremljen informatičkim (pod)sustavom koji omogućuje stalni uvid u stanje velikih voda u sustavu (*monitoring*), kao i prijenos upravljačkih odluka na daljinu u svrhu njihove provedbe. Pojam *upravljanja poplavama* obuhvatniji je od pojma *kontrole poplava* utoliko što upravljanje poplavama podrazumjeva ne samo upravljanje sustavom za kontrolu poplava, nego i različite druge mjere koje se odnose na zaštićeno područje, a imaju za cilj ublažavanje štetnih posljedica od poplava u slučaju da se one dogode. Tu je riječ o organiziranju *službe obrane od poplava*, ali i o legislativi sa kojom se propisuju načini korištenja poplavnih područja (*npr. građevinska regulativa za poplavna područja*). Osim toga, pojam upravljanja poplavama podrazumjeva i upravljanje sustavom za kontrolu poplava u smislu njegove izgradnje ili dogradnje. Naime, prilikom planiranja i projektiranja izgradnje ili dogradnje sustava za kontrolu poplava njegova se konfiguracija (*konstitutivna struktura*) planira i projektira tako da bi njegova efikasnost bila što veća. U tu se svrhu izrađuju matematički modeli različitih konfiguracijskih varijanti sustava, te se pomoću takovih modela postupkom testiranja efikasnosti provodi rangiranje varijanti i iznalazi najbolje rješenje. Sa gledišta teorije vodnogospodarskih sustava takav način određivanja konfiguracije složenih sustava za kontrolu poplava spada u kategoriju iznalaženja najboljih protupoplavnih upravljačkih odluka, pa se kaže da se s tim sustavima upravlja već u fazi planiranja i projektiranja njihove izgradnje ili dogradnje.

Ublažavanje poplava

Mjere ublažavanja poplava odnose se na manipulaciju poplavnim vodama u okviru operativnog upravljanja s složenim sustavima za kontrolu poplava, zatim na manipulaciju s poplavnim vodama namjernim rušenjem nasipa za obranu od poplava na mjestima s

kojih će se poplava usmjeriti u područja gdje će izazvati najmanju štetu, a tu spadaju i mjere koje se odnose na načine korištenja i organiziranja života u poplavnim područjima. Takove se mjere određuju zakonskim propisima i akceptiraju u prostornim planovima korištenja poplavnih područja (*npr. građevinska regulativa koja se odnosi na poplavna područja).* Humanitarne mjere pomoći poplavljenima spadaju također u kategoriju ublažavanja posljedica od poplava .

Sustavni pregled protupoplavnih mjera

Aktivnosti i mjere zaštite, kontrole, ublažavanja i upravljanja poplavama mogu se sustavno razvrstavati s različitih gledišta, odnosno prema raznim kriterijima. Ovdje se razvrstavanje vrši s obzirom na četiri osnovna gledišta, kako je to prikazano u tablicama 1. do 4.

Tablica 1.: Pregled protupoplavnih mjera prema utjecaju na genezu i režim poplavnih voda - ***hidrološko gledište***

AKTIVNI MJERE **utječu na genezu poplava - smanjuju poplavne vode**	**PASIVNE MJERE** **ne utječu na genezu poplava - ne smanjuju poplavne vode**
- Uređenje slivova: - protuerozijski tehnički zahvati na slivu (razni načini terasiranja zemljišta) - biološki zahvati na slivu (sadnja trajne vegetacije, pošumljavanje, zatravljivanje, voćnjaci) - izvedba retardacijskih objekata na slivu (retardacijski kanali, konturni nasipi, konturni zidovi). - Izgradnja pojedinačnih retencija i akumulacija s rezerviranim retencijskim prostorom i objektima koji omogućuju utjecaj na količinu zadržane vode. - Izgradnja složenih sustava za kontrolu poplava koji omogućuju manipulaciju poplavnim vodama, te operativno upravljanje s tim sustavima.	- Izgradnja pojedinačnih nasipa za zaštitu od poplava ***(bez tvorbe sustava za kontrolu poplava)*** - Izgradnja nasipa koji tvore linijski sustav zaštite od poplava, pri čemu se ne ostvaruje znatnije spljoštenje vodnog vala niti je moguća manipulacija poplavnom vodom. - Izvedba korita za veliku vodu - ***(bez tvorbe sustava za kontrolu poplava).*** - Izvedba korita za veliku vodu u sklopu linijskih sustava koji ne omogućuju manipulaciju poplavnim vodama - Obavljanje neposredne obrane od poplave u aktuelnom vremenu kad prijeti ili nastupa poplava. Organizirane aktivnosti na fizičkom zaprečavanju širenja poplave na urbana i druga vrijedna područja izvedbom privremenih zapreka ili manjih nasipa, evakuacija stanovništva i uklanjanje materijalnih i duhovnih dobara iz poplavnog područja neposredno prije i za vrijeme poplave po unaprijed utvrđenom planu propisano Zakonom o vodama. (S***lužbe obrane od poplave koje provode ove mjere u svojoj terminologiji*** razlikuju pripremne mjere i aktivne mjere kada poplava nastupa. No te obrambene aktivne mjere ne utječu na genezu poplavnih voda pa prema hidrološkom kriteriju spadaju u pasivne mjere zaštite.) - Negrađevinske mjere zaštite i ublažavanja šteta od poplava koje se određuju zakonskim propisima i prostornim planovima korištenja poplavnih područja ***(npr. građevinska regulativa za poplavna područja***) - Humanitarne mjere solidarnosti za ublažavanje šteta od poplava

Tablica 2.: Pregled protupoplavnih mjera prema vremenu (ne)podudaranja s pojavom poplave - ***vremensko (planersko) gledište***

PREVENTIVNE MJERE	MJERE ZA VRIJEME POJAVE VELIKIH VODA	NAKNADNE MJERE
- Planiranje i izgradnja svih vrsta pojedinačnih objekata za zaštitu od poplava ili složenih sustava za kontrolu poplava. - Organiziranje službe za neposrednu obranu od poplave i izrada operativnih planova za provedbu te obrane prilikom pojave poplavnih voda. - Planiranje i izvedba (pod)sustava monitoringa i najave poplavnih valova i (pod)sustava za uzbunjivanje stanovništva. - Planiranje i izvedba (pod)sustava za upravljanje s fizičkim sustavom za kontrolu poplava (***takav podsustav*** sastoji se od podsustava monitoringa velikih voda i ***podsustava za prijenos i provedbu upravljačkih odluka***). - Izrada matematičko-simulacijskih modela za testiranje mogućih upravljačkih odluka i izrada planova za operativno upravljanje s fizičkim sustavom za kontrolu poplava. - Donošenje i provedba zakonskih odredbi i podzakonskih akata s ciljem definiranja načina korištenja i organiziranja života u poplavnom području, a u svrhu smanjenja mogućih šteta od poplava ***(npr. posebna građevinska regulativa za poplavno*** područje).	- Aktiviranje (pod)sustava najave poplavnih valova i obavještavanje stanovništva o nastupu i provedbi redovne i izvanredne obrane - Provedba neposredne redovne i izvanredne obrane od poplave od strane prethodno organizirane službe prema prethodno izrađenim planovima obrane, uključivanje vatrogasaca, vojske, policije i stanovništva putem civilne zaštite. - Operativno upravljanje sa fizičkim sustavom za kontrolu poplava korištenjem upravljačkog (pod)sustava i prethodno i izrađenih planova, odnosno pravilnika za operativno upravljanje sustavom.	- Mjere za ublažavanje posljedica od poplave nakon što se poplava povuče ***(npr. crpljenje*** vode iz podruma zgrada, saniranje oštećenih dobara i slično). - Humanitarne mjere solidarnosti za ublažavanje posljedica od poplava.

STRUKTURALNE I NESTRUKTURALNE MJERE ZAŠTITE OD POPLAVA

Osim pet osnovnih pojmova koji su navedeni u naslovu ovog rada, u stručnoj se literaturi koriste i termini strukturalne i nestrukturalne mjere zaštite od poplava. Prema prikazanom u tablicama, aktivnosti upravljanja s poplavama mogu se promatrati sa više gledišta (*hidrološko, vremensko, građevinsko i financijsko gledište*). U svezi toga otežano je definiranje pojma (ne)strukturalnih protupoplavnih mjera. Podjela prema građevinskom gledištu (tab. 3) možda najviše olakšava definiranje tog pojma. Uostalom iz osnovnog značenja termina (ne)strukturalan proizlazi da se tu radi o (ne)građevinskim aktivnostima. No kad se vrši podjela protupoplavnih mjera na građevinske i negrađevinske, tada se u negrađevinske svrstavaju izrade planova i organiziranje službi za obranu od poplava, zatim provedba neposredne obrane, operativno upravljanje sa složenim sustavima za kontrolu poplava, biološki zahvati na slivu, kao i naknadne fizičke mjere za ublažavanja posljedica od poplava, te humanitarne mjere solidarnosti u snošenju tih posljedica.

Tablica 3.: Pregled građevinskih i negrađevinskih protupoplavnih mjera - ***građevinsko gledište***

GRAĐEVINSKE MJERE	NEGRAĐEVINSKE MJERE
- Izgradnja pojedinačnih nasipa za obranu od poplava ***(bez tvorbe sustava za zaštitu od*** poplava). - Izgradnja nasipa koji tvore linijski sustav zaštite od poplava pri čemu se ne ostvaruje značajnije spljoštenje vodnog vala niti je moguća manipulacija poplavnom vodom, osim u slučaju namjernog rušenja nasipa. - Izgradnja pojedinačnih korita za veliku vodu (***bez tvorbe sustava)*** - Izgradnja korita za veliku vodu u sklopu linijskih sustva zaštite od poplava, koji ne omogućuju manipulaciju poplavnom vodom. - Izgradnja retencija i akumulacija s retencijskim prostorom. - Izgradnja složenih sustava za kontrolu poplava koji omogućuju manipulaciju s poplavnim vodama. - Protuerozijski tehnički zahvati na slivu - ***razni načini terasiranja*** zemljišta. - Izvedba retardacijskih objekata na slivu kao npr. retardacijskih kanala, konturnih nasipa, konturnih zidova i drugih objekata ili zahvata koji imaju za cilj usporiti površinsko otjecanje sa sliva.	- Izvršenje neposredne obrane od poplave u vrijeme kad poplava nastupa, te planiranje i organiziranje službe za provedbu obrane. - Planiranje i izvedba (pod)sustava monitoringa i najave poplavnih valova i (pod)sustava za uzbunjivanje stanovništva, te njihovo korištenje. - Planiranje i izvedba upravljačkog (pod)sustava za operativno upravljanje s fizičkim sustavom za kontrolu poplava. - Operativno upravljanje sa složenim sustavima za kontrolu poplava, te izrada planova i pravilnika za operativno upravljanje s takovim sustavima - Biološki zahvati na slivu - ***sadnja trajne vegetacije, pošumljavanje,*** zatravljivanje, voćnjaci. - Negrađevinske mjere zaštite koje se provode u svrhu smanjivanja mogućih šteta od poplava. Određuju se zakonskim propisima i podzakonskim aktima. Definiraju načine korištenja i organiziranja života u poplavnom području***. Npr. posebna građevinska regulativa*** koja se odnosi na poplavno područje. - Zakonski i drugi propisi s kojima se propisuju posebni vidovi zaštite postojećih visokovrijednih materijalnih i drugih dobara u poplavnom području. ***Npr. zabrana držanja u podrumima visokovrijedne elektroničke*** i druge opreme, vrijednih knjiga, ***umjetničkih djela i drugo.*** - Izrada i donošenje prostornih planova korištenja i razvoja poplavnog područja tako da bi moguće štete od poplava bile što manje. - Zoniranje poplavnog područja s iskazom nepokrivenih rizika od poplave. ***Kartografski prikazi poplavnih zona koriste se kao podloge pri izradi*** prostornih planova korištenja i razvoja poplavnog područja i kao podloge za donošenje zakonskih i podzakonskih propisa u svezi smanjivanja mogućih šteta od poplava, a služe i osiguravajućim društvima pri određivanju cijene police osiguranja od poplavnog rizika. - Propisi i poticaji u svezi plaćanja police osiguranja od nepokrivenih poplavnih rizika. - Mjere za ublažavanje posljedica od poplave nakon što se poplava povuče ***(npr. ispumpavanje vode iz podruma, sanacija zgrada i dr.).*** - Humanitarne mjere solidarnosti za ublažavanje posljedica od poplava.

Međutim, sve to što je nabrojeno nije u užem smislu ono što se u stručnoj literaturi i praksi podrazumijeva pod pojmom nestrukturalnih mjera protiv poplave. U užem smislu pod tim se pojmom podrazumijevaju negrađevinske mjere zaštite i smanjivanja mogućih šteta od poplava, koje se određuju zakonskim propisima i akceptiraju pri izradi prostornih planova korištenja poplavnih područja. Tu spadaju zakonski i drugi propisi koji se donose s ciljem smanjivanja mogućih (*potencijalnih*) šteta od poplava. Uglavnom se radi o propisivanju načina korištenja i zaštite postojećih materijalnih i drugih

dobara u poplavnom području, a zatim se radi i o planiranju razvoja i korištenja poplavnog područja tako da bi potencijalne štete od poplava bile što manje. To se postiže zoniranjem terena i iskazivanjem nepokrivenog poplavnog rizika, te nastavno utvrđivanjem odgovarajuće namjene prostora i donošenjem prostornih planova koji uvažavaju poplavne zone, tj. planiraju različite načine korištenja poplavnog područja po poplavnim zonama. S tim u vezi donosi se i specifična zakonska regulativa s kojom se determiniraju različiti građevinski uvjeti po poplavnim zonama, kao i postupanje s naročito vrijednim kulturnim, duhovnim i materijalnim dobrima (*npr. zabrana držanja svih vrsta vrijednota u podrumima i drugo.*).

Prethodno nabrojene mjere izrade planova i organiziranja službi za obranu od poplava, zatim provedba neposredne obrane i operativno upravljanje sa složenim sustavima za kontrolu poplava jesu negrađevinske aktivnosti, ali su to aktivnosti koje čine strukturu tradicionalnih protupoplavnih aktivnosti pa ih se smatra strukturalnim mjerama. Nadalje, biološki zahvati na slivu kao što je sadnja trajne vegetacije, (*pošumljavanje, zatravljivanje, voćnjaci*) su nestrukturalne mjere jer tradicionalno ne spadaju u zahvate čija je primarna zadaća zaštita od poplave. Učinak takovih zahvata na smanjenje poplava (posebice bujičnih) je poznat i lako ga je dokazati, ali ga je uglavnom teško kvantificirati. Takovi se zahvati primarno izvode u svrhu zaštite tla od erozije, a uz njihov protupoplavni učinak imaju još i neke druge korisne efekte (*npr. općekorisni efekti šuma i drugo*.).

Tablica 4.: Pregled protupoplavnih mjera prema potrebi financijskih sredstava - ***financijsko gledište***

INVESTICIJSKI ZAHVATI	**NEINVESTICIJSKE MJERE**
- Sve građevinske mjere navedene u Tab. 3. - Biološki zahvati na slivu: sadnja trajne vegetacije, voćnjaci, pošumljavanje, zatravljivanje, i drugo. - Planiranje i izvedba (pod)sustava monitoringa i najave poplavnih valova i (pod)sustava za uzbunjivanje. - Planiranje i izvedba upravljačkog (pod)sustava za upravljanje fizičkim sustavom za kontrolu poplava	- Izrada operativnih planova za neposrednu obranu od poplave i organiziranje službe za izvršenje tih planova. - Izvršenje neposredne obrane od poplave i operativno upravljanje sa složenim sustavima za kontrolu poplava. - Izrada matematičko-simulacijskih modela za testiranje mogućih upravljačkih odluka i izrada planova za operativno upravljanje s fizičkim sustavom za kontrolu poplava. - Operativni pogon (pod)sustava monitoringa i najave poplavnih valova. - Operativni pogon upravljačkog (pod)sustava za upravljanje s fizičkim sustavom za kontrolu poplava. - Aktiviranje (pod)sustava za obavještavanje i uzbunjivanje stanovništva. - Negrađevinske mjere zaštite i ublažavanja šteta od poplava koje se određuju zakonskim propisima i prostornim planovima korištenja poplavnih područja ***(npr. građevinska regulativa za poplavna područja***). - Mjere za ublažavanje posljedica od poplave nakon što se poplava povuče ***(npr. crpljenje vode iz podruma zgrada, saniranje oštećenih dobara i slično).*** - Humanitarne mjere solidarnosti za ublažavanje štetnih posljedica od poplava. - Plaćanje police osiguranja za nepokriveni rizik od poplave.

UMJESTO ZAKLJUČKA

Mnogobrojni su oblici mogućih utjecaja na genezu poplavnih voda i sprječavanje širenja poplava, a znatan je i broj različitih mjera za ublažavanje poplavnih šteta. Najbolja zaštita od poplava, ili bolje rečeno najveći efekti protuplavnih aktivnosti postižu se za konkretna

poplavna područja izborom najbolje kombinacije preventivnih, simultanih i naknadnih mjera zaštite. Za izbor najbolje kombinacije tih mjera potreban je sveobuhvatan analitičko-optimalizacijski pristup, koji u konačnici dovodi do izgradnje i korištenja složenih protupoplavnih sustava, kao i do determiniranja najboljih nestrukturalnih mjera zaštite u poplavnim područjima. U tom smislu planiranje razvoja društvenih zajednica u poplavnim područjima trebalo bi zakonski regulirati, na način da se pri izradi prostornih planova razvoja obavezno mora uvažiti činjenica da se radi o poplavnom području, te posljedično tome razrađivati planove po poplavnim zonama. U Hrvatskoj ne postoje zakonske odredbe koje bi propisivale takovu obvezu.

LITERATURA:

1. van Duivendijk, J. (2005): Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management. International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi, Indija.
2. Petraš, J. (1986): Određivanje optimalnog stupnja zaštite od poplave. Građevinar, vol. 38/5, 1986., str. 199 - 206.
3. Petraš, J., Tropan, Lj., Trninić, D. (1992): Primjena automatizacije u upravljanju vodoprivrednim sistemima. Zbornik radova 37. međunarodni godišnji skup KOREMA; Zagreb, Croatia, 1992. str. 165. - 170.
4. Petraš, J. (1995): Rizik od štetnog djelovanja voda kao ekonomska kategorija. 1. Hrvatska konferencija o vodama. Dubrovnik, 1995., Zbornik radova - knjiga 1., str. 165-177.
5. Petraš, J., Marušić, J., Miholić, T. (1996): Development of flood control system in the Sava river basin in Croatia. IWRA 1st International Conference on new/emergining concepts for rivers. Rivertech '96. Chicago, September 22-26 1996, Proceedings, vol. 2, p. 673 - 680.
6. Petraš, J., Holjević, D., Plišić, I. (1998): Flood problems and use of non-structural flood control measures in Croatia. International Workshop on Non-Structural Flood Control in Urban Areas. 20-22 April 1998., Sao Paulo, Brazil, Book of Abstracts, p. 33., artical on CD.
7. Holjevic, D., Petras, J., Sopta, L., Plisic I. (2000): Solving the Flood Control Problem of the City of Rijeka by Using Mathematical Flood Modelling. Xth World Water Congress. Melbourne. 12-16 March 2000, Book of Abstracts. Abstract: No 0048.
8. Biondić, D. Barbalić, D. Petraš, J. (2002): Envelope Curves of Maximum Specific Discharges in the Danube Catchment Area in Croatia. XXI Conference of the Danubian Countries on the Hydrological forecasting and Hydrological Bases of Water Management; 2-6 September 2002, Bucharest, Romania. Proceedings p.

AUTORI:

Prof.dr.sc. Josip Petraš,
Građevinski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb,
tel: 01 46 39 613, fax: 01 46 39 238; mail: jpetras@grad.hr

Dr.sc. Danko Biondić,
Hrvatske vode, ul. grada Vukovara 220, Zagreb,
tel: 01 63 07 323, fax: 01 63 07 686; mail: dbiondic@voda.hr

Msc. Danko Holjević,
Hrvatske vode, ul. grada Vukovara 220, Zagreb,
tel: 01 63 07 403, fax: 01 61 55 910; mail: dholjev@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.10.

HIDROLOŠKA ANALIZA POPLAVA NA DUNAVU 2006.GODINE

Lidija Tadić, Marija Šperac, Zdenko Tadić, Davor Haničar

SAŽETAK: Dužina toka rijeke Dunav u Hrvatskoj je vrlo mala, oko 138 km, i zajedno s hrvatskim dijelom dravskog sliva čini 1,1% ukupnog sliva Dunava. Međutim cijelim tokom je međudržavna rijeka, protječe uz područje velike gustoće naseljenosti, ali i ekološki vrlo osjetljivo područje - Parka prirode Kopački rit. Sve to čini problem obrane od poplava na Dunavu još složenijim i osjetljivijim. Za razliku od poplave u kolovozu 2002. godine kada su je uzrokovale obilne oborine, poplavu 2006. godine uzrokovalo je dominantno topljenje snijega.Ovaj rad se bavi hidrološkom analizom poplave u travnju 2006. godine kada je u Vukovaru zabilježen drugi maksimalni vodostaj otkada postoje opažanja na Dunavu, + 720 cm, a na uzvodnoj postaji Batina, + 750 cm. Za procjenu ugroženosti Baranje analizirana su dva moguća scenarija. Prvi, koji bi se ostvario da je vodostaj dalje rastao do razine maksimalno zabilježenog (+776 cm) i drugi koji daje ugroženost područja u slučaju da je došlo do popuštanja nasipa pri vodostaju zabilježenom 10. travnja 2006. kada je Dunav kod Batine dosegao vodostaj od 750 cm. U tom slučaju gotovo trećina površine Baranje bila bi poplavljen, a deseci naselja ugroženo. Nakon poplavne epizode u kolovozu 2002. godine poduzete su tehničke mjere poboljšanja sustava obrane od poplava - nadvišenje nasipa, međutim pokazalo se da provođenje samo tehničkih mjera nije dovoljno. Potrebno je više pozornosti posvetiti netehničkim mjerama - prognozama propagacije vodnog vala, ažuriranju planova obrane od poplava, ispitivanju mogućnosti retencije vode unutar sliva, analizama rizika od poplava i uvođenju rizičnih područja u prostorne planove. U radu se zaključno daju preporuke za daljnje aktivnosti na razvoju sustava za obranu od poplava na Dunavu, utemeljene na iskustvima posljednjih dviju poplava.

KLJUČNE RIJEČI: poplava, scenariji, tehničke mjere obrane od poplava, netehničke mjere obrane od poplava

HYDROLOGICAL ANALYSIS OF FLOOD ON THE DANUBE RIVER IN 2006

SUMMARY: Length of the Danube in Croatia is rather small, about 138 km and together with Drava river basin makes only 1,1% of total Danube river basin. Besides it is border river along the whole watercourse with highly populated surrounding area including very sensitive area of Nature Park Kopački rit. All these facts make flood protection measures more complex. Comparing to flood in August 2002, which was caused by high precipitation, flood in April 2006 was dominantly caused by snow melt. This paper deals

with hydrological analysis of flood in April 2006 when was on the Vukovar hydrological station recorded secondary maximum on Danube since the beginning of organized measurements, 720 cm. On the upstream station was recorded 750 cm. In order to define the level of danger in Baranja area, two scenarios have been analysed. The first one, for the continuation of Danube water level to the primary maximum ever recorded (+776), and the second one which considers dyke failure when the water level was 750 cm on the April 10, and recognition of endangered area. In the second case almost one third of Baranja would be under water and dozen of villages in danger. After the flood episode in 2002, technical solutions were undertaken in order to improve flood protection, first of all, increasing of dyke height. Meanwhile, it was not enough safe flood protection system. It is necessary to improve non-technical approach - prognosis of water wave propagation, renewal of flood protection plans, flood risk analysis and incorporation of flooding zones in the physical planning documents. Finally, paper included suggestions for the further activities on the development of flood protection system on Danube river, based upon experiences in last two dangerous floods.

KEYWORDS: flood, scenarios, technical flood protection measurements, non-technical flood protection measurements

1.UVOD

Sliv rijeke Dunav je najinternacionalniji riječni sliv na svijetu. Od ukupne dužine toka rijeke Dunav koja iznosi 2857 km , kroz Republiku Hrvatsku prolazi 183 km, od 1433+060 do 1295+510 rkm. Cijelim svojim tokom kroz Republiku Hrvatsku Dunav je međudržavna rijeka koja protječe uz područje velike gustoće naseljenosti i ekološki osjetljivo područje Parka prirode Kopački rit.

Na život uz rijeke snažno utječu i prirodni fenomeni kao što su poplave. Poplave su prirodni dio životnog ciklusa rijeke i njezinih pritoka, no isto se tako mogu pretvoritit u katastrofe velikih razmjera. To se naročito odnosi na rijeke odsječene od svojih prirodnih poplavnih nizina ili kanalizirane kroz urbanizirane sredine, ili na mjesta gdje su na područjima prirodno izloženim poplavama izgrađene kuće i industrijska postrojenja.

Najčešći uzroci poplave na ovom području sliva Dunava su obilne oborine i u manjoj mjere topljenje snijega. Obrana od poplava, regulacije vodotoka i melioracijski zahvati na vodnom području Drave i Dunava imaju dugu i bogatu tradiciju zahvaljujući činjenici da borba čovjeka na ovim prostorima traje stoljećima kako bi se plodna nizinska područja zaštitila od velikih voda Mure, Drave i Dunava, te brdskih voda Krndije i Papuka. Izgradnja prvih dravskih nasipa na ušću Drave u Dunav započeta je 1720. godine, kada je grof Veterni dao rabotom, tj. kulukom izgraditi nasip dužine 6.7 km na suprotnoj obali Drave**.** 1790. godine započinje i izgradnja Dravskog nasipa u Baranji**.** Beljsko vlastelinstvo započelo je početkom 18 st. sa iskopima kanala i izgradnju nasipa, kao i drugim radovima na odvodnji i izgradnji nasipa. Svojim radovima izdvaja se nadvojvodkinja Habzburg, kćerka Marija Terezije. Godine 1854. izgrađen je nasip pod nazivom “Albertov nasip” od Monjoroša do Asovanyona i Bokroshatona**,** a zatim 1863. godine nastavljen do Vajsfoka i 1872. godine dovršen do Kopačeva. Ovaj nasip bio je okosnica obrane od poplave a i današnji nasip Zmajevac - Kopačevo postavljen je uglavnom tom trasom čime je osigurana Baranja od visokih voda Dunava. Nakon velikih poplava 1965. i kasnije 1975.godine započinje se s prvim intenzivnim, sustavnim i planskim radovima na izgradnji i dogradnji sustava za zaštitu od poplava na ovom području [2]..

Danas na Dunavu u Republici Hrvatskoj sustav obrane od poplava čine obrambeni nasipi u

dužini od 131 km koji štite pripadajuća područja od velikih voda 100 godišnjeg povratnog razdoblja uz nadvišenje od 0,5 do 1,2 m i na taj način onemogućavaju plavljenje većeg dijela vodnog područja. Sastavni dio sustava obrane od poplava je i 6 akumulacija i 16 retencija na vodnom području Drave i Dunava.

2. ANALIZA POPLAVA NA DUNAVU 2006. GODINE

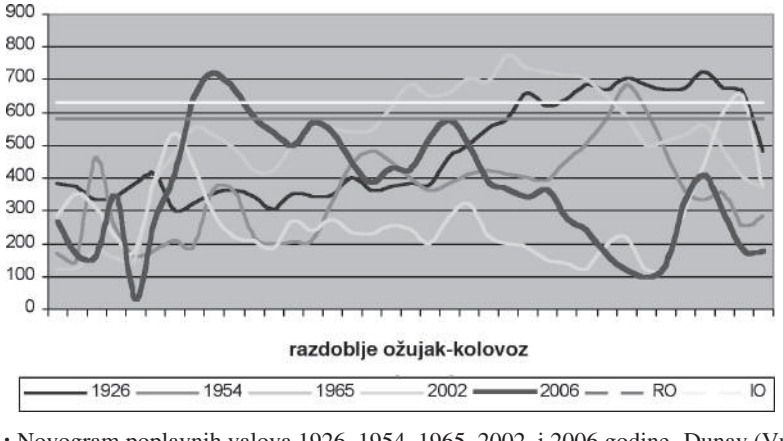
Glavne karakteristike Dunava na području Republike Hrvatske su: veliki protoci, mali kapacitet akumuliranja vode - najveću mogućnost akumuliranja vode ima područje Parka prirode Kopački rit, stalno smanjenje inundacija. Hidrološke karakteristike Dunava prikazane su u tablici 1,[3].

Tablica 1.: Hidrološke karakteristike Dunava u Hrvatskoj

Vodotok	**Stanica**	**F**	**"0"**	**Riječni km**	
		(km²)	**(m.n.m.)**	**(r km)**	
DUNAV	Batina	210250	80,45	1424,84	
	Vukovar	253147	76,19	1333,45	
DUNAV					PROTOK(m^3/s)VODOSTAJ (cm)
					Q_{max} Q_{sr} Q_{min} H_{max} H_{sr} H_{min}
Batina					8360 \2303 \790 \776 \228 \-58
Vukovar					769 \242 \-110

Pojavnost poplava je stohastička veličina. U posljednjih stotinu godina zabilježeno je petnaestak poplava različitih razmjera. Najveće su bile 1924, 1926, 1940, 1954, 1965, 1975, 2002. i 2006. godine.

Na slici 1. prikazani su nivogrami poplavnih valova 1926, 1954, 1965, 2002. i 2006. godine na zabilježenih na Dunavu kod Vukovara. Na slici se uočavaju karakteristike pojedinih poplavnih valova, odnosno netipičnost poplave 2006. godine.



Slika 1.: Novogram poplavnih valova 1926, 1954, 1965, 2002. i 2006.godine -Dunav (Vukovar)

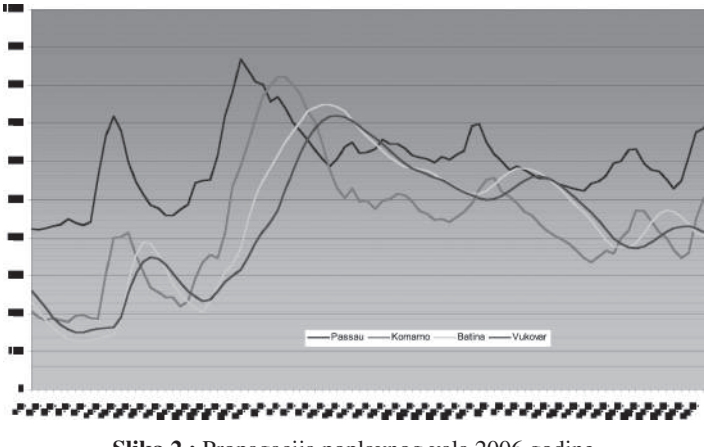
Poplava najvećih razmjera bila je 1965. godine kada je i zabilježen maksimalni vodostaj u Vukovaru otkako postoje mjerenja. Trajala je više od 50 dana što je uzrokovalo popuštanje nasipa na pojedinim dionicama (Baranja), i izazvalo velike materijalne štete. Po dužini trajanja poplavnog vala slična je bila je i poplava 1926.godine. Razvoj vodnog vala i njegovo trajanje kod poplava 1954. i 2002. godine bilo je vrlo kratko, desetak dana, te je time i potencijalan ugroženost zaobalnog područja bila manja, [4]..

Ove poplave dogodile su se u ljetnim mjesecima i njihov uzrok su intenzivne oborine, dok se 2006. godine poplava dogodila u mjesecu travnju, a na uzvodnom dijelu sliva započela je već krajem ožujka. Uzrokovao ju je nagli porast temperature zraka i topljenje snijega. Prema podacima objavljenim u Mađarskoj, u razdoblju od 20.ožujka do 3.travnja na sliv je doteklo $9x10^9m^3$ vode nastale otapanjem snijega. U Vukovaru je zabilježen drugi maksimalni vodostaj otkada postoje opažanja na Dunavu + 720cm, a na uzvodnoj postaji Batina +750cm.

Retardacija poplavnog vala trajala je gotovo do kraja kolovoza s još dva manja porasta na razini vodostaja pri kojem se proglašavaju redovite mjere od poplave.

Pri usporedbi ovih poplava koje su se dogodile u razdoblju od 80 godina treba imati na umu i promjene koje su se u međuvremenu dogodile na slivu Dunava. Gotovo 80% dužine toka Dunava danas je regulirano. Procjenjuje se da na slivu Dunava živi oko 81 milijun stanovnika, u gornjem toku, od izvora do Gabčikova izgrađeno je 59 hidroelektrana, a nizvodno od Bratislave još tri, smanjeni su inundacijski pojasi, trajanje i frekvencija poplavnih valova su se promijenili. Područje Parka prirode Kopački rit jedna je od rijetkih još preostalih prirodnih retencija.

Propagacija vodnog vala 2006. godine, kao i njegovo spljoštenje prikazano je na slici 2. za 4 karakteristična profila: Passau (rkm 2223+00), Komarno (rkm 1770+00), Batina (rkm 1424+85) i Vukovar (rkm 1333+45). Propagacija poplavnog vala od Passaua do Vukovara trajala je 14 dana, a udaljenost tih krajnjih profil je oko 890 km, [3].



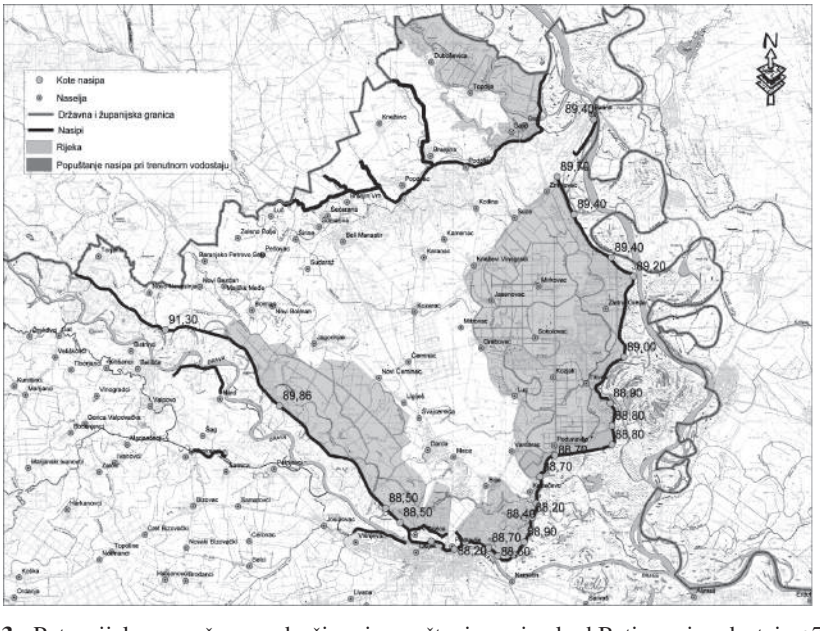
Slika 2.: Propagacija poplavnog vala 2006.godine

Poplava Dunava u travnju 2006. su u Europi prouzročile velike štete. U Rumunjskoj je evakuirano 8000 ljudi, a preplavljeno je 300 000ha; u Mađarskoj je preplavljeno 138 000 ha, 4 500 kuća i objekata je bilo pod vodom, a 800 km nasipa ugroženo; u Srbiji je 220 000 ha, te 3000 kuća i objekata bilo poplavljeno.

U Hrvatskoj Dunav je plavio samo nebranjene površine - oko 300 objekata nebranjenog područja, a to su vikendaško naselje Zeleni otok kod Batine, vikend naselja na ušću Drave u Dunav, te dijelovi Aljmaša izvan izgrađenog sustava obrane od poplave. Nailaskom velikog vodnog vala u Dunavu, vodostaj Drave se također značajno podigao, te su na osječkom području uvedene mjere obrane od poplave [5].

3. PROCJENA UGROŽENOSTI OD POPLAVE BARANJE U TRAVNJU 2006.GODINE

Za potrebe obrane od poplave u travnju 2006. godine, za područje Baranje, koje je bilo u vrlo viskom stupnju ugroženosti analizirana su 2 moguća scenarija. Prvim se analizirala mogućnost daljeg rasta vodostaja do visine maksimalno zabilježenog vodostaja 88,40 m.n.m, na postaji Batina (rkm 1424,85) . Drugi scenarij je dao veličinu područja koje bi se poplavilo da je došlo do popuštanja dunavskog nasipa pri vodostaju koji je bio zabilježen 10. travnja, a iznosio je +750 cm. Na slici 3. je prikazano područje koje bi u tom drugom slučaju bilo poplavljeno,[7].



Slika 3.: Potencijalno ugroženo područje pri popuštanju nasipa kod Batine pri vodostaju +750 cm

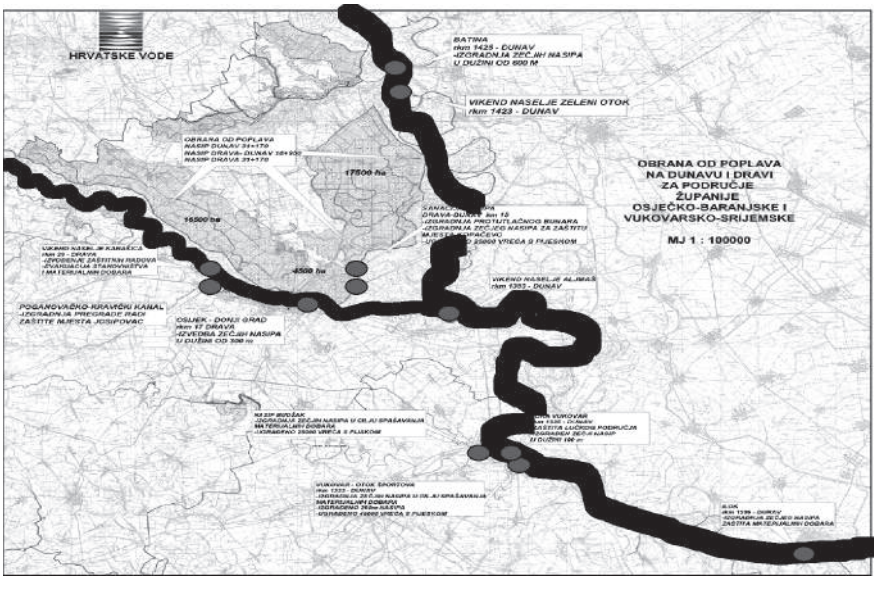
Posljedice takovog događaja bile bi katastrofalne. Gotovo trećina područja Baranje bila bi potopljena, deseci naselja ugroženi vodom i gotovo 7000 stanovnika u opasnosti. Poplavljeno bi bila i dravsko lijevo zaobalje. Srećom, niti jedan od scenarija se nije realizirao.

4. SUSTAV OBRANE OD POPLAVA

Postojeći sustav obrane od poplava pokazao je svoju učinkovitost i operativnu funkcionalnost. Dosadašnje tehničke mjere koje su se provele: nadvišenje dunavskog

nasipa nakon poplave 1965. godine, sanacije krune i pokosa nasipa nakon Domovinskog rata pokazale su svoju ekonomsku i socijalnu opravdanost kao i tehničku kvalitetu. Na dunavskom nasipu pojavili su se problemi na pojedinim mikrolokacijama, a odnose se na opasnost od proboja nanosa, te su se radili interventni protutlačni bunari. Takve kritične točke su sanirane.

Na slici 4. prikazane su lokacije na području Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije ključne za obranu od poplave ovih dviju županija, kao i mjere na koje se na tim lokacijama provode. Operativna provedba obrane od poplava provedena je sukladno Državnom planu obrane od poplava,[9].



Slika 4.: Sustav obrane od poplave na Dravi i Dunavu na području Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije.

Provedbi netehničkih mjera, kao što su organizacija sustava, ažuriranje planova obrane od poplava, prognoze propagacije poplavnog vala, hidrološko analiziranje dosadašnjih poplava sa ispitivanjem retencijskih sposobnosti sliva, analiza rizičnih područja i njihovo unošenje u prostorne planove djelomično je izvršena i postoji još dosta mogućnosti djelovanja na prevenciji poplava [6]. Prevencijske mjere potrebno je provoditi se na razini cijelih slivova uz sagledavanje uzajamnih interakcija učinaka svih pojedinačnih mjera, [1].

5. ZAKLJUČAK

U Hrvatskoj danas poplave potencijalno ugrpžavaju oko 15% kopnenog teritorija, od čega je veći dio zaštićen. Sustav obrane od poplave u Hrvatskoj je u potpunosti dovršen 60 posto, 35 posto je djelomično sagrađen, a oko 5 posto je zbog neizgrađenosti sustava izloženo poplavama [8]. Iako su financijska ulaganja u sustav obrane od poplave velika, znatno veća je ukupna štetea koju poplava prouzroči. Opravdanost ulaganja u sustave obrane od poplave potvrđena je u kolovozu 2002. godine i u travnju 2006. godine. U većini europskih zemalja ove poplave su prouzročile katastrofalne posljedice dok su

na našim prostorima one izbjegnute zahvaljujući postojećem sustavu hidrotehničkih građevina, te pravodobnim poduzimanjem mjera obrane od poplava i stručnim pristupom u okviru pravilnog gospodarenja vodama. Između Republike Hrvatske i susjednih država Mađarske i Slovenije ostvarena je međunarodna suradnja u području vodnog gospodarstva i obrane od poplava na vodnom području sliva Drave i Dunava. Na rijeci Dravi je ukupno 224,155 km dravskih nasipa s pripadajućim hidrotehničkim građevinama od zajedničkog interesa za susjedne zemlje, a na Dunavu sustav obrane od poplava od zajedničkog hrvatsko-mađarskog interesa čini desnoobalni nasip dužine 241 km.

Za daljnje unaprjeđenje sustava potrebno je dovršiti sustav daljinske dojave vodostaja u realnom vremenu; razviti hidrauličke, hidrološke i hidrometeorološke prognostičke modele s ciljem predviđanja poplavnih događaja; aktualizirati planove obrane od poplava sukladno zahtjevima Okvirne direktive o vodama Europske unije izraditi plansku vodnogospodarsku dokumentaciju; povećati javnu svijest o trajnom riziku od pojave poplava.

6. LITERATURA

1. Biondić, D. (2003): Održiva zaštita od poplava - Zbornik Seminara Praktična hidrologija, Zagreb,145-160
2. Brezak, S . (2006):Povijesni pregled poplava na vodnom području Drave i Dunava - Društvo građevinskih inženjera Osijeka - stručni seminar:Provedba obrane od poplava na Muri, Dravi i Dunavu
3. Haničar, D. (2006):Obrana od poplava na rijeci Dravi i Dunavu u 2006.godini - Društvo građevinskih inženjera Osijeka - stručni seminar:Provedba obrane od poplava na Muri, Dravi i Dunavu
4. Milković, I. (1965): Velike vode Dunava, Drave i Mure u 1965.godini I obrana od poplave teritorija Hrvatske, Građevinar 11 i 12
5. Tadić, Z. (2006):Analiza uzroka pojavnosti poplava na slivovima Mure, Drave i Dunava - Društvo građevinskih inženjera Osijeka-stručni seminar:Provedba obrane od poplava na Muri, Dravi i Dunavu
6. Tadić, L.,Tadić, Z., Crnčan, I., Korov,J.,(2002): Analysis of Flood Frequency on the Area of Drava River Basin, 21st Conference of Danube Countries, (Proceedings on CD), Bucharest, Romania
7.***(2006): Procjena ugroženosti područja Baranje od poplava u travnju 2006.godine,hidroing Osijek
8.*** (2005): Vodnogospodarska osnova Hrvatske, 1.dio-Strateška osnova za upravljanje vodama, Hrvatske vode Zagreb
9.*** (1997): Državni plan obrane od poplava (NN 7/97)

AUTORI:

Prof. dr. sc. Lidija Tadić, dipl.ing.građ,
Građevinski fakltet Osijek, Crkvena 21, 31000 Osijek,
031/540-086,E-mail: *ltadic@gfos.hr*

Doc. dr. sc. Marija Šperac, dipl.ing.građ,
Građevinski fakultet Osijek, Drinska 16a, 31000 Osijek,
031/274-377, E-mail: *msperac@gfos.hr*

Zdenko Tadić, dipl.ing.građ,
Hidroing Osijek, Smičiklasova 1, 31000 Osijek,
031/251-100, E-mail: *zdenkot@hidroing-os.hr*

Davor Haničar, dipl.ing.građ,
Hrvatske vode VGO Osijek, Splavarska 2a,
031/252-800, 31000 Osijek, E-mail: *handav@voda.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.11.

STANJE SEDIMENTA U DONJOJ NERETVI

Mijo Vranješ, Damir Vidoš, Berislav Glavaš

SAŽETAK: Dolina na ušću rijeke Neretve, kroz dugu geološku povijest, nastajala je donosom nanosa s uzvodnog dijela sliva, pri različitim klimatskim uvjetima i različitom hidrološkom režimu rijeke. U interakciji s morem razvijala se delta. U daljoj prošlosti, dok još nije bilo ozbiljnijeg utjecaja čovjeka na prirodne procese, delta se u dinamičnoj ravnoteži razvijala prema moru, čime se dolina povećavala. U novije doba, čovjek je većim zahvatima na slivu osjetno promijenio prirodne procese. Raznom izgradnjom na slivu, npr. izgradnjom hidroenergetskog sustava, protuerozijskim mjerama i sl., bitno se promijenio proces gibanja sedimenta na slivu, a time i u samoj rijeci Neretvi. Sustavom obrane od poplava spriječeno je izljevanje rijeke i plavljenje doline te donos novog materijala na širem području delte. Posljedica toga je snižavanje kota terena u dolini, te povlačenje delte prema kopnu. U zadnje vrijeme naročito je naglašeno ispiranje i produbljenje korita rijeke za vrijeme nadolaska poplavne vode, što je uzrokovano koncetracijom toka u okvirima regulacijskih građevina. Ova pojava može se uočiti na osnovi obrade geodetskih snimki iz različitih vremena, u razdoblju nekoliko desetljeća. U radu su prikazani rezultati obrade zabilježenih stanja, koji potvrđuju uočenu pojavu nedovoljnog donosa sedimenta u dolinu.

KLJUČNE RIJEČI: delta, donja Neretva, vučeni nanos, lebdeći nanos

STATUS OF SEDIMENTS IN THE LOWER NERETVA RIVER

Summary: During long geological history, a valley at the mouth of the Neretva River developed under the impact of deposits from the upstream part of the basin, under different climatic conditions and different hydrological regime of the river. A delta developed in the interaction with the sea. Long ago, when human impact on natural processes was still not that significant, the delta had, in a dynamic balance, developed in the direction the sea, thereby increasing the size of the valley. More recently, natural processes have been significantly altered by larger human interventions in the basin. Various interventions in the river basin - e.g. construction of a hydro power system, anti-erosion measures, etc. - have caused the sediment motion process to change significantly in the basin, including in the Neretva River itself. The flood protection system prevents the river from overflowing and flooding the valley, as well as the supply of new material on the wider delta area. This has resulted in the lowering of terrain elevations in the valley, as well as in the delta's withdrawal towards the mainland. Nowadays, there is intensive washing out and deepening of the riverbed during the rise of flood waters, brought about by the concentration of the flow within the limits of water regulation structures. This phenomenon can be noticed on the basis of analysis of topographical surveys taken at various points in time in the course of

several decades. The paper presents the results of analysis of registered conditions, which verify the observed phenomenon of insufficient supply of sediments into the valley.

KEYWORDS: delta, the lower Neretva river, drawn sediment, suspended sediment

1. UVOD

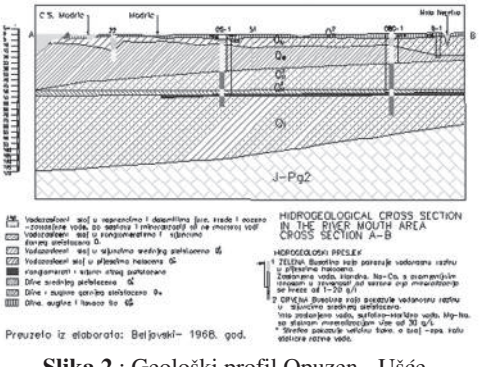
Cijelo područje donje Neretve nastalo je taloženjem nanosa kroz dugu geološku prošlost u nekadašnjem morskom zaljevu. Tako je nastala dolina i delta rijeke Neretve. (slika 1). Uvjeti produkcije nanosa i hidrološki režim otjecanja sa sliva su se mijenjali, tako da je nanos složene strukture (slika 2). Taloženjem materijala rijeka je podizala korito, ovisno o pokretnoj snazi i otporima tečenju te o podizanju morske razine. U prirodnim uvjetima, bez utjecaja čovjeka, delta se razvijala i postupno napredovala prema moru. Velike vode su donosile znatnu količinu nanosa, naročito lebdećeg, pa su ga razljevanjem raznosile po cijeloj dolini.

Regulacijom rijeke Neretve za potrebe plovnosti do Metkovića, zatvaranjem Male Neretve ustavama, izgradnjom nasipa za obranu od poplava i naročito izgradnjom hidroenergetskog sustava na slivu bitno se promijenio hidrološki režim otjecanja sa sliva. Tako velike promjene najviše su utjecale na nizvodni dio sliva, dakle na područje donje Neretve.. Koncetracijom toka velikih voda u reguluiranom koritu rijeke Neretve poremećena je prirodna dinamična rjavnoteža.

Delta rijeke Neretve je mala delta, ako se uspoređuje s deltama velikih rijeka. Bez obzira na veličinu procesi nastajanja ili nestajanja delti događaju se na isti način. Zato iskustvo i rezultati izučavanja delti u svijetu mogu (i trebaju) poslužiti za rješavanje niza zadaća u donjoj Neretvi.

Iz mnoštva izučavanih ušća rijeka s deltama u cijelom svijetu,u ovom radu izdvojeno je samo nekoliko primjera (u popisu literature), na osnovi čega se može zaključiti koliko su danas zadaće na tim područjima složene i vrlo aktualne. Općenito se može zaključiti da poteškoće nastaju u proteklih nekoliko desetljeća ili u zadnjem stoljeću, kad su utjecaji čovjeka raznom izgradnjom na slivovima rezultirali ozbiljnim poremećajima prirodnih procesa. Poremećaji nisu samo na deltama već su zahvaćeni puno širi prostori pripadajućeg priobalnog mora. Mikhailova [14] je detaljnim izučavanjem vodnog režima u području delte Nila pokazala veliki utjecaj izgradnje Asuanske brane, nakon čega se bitno smanjio donos nanosa iz sliva. Posljedica toga je degradacija obalne crte na cijelom području delte. Zviely i ostali [15] proučavali su nanos uzduž izraelske obale i utvrdili da se nanos rijeke Nil giba uzduž obale od Aleksandrije do Haife u dužini oko 650 km i to u iznosu oko 80 do 90 tisuća m^3. Zaključuju da se još uvijek radi o nanosu iz daleke geološke prošlosti te da bi se poremećaj uzrokovan branom mogao osjetiti u nekom daljem budućem vremenu. Delta rijeke Mississippi istražuje se već nekoliko desetljeća. Radi se o vrlo velikom prostoru površine oko 25.000 km^2. Corbett i ost. [2], Snedden i ost. [7] istraživali su gibanje nanosa u priobalju pod utjecajem režima rijeke i djelovanja mora. Tripsanas i ost. [8] u izučavanju nanosa idu u daleku geološku prošlost. Barras i ost. [4], Day i ost. [3] nakon detaljnog proučavanja zabilježenih stanja u zadnjih 100 godina pokazali su da se područje delte smanjilo za oko 4800 km^2 zbog degradacije morske obale. Smanjenjem donosa nanosa, a s druge strane povećavanjem morske razine stanje postaje sve teže, ekološki i ekonomski. Planira se veliko ulaganje te oživljavanje mangrovih šuma, kako bi se obala stabilizirala i ublažilo nepovoljne procese. Zadnjih nekoliko godina intenzivno se izučava ušće i delta rijeke Yangtze u sklopu izgradnje najveće hidroelektrane u svijetu Three Gorges Dam u srednjem toku rijeke. Yang i ost. [10], [11] tvrde da se u zadnja četiri desetljeća smanjio

Slika 1.: Područje donje Neretve prije melioracija



Slika 2.: Geološki profil Opuzen - Ušće

donos nanosa, a da će se nakon izgradnje brana nanos još više smanjiti, zbog čega će se dogoditi promjene u delti i u priobalju širokih razmjera.. Liu i ost. [11] prikazuju rezultate taloženja nanosa u priobalnom moru. Taoyuan i ost. za područje ušća rijeke postavljaju digitalni model u kombinaciji s mjerenjem, na osnovi čega prognoziraju gibanje nanosa do 2009. godine kad će biti u cijelosti dovršena hidroelektrana Three Gorges Dam. Slični ili gotovo isti problemi javljaju se kod manjih rijeka i njihovih delti. Za primjer navodi se nekoliko delti u Europi, koje su klimatski i po sličnosti bliže delti rijeke Neretve. Najsličnija je delta rijeke Ebro za koju Jimenez i ost., Palanques i ost. [18] i Vericat i ost. [20] prikazuju rezultate istraživanja gibanja nanosa u području delte rijeke, naročito pod djelovanjem morskih valova i struja. Panin i Jipa su proučavali deltu rijeke Dunav i pokazali da je nakon izgradnje brane Đerdap I (Iron Gates I) 1970. godine i Đerdap II (Iron

Gates II) 1982. godine nastao deficit nanosa u delti i pomicanje (povlačenje) obale. Donos se smanjio od 25-35 t/god na 4-6 t/god. Za rijeku Rhonu Maillet i ost. [16] pokazali su koliko je nanosa iznešeno iz rijeke i unešeno u priobalno more (delta) samo u jednoj poplavi (prosinac 2003. godine). Korito rijeke uzvodno od ušća je znatno produbljeno. Na osnovi batimetrijskog mjerenja prije i poslije poplave procijenjeno je da je donešeno 7.8×106 m3 (0.88 m^3 m–2), što je oko 4×106 t. Od 1995. do 2003. godine (do poplave) prosječno je godišnje donašano 0.47×106 m^3/god. ili ukupno 3.1×106 t do 5.3×106 t. Dakle u jednoj poplavi koliko kroz 8 godina. Sabatier i ost. [19] bavili su se izučavanjem gibanja nanosa u području delte i priobalja Rhone prema podacima od sredine 19. stoljeća, gdje na osnovi batimetrijskog mjerenja prikazuju gibanje nanosa na tako širokom području. Slično su dali za talijanske rijeke Po, Arno i Piave Surian i ost. [17] te za rijeku Simeto Longhitano i ost. [1]. Dakle, gibanje nanosa u deltama osnova je za nastajanje i nestajanje delti, što određuje sve ostale procese i odnose, npr. ekološke, ekonomske te sve drugo. U svemu je osnovna dinamična ravnoteža u interakciji fizike mora i hidrološkog režima rijeke.

2. NASTAJANJE I KRETANJE NANOSA NA SLIVU

Prije značajnije izgradnje u slivu najveća produkcija nanosa koji je dolazio u područje donje Neretve bila u srednjem toku uzvodno od Počitelja do Konjica, gdje su najveću količinu donosili brdski potoci i bujice. Donešeni materijal većim dijelom je iz flišnih područja tako da se nošen vodotocima raspadao u različite frakcije, od krupnog šljunka, pijeska do finih čestica gline. Prema vučnoj sposobnosti rijeke Neretve se dijeli na dva dijela. Uzvod od Dračeva vučna sposobnost je velika i na tom dijelu se pokreće krupniji nanos, dok nizvodno zbog uspornog djelovanja mora mogu se pokretati samo sitnije čestice. Jedino za vrijeme velikih poplavnih protoka rijekom nanos se pokreće po cijelom toku.

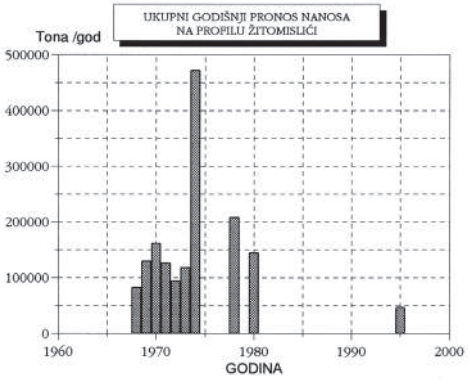
2.1. Lebdeći (suspendirani) nanos

Na osnovi dokumentacije iz proteklog razdoblja [21]. Prva poznata mjerenja obavljena su na profilu kod Metkovića u razdoblju od 04. studenog 1928. do 13. veljače 1930. godine, što je ukupno 130 dana mjerenja. Procijenjeno je da je proteklo 3.155.000 t nanosa. U dokumentaciji [22] su prikazana mjerenja nakon izgradnje akumulacije Jablanica. Zbog neodređene protočne krivulje u Metkoviću protok nanosa se računa u profilu Žitomislići, jer je tamo jednoznačno određena protočna krivulja. U razdoblju od listopada 1954. do rujna 1955. proteklo je u Žitomisliću 312.530 t, a procijenjeno je u Metkoviću 527.360 t nanosa. Početkom 60-tih godina prošlog stoljeća intenzivnije se mjeri i računa lebdeći nanos za potrebe melioracija po FAO projektu iz čega proizlaze rezultati u profilu Žitomislići prikazani na slikama 3 i 4.

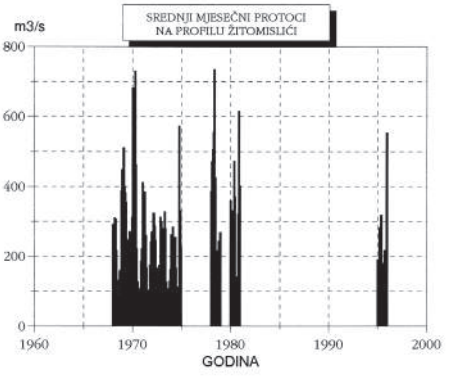
Obrade podataka napravljene su do 1996. godine prikazane su u studiji [23], a nakon toga nije bilo obrada, već se samo povremeno prikupljaju podaci o ukupnom suhom ostatku. Ova vrsta nanosa bila je ključna za kolmiranje (popunjavanje) doline Donje Neretve novim materijalom za formiranje tla. Nakon izgradnje Jablanice, zbog smanjenog donosa lebdećeg nanosa napuštena je metoda kolmiranja doline. Nakon ovoga i dalje se nastavlja slijeganje tla u Dolini.

2.2. Vučeni nanos

Vučeni nanos, uostalom kao i lebdeći, na području Donje Neretve nije mjeren u kontinuitetu. Globalni raspored nanosa u Neretvi je takav da se do Metkovića taloži šljunak, a nizvodno pijesak i mulj, što je posljedica uspornog djelovanja mora do Metkovića. Jedino što

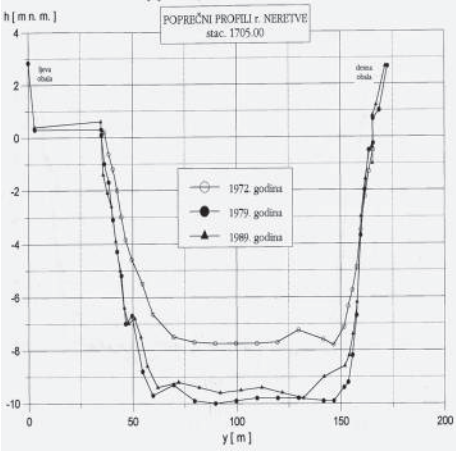


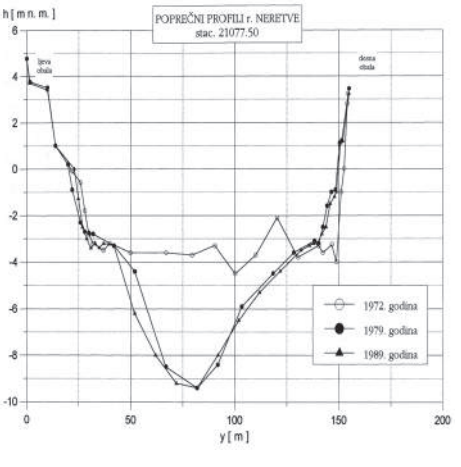
Slika 3.: Ukupni godišnji pronos nanosa u profilu Žitomislići



Slika 4.: Srednji mjesečni protoci u profilu Žitomislići

pouzdano imamo izmjereno su batimetrijski podaci korita rijeke dobiveni mjerenjem 1972., 1979. i 1989. godine, dakle s dobrom vremenskom distancom, tako da se promjene geometrije korita mogu pratiti kroz duže razdoblje. Poprečni profili su snimani na istim lokacijama, sl. 5 i 6. Iz svih profila izračunate su promjene volumena korita od ušća do Metkovića iz kojeg se vidi na kojim mjestima je bila erozija, a na kojima taloženje. Na slici 7. je dat prikaz erozije i taloženja u rijeci Neretvi.

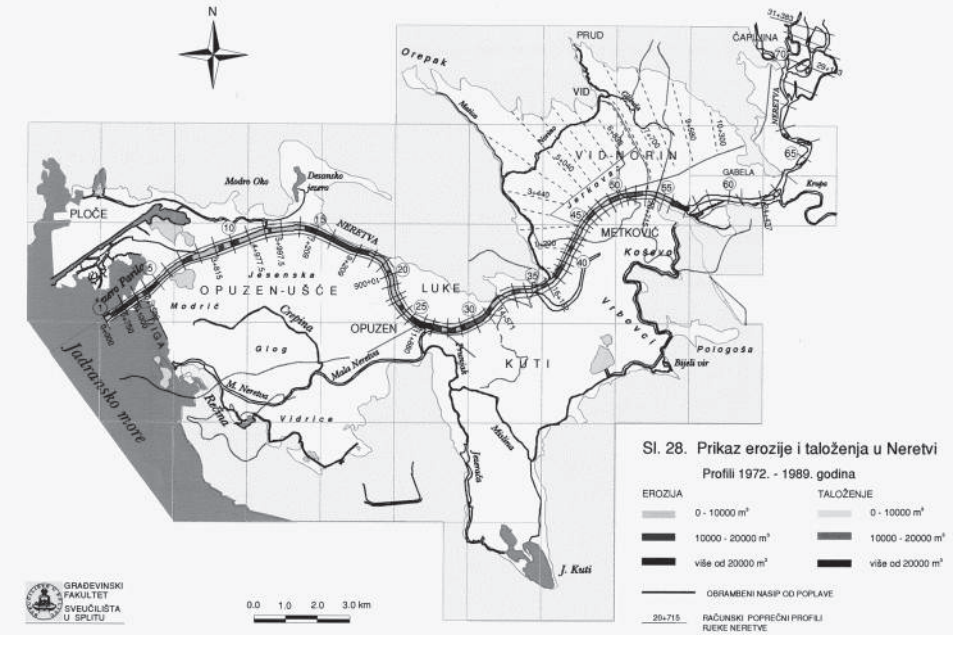




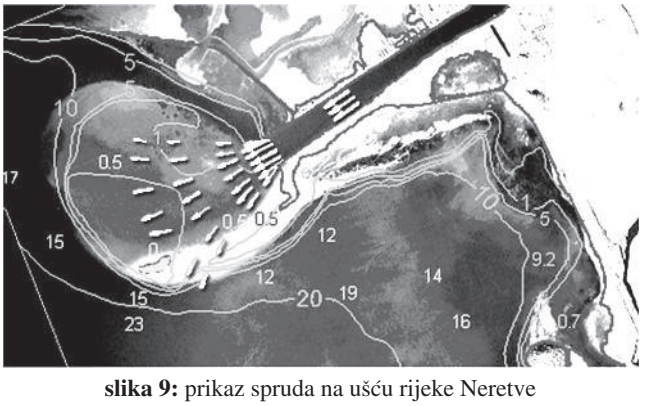
slika 5 i 6: poprečni profili Rogotin stacionaža 1705 i Metković stac 21707

3. ZAKLJUČAK

Sadašnji procesi erozije korita, a može se reći i okolnog djelomično melioriranog, kao i uređenog zemljišta, nastavit će se i dalje, jer su bitno poremećeni prirodni uvjeti nastajanja, pronosa i taloženja nanosa. U kojoj mjeri će se to događati i s kolikim intenzitetom na dijelovima područja i da li će se asimptotski približavati određenom novom stanju, u ovom trenutku s dosadašnjim načinom mjerenja i motrenja teško je dati određen odgovor. U svijetu je objavljeno niz metoda i tehnologije mjerenja i motrenja, kako vučenog



slika 8: prikaz erozije i taloženja u rijeci Neretvi



slika 9: prikaz spruda na ušću rijeke Neretve

tako i lebdećeg nanosa, a isto toliko je različitih metoda proračuna kretanja nanosa, te izračunavanja morfologije korita. Od ovog trenutka, pa u slijedećih nekoliko godina što se može uraditi po ovom pitanju je slijedeće:

- trajno i detaljno mjerenje svih oblika nanosa u profilima Žitomislić i Dračevo, naročito poslije većih kiša;
- svake godine ili svake druge, naročito poslije veće kiše na slivnom području, snimiti korito rijeke Neretve u profilima koji su do sada snimani (1972., 1979. i 1989 godine);
- svake godine snimiti priobalni pojas morskog dna i obale kako bi se mogla izraditi bilanca za cijelo područje;

- detaljno planirati i strogo kontrolirati (po potrebi zabraniti) eksploataciju pijeska i šljunka iz korita i područja ušća.

4. LITERATURA

1. Longhitano, S., Colella, A. (2007): Geomorphology, sedimentology and recent evolution of the anthropogenically modified Simeto River delta system (eastern Sicily, Italy), Sedimentary Geology 194 195-221
2. Corbett, D. R., Dail M., and McKee B. (2007): High Frequency Time-series of the Dynamic Sedimentation Processes on the Western Shelf of the Mississippi River Delta, Continental Shelf Research
3. Day J. W. Jr, Barras, J., Clairain, E., Johnston, J., Justic, D., Kemp, G. P., Ko, J-Y., Lane, R., Mitsch, W. J., Steyer, G., Templet, P., Ya˜nez-Arancibia, A. (2005): Implications of global climatic change and energy cost and availability for the restoration of the Mississippi delta, Ecological Engineering 24 253-265
4. Barras, J.A., Beville, S., Britsch, D., Hartley, S., Hawes, S., Johnston, J., Kemp, P., Kinler, Q., Martucci, A., Porthouse, J., Reed, D., Roy, K., Sapkota, S., Suhayda, J., 2003. Historical and projected coastal Louisiana land changes: 1978-2050. USGS Open File Report 03-334, 39 pp.
5. Mitsch, W. J., Steyer, G., Templet, P., Ya˜nez-Arancibia, A. (2005): Implications of global climatic change and energy cost and availability for the restoration of the Mississippi delta, Ecological Engineering 24 253-265
6. Turner, R. E. (2007): Geomorphology, geography, and New Orleans after Iberville and Bienville, Technology in Society 29 227-237
7. Snedden, G. A., Cable, J. E., Swarzenski, C., Swenson, E. (2007): Sediment discharge into a subsiding Louisiana deltaic estuary through a Mississippi River diversion, Estuarine, Coastal and Shelf Science 71 181 - 193
8. Tripsanas, E. K., Bryant, W. R., Slowey, N. C., Bouma, A. H., Karageorgis, A. P., Berti, D. (2007): Sedimentological history of Bryant Canyon area, northwest Gulf of Mexico, during the last 135 kyr (Marine Isotope Stages 1-6): A proxy record of Mississippi River discharge, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 246 137-161
9. Yang, S. L. , Belkin, I. M., Belkin, A. I., Zhao, Q. Y., Zhu, J., Ding, P. X. (2003): Delta response to decline in sediment supply from the Yangtze River: evidence of the recent four decades and expectations for the next half-century, Estuarine, Coastal and Shelf Science 57 689-699
10. Yang, S. L., Zhang, J., J. Zhu, Sm, J. P., Dai, S. B., Gao, A., Li, P., (2005): Impact of dams on Yangtze River sediment supply to the sea and delta intertidal wetland response, Journa of Geophisical Research, Vol. 110
11. Liu, J.P., Li, A.C., Xu, K.H., Velozzi, D.M., Yang, Z.S., Milliman, J.D., DeMaster, D.J. (2006): Sedimentary features of the Yangtze River-derived along-shelf clinoform deposit in the East China Sea, Continental Shelf Research 26 2141-2156
12. Wei, T., Chen, Z., Duan, L., Gu, J., Saito, Y., Zhang, W., Wang, Y., Kanai, Y. (2007): Sedimentation rates in relation to sedimentary processes of the Yangtze Estuary, China, Estuarine, Coastal and Shelf Science 71 37 - 46
13. El-Asmar, H. M. and White, K. (2002): Changes in coastal sediment transport processes due to construction of New Damietta Harbour, Nile Delta, Egypt, Coastal Engineering 46 127-138

14. Mikhailova, M. V. (2001): Hydrological Regime of the Nile Delta and Dynamics of Its Coastline, Water Resources, Vol. 28, No. 5, pp. 477-490.

15. Zviely, D., Kit, E., Klein, M. (2007): Longshore sand transport estimates along the Mediterranean coast of Israel in the Holocene, Marine Geology 238 61-73

16. Maillet, G. M., Vella, C., Berné, S., Friend, P. L., Amos, C. L., Thomas J. Fleury, T. J., Normand, A. (2006): Morphological changes and sedimentary processes induced by the December 2003 flood event at the present mouth of the Grand Rhône River (southern France), Marine Geology 234 159-177

17. Nicola Surian, N., Rinaldi, M. (2003): Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy, Geomorphology 50 307-326

18. Palanques, A., Puig, P., Guill!en, J., Jim!enez, J., Gracia, V., S!anchez-Arcilla, A., .Madsen, O. (2002): Near-bottom suspended sediment fluxes on the microtidal low-energy Ebro continental shelf (NW Mediterranean), Continental Shelf Research 22 285-303

19. Sabatier, F., Maillet, G., Provansal, M., Fleury, T-J, Suanez, S., Claude Vella, C. (2006): Sediment budget of the Rhône delta shoreface since the middle of the 19th century, Marine Geology 234 143-157

20. Vericat, D., Batalla, R. J. (2006): Sediment transport in a large impounded river: The lower Ebro, NE Iberian Peninsula, Geomorphology 79 72-92

21. (1954) Osnovni projekt za melioraciju Donje Neretve od mora do Počitelja, 11. Opći dio, „Projekt“, Zagreb

22. (1958) Neretva, regulacija od Metkovića do Počitelja, Idejni projekt, knjige 2, 5, 6, i 11

23. (1996) Vodnogospodarsko rješenje i uređenje sliva Donje Neretve, knjiga 8, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu.

AUTORI:

Mijo Vranješ
Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu

Damir Vidoš
Berislav Glavaš
Hrvatske vode, VGO Split

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 2.12.

VELIKE VODE MEDVEDNICE

Ranko Žugaj, Krešimir Plantić, Željko Štefanek

SAŽETAK: Grad Zagreb se brani od velikih voda s brdskih slivova Medvednice izgradnjom retencija za koje su velike vode, u različitim obradama, bile definirane različitim pristupima. Opisan je proračun velikih voda prema usvojenom, ranijem, pristupu iz Izmjena i dopuna Vodoprivredne osnove Grada Zagreba iz 1992. godine i prikazani su i obrazloženi ulazni proračunski parametri iz najnovije hidrološke studije iz 2005. godine. Na primjeru sliva Kraljevečkoga potoka do brane Lagvić uspoređeni su rezultati obrade iz 2005. godine s rezultatima ranijih obrada.

KLJUČNE RIJEČI: velika voda, maksimalni protok, metoda V.T. Chowa, retencija, Medvednica, Zagreb.

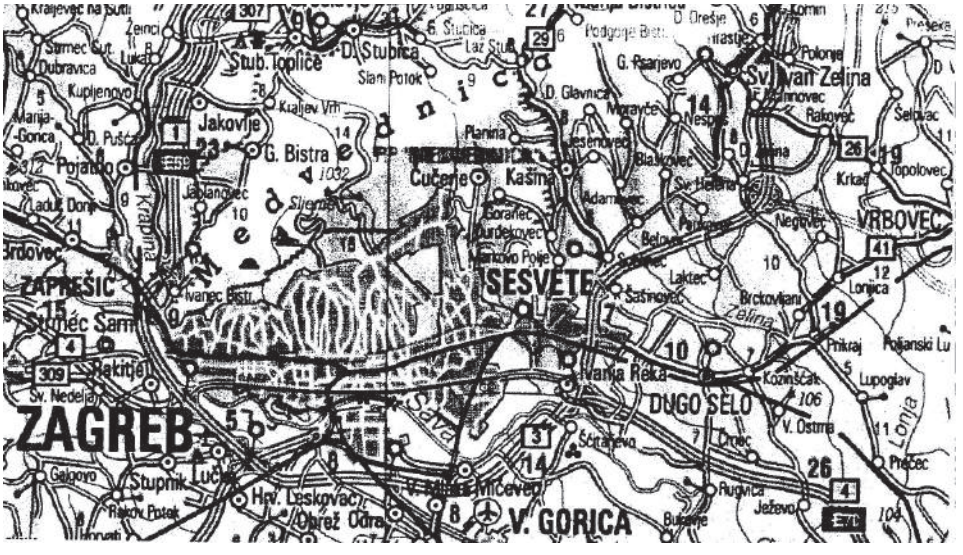
THE HIGH WATERS OF MEDVEDNICA

SUMMARY: The city of Zagreb is protected from the high waters from Medvednica basins by the construction of retentions for which high waters have been defined by several analyses, each using different approaches. Here, the calculation of high waters has been described which was done in line with the earlier adopted approach in The Amendments to the City of Zagreb Water Resources Management Draft, from 1992. The entry calculation parameters from the latest hydrological analysis, done in 2005, have also been given and explained. The serults of the 2005 analysis have been compared with those from earlier studies on the example of the Kraljevec stream basin up to the Lagvić dam.

KEYWORDS: high water, maximum discharge, Chow's method, retention, Medvednica, Zagreb.

1. UVOD

Na području Zagreba, u rijeku Savu, s južnoga i jugoistočnog dijela Medvednice utječe ukupno 31 potok. Ti su potoci izrazito bujičnih karakteristika, a kroz povijest su poznate katastrofalne poplave koje su na njima izazvale jake kiše, odnosno velike količine oborine. Područje Zagreba s Medvednicom na sjevernoj i Savom na južnoj strani prikazano je na slici 1.



Slika 1: Razmatrano područje Medvednice i Zagreba

U članku [3] iz 2004. godine dani su zanimljivi i vrijedni podaci o katastrofalnim poplavama potoka Medvednice, a upozorava se da je poplava zagrebačkih potoka iz 1989. pokazala da oni još nisu ukroćeni. Od prve zabilježene 1645., prije praktički 360 godina, u navedenom je članku prikazano do 1989. ukupno 17 poplava zagrebačkih potoka, koje su se pojavljivale prosječno svakih 21 godinu.

Ta su pojavljivanja bila nepravilna; primjerice 1926. unutar jednoga mjeseca zabilježene su dvije poplave potoka, a razdoblja bez poplava su mogla biti vrlo duga - 75 godina (od 1770. do 1845.) i 53 godine (od 1936. do 1989.). U zadnjih 18 godina (od 1989. do danas) nisu zabilježene katastrofalne poplave potoka Medvednice, ali klimatske promjene s čestim vrlo teškim posljedicama u drugim područjima u najnovije vrijeme, za sada predstavljaju samo upozorenje, koje se nikako ne smije zanemariti. Na osnovi nizova protoka može se vidjeti da se velike vode na potocima Medvednice pojavljuju u današnje doba čak češće nego ranije. Primjerice velike vode u profilu Fraterščica 1 na Črnomercu, u 49-godišnjem razdoblju (1953.-2001.) pojavile su se tri puta - prosječno svakih 16 godina unutar promatranoga razdoblja.

Obrana od poplava potoka provodi se izgradnjom retencija u uzvodnim dijelovima sliva (do sada je izvedeno 19, a planira se izvesti još 20 retencija) i reguliranjem korita potoka nizvodno od retencijskih pregrada.

Općenito se kod otjecanja potoka Medvednice razlikuju tri dijela:

- prvi, do retencijskih pregrada, u koji voda dolazi s najviših dijelova sliva, strmih nagiba uglavnom obraslih šumom. Ti su dijelovi sliva najčešće zadržali svoje prirodne karakteristike. Za dimenzioniranje retencija su važni maksimalni volumeni vodnih valova, a za dimenzioniranje evakuacijskih objekata (prvenstveno preljeva) maksimalni protoci.
- drugi dio nizvodno od retencija pa do ulaza u kanalizaciju ili u nizinski kanalizirani dio toka. Na ovome dijelu sliva, koji je blažih nagiba od najuzvodnijih dijelova, u novije su vrijeme nastupile najveće promjene. Te su promjene nastale uslijed nagle i

u dosta slučajeva nekontrolirane urbanizacije, a stvorile su znatno nepovoljnije uvjete za otjecanje vode nego što je to bilo ranije. O ovome treba naročito voditi računa kod definiranja mjerodavnih velikih voda toga područja.

- treći, nizinski dio koji je u većini slučajeva kanaliziran, a u središnjem dijelu grada ulazi u sustav gradske mješovite kanalizacije. U kanalizaciji otjecanje ovisi o njezinom kapacitetu, pa se prema tome može ustanoviti koja velika voda (kojega povratnog razdoblja) može proći kroz postojeći kanalizacijski sustav.

Podaci s hidroloških stanica na zagrebačkim potocima redovito se prikupljaju i obrađuju. Pritom su osnovni problemi utjecaj nestabilnosti profila koji su često puta zakrčeni ubačenim predmetima, a osim toga praktički ne postoje mjerenja protoka kod pojave velikih voda. Ovdje svakako čine izuzetak izmjereni satni protoci velikoga vodnog vala na potoku Črnomerec u profilu Fraterščica 1, 3 i 4. srpnja 1989. Takvi su, nažalost rijetki podaci - nakon odgovarajućih obrada - upravo dragocjeni za donošenje ispravnih i dovoljno pouzdanih zaključaka o otjecanju velikih voda, a obrađeni su u [16].

U ranijim obradama [7], [8], [9] i [11] analizirani su nizovi maksimalnih godišnjih protoka definirani na osnovi mjerenja u hidrološkim profilima potoka Medvednice. Statističkim su obradama dobivene preniske i radi toga neprihvatljive vrijednosti maksimalnih godišnjih protoka različitih povratnih razdoblja. Za to su glavni razlog nepouzdane ekstrapolacije protočnih krivulja u području visokih vodostaja. Prema tome velike vode potoka Medvednice ne treba određivati primjenom metoda matematičke statistike.

Ovakav je zaključak izveden na osnovi dosadašnjih prikupljenih podataka. To međutim nikako ne znači da sustavna hidrološka mjerenja na potocima Medvednice nemaju smisla. Njih treba svakako nastaviti s povećanim opsegom. Nove limnigrafe - uz postojeće na vodotocima - treba postaviti uzvodno od retencija i u postojeće retencije, a mjerenjima protoka na svim hidrološkim stanicama, treba nastojati što je više moguće obuhvatiti pojavljivanja velikih voda.

Važno je napomenuti da se je u razdoblju od 1967. do 1981. godine u različitim obradama pokušalo definirati velike vode potoka Medvednice i metodom jediničnoga hidrograma [7], [8], [9] i [10]. No određene subjektivnosti kod ekstrapolacije protočnih krivulja u područjima velikih voda i različiti pristupi kod definiranja jediničnih hidrograma, uzroci su velikim razlikama u veličinama maksimalnih godišnjih protoka različitih povratnih razdoblja u navedenim obradama. Kao mjerodavne bile su prihvaćene velike vode iz Hidrologije za "Vodoprivrednu osnovu Grada Zagreba" [10].

2. MJERODAVNE VELIKE VODE

Na velike vode definirane u [10] bili su dani određeni prigovori pa su, nakon desetak godina, izrađene opsežne "Izmjene i dopune Vodoprivredne osnove Grada Zagreba". U sklopu tih obrada razrađena je i obrazložena metoda V. T. Chowa, koja je, u slučajevima kada nema pouzdanih hidroloških mjerenja vrlo pogodna za određivanje velikih voda [13] i [14]. U najnovije vrijeme ta je metoda analizirana i usvojena u sklopu obrada u Studiji [17] i na toj osnovi su definirane mjerodavne velike vode potoka Medvednice u profilima postojećih i budućih pregrada te na kritičnim točkama duž vodotoka nizvodno od pregrada, odnosno na mjestima na kojima treba ustanoviti veličinu i povratno razdoblje velike vode koja se izlijeva iz korita. Pritom je posebno razmatrana osjetljivost takva pristupa na veličine maksimalnih protoka, a za potvrđivanje predloženih veličina korištena su iskustva iz literature [4] i novih hidroloških analiza [16].

Formula V. T. Chowa za maksimalne protoke različitih povratnih razdoblja Q_{Mp} je prema [2]:

$$Q_{Mp} = 16{,}67\ A\ i_{ep}\ Y\ K \quad (\mathrm{m^3/s}) \tag{1}$$

gdje je 16,67 konstanta za preračunavanje, ako su efektivni kišni intenziteti različitih povratnih razdoblja i_{ep} u (mm/min), A (km^2) veličina sliva do protjecajnoga profila, Y klimatski faktor (za područje Zagreba je usvojeno Y = 1,0 [14]), [17], a K je faktor redukcije hidrograma koji je, u ovisnosti od trajanja kiše t_k i vremena zakašnjenja t_p, za pojedina područja razmatranih slivova, definiran u [14].

Maksimalne količine oborine različitih povratnih razdoblja, za različita trajanja oborine, definirane su, na osnovi podataka od motrenja i mjerenja, odgovarajućim analitičkim izrazima u [11]. Na temelju tih vrijednosti određene su, primjenom SCS metode [2], [4], maksimalne efektivne oborine. Efektivna oborina P_e (mm), koja podijeljena s trajanjem kiše t_k (min) daje efektivni intenzitet i_e (mm/min), određuje se na temelju CN krivulja. Za male slivove, s kratkim vremenima koncentracije, do jednoga sata, veličina efektivne oborine može se, kod po svojim brojevima bliskih CN krivulja, značajno razlikovati. (Ovo se može provjeriti na osnovi formule (2)).

Efektivna oborina P_e definirana je u ovisnosti od bruto oborine P i broja krivulje CN prema SCS metodi sljedećim izrazom:

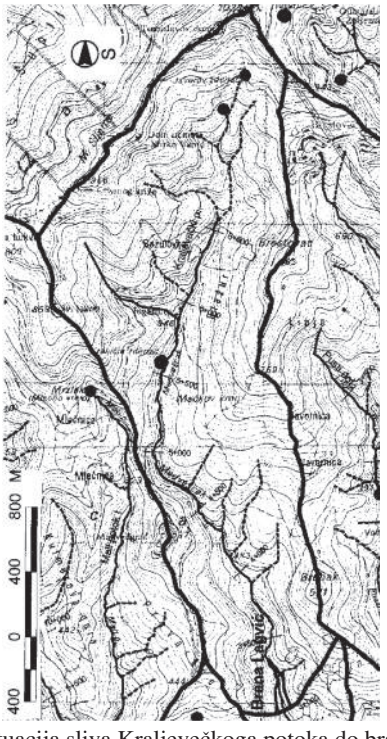
$$P_e = \frac{\left[P - 0{,}2\left(\frac{25400}{CN} - 254\right)\right]^2}{P + 0{,}8\left(\frac{25400}{CN} - 254\right)} \tag{2}$$

Prema tome primjena V. T. Chowove metode vrlo je osjetljiva na izbor CN krivulje, pa je određivanju njezina broja potrebno posvetiti naročitu pozornost. U odnosu na druge veličine koje ulaze u formulu (1), izbor broja CN krivulje ima najveći utjecaj na veličinu maksimalnoga protoka.

U obradi [17] za slivove pod šumom do retencijskih pregrada usvojen je za natprosječne uvjete otjecanja sa sliva broj krivulje CN = 89, a za međuslivove nizvodno od pregrada do ušća u kanalizaciju CN = 95.

Broju krivulje CN = 89 za natprosječne uvjete otjecanja sa slivova do retencijskih pregrada odgovara broj krivulje CN = 76 za prosječne uvjete otjecanja - za tlo tipa D kod kojega je velika mogućnost otjecanja i vrlo niski stupanj infiltracije za prirodne šume s normalnom transpiracijom [2], [4]. Broju krivulje CN = 95, koja je usvojena za natprosječne uvjete otjecanja sa međuslivova nizvodno od retencijskih pregrada, odgovara broj krivulje CN = 88 za prosječne uvjete otjecanja. Vrijednost CN = 88 određena je na osnovi razmatranja prosječnih udjela površina vodonepropusnoga tla (zgrade, ceste) i tla s umjerenim stupnjem infiltracije (površine pod vegetacijom).

Na primjeru Kraljevečkoga potoka u profilu postojeće brane Lagvić (situacija sliva prikazana je na slici 2), uspoređene su međusobno veličine maksimalnih protoka i volumena velikih vodnih valova 100-godišnjega povratnog razdoblja definirane prema ranijim obradama i prema drugačijim iskustvenim postupcima iz hidrološke literature (tablica 1).



Slika 2: Situacija sliva Kraljevečkoga potoka do brane Lagvić

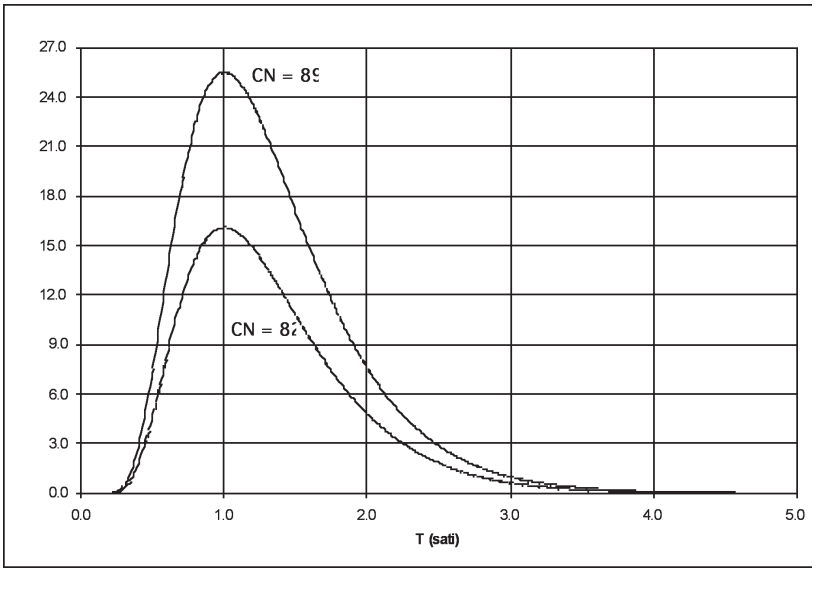
Tablica 1: Kraljevečki potok, profil brane Lagvić: pregled veličina 100-godišnje velike vode prema različitim pristupima [17]

Metoda (formula)	Q_{M100} (m³/s)	q_{M100} (m³/s/km²)	V_{100} (m³)	P_{100} (mm)	c	**Napomena**
1	2	3	4	5	6	7
V. T. Chow	20,8	4,91	173.000	67,0	0,61	prema [15] t_k = 2 sata, CN = 87
V. T. Chow V. T. Chow	16,1 12,3	3,80 (2,90)	70.850 177.740	56,9 78,2	0,29 0,54	prema [14] t_k = 1 sat, CN = 82 prema [14] t_k = 4 sata, CN = 82
V. T. Chow V. T. Chow	25,5 (16,5)	6,01 (3,89)	111.940 237.800	56,9 78,2	0,46 0,72	prema [17] t_k = 1 sat, CN = 89 prema [17] t_k = 4 sata, CN = 89
Jed. hidrogram	25,5	6,01	400.000	117,0	0,81	prema [10] t_k = 24 sata
D. Srebrenović	34,4	8,11	358.050	1200*	0,80	prema[5] σ = 2,78 sati, β = 2,0
Racional. for.	31,2	7,37				prema [6] T_c = 1 sat, C = 0,52
Četiri koef.	26,1	6,16				prema [6]
Müller	41,9	9,88				prema [6]
Espey - Altman	23,8	5,61	173.000	51,7	0,79	prema [1] $t_k = T_c$ = 46,2 min
Gian. - Vissen.	41,4	9,76				prema [6] T_c = 1,06 sati

* prosječna godišnja oborina na slivu

U tablici 1 u prvom stupcu je naziv primijenjene metode ili formule, u drugom stupcu maksimalni 100-godišnji protok Q_{M100}, u trećem je stupcu maksimalni specifični dotok Q_{M100} za sliv Kraljevečkoga potoka do brane Lagvić veličine A = 4,24 km^2, u četvrtom stupcu je volumen vodnoga vala V_{100} za odgovarajuće trajanje kiše t_k, u petom stupcu je količina oborine koja padne na sliv u vremenu t_k definirana na osnovi izraza iz [11] (osim za Srebrenovićevu formulu u koju ulazi prosječna godišnja oborina), u šestom stupcu je otjecajni koeficijent c, a u zadnjem se stupcu navode obrade iz kojih su preuzeti protok i volumen ili literatura u kojoj je opisan primijenjeni postupak. Ovdje treba napomenuti da je Müllerova formula izvedena za brdska područja u Švicarskoj, a Giandotti - Vissentinijeva za brdske slivove u Italiji pa one, radi toga, daju previsoke vrijednosti maksimalnih protoka. Ostale iskustvene metode za proračun maksimalnih protoka pokazuju da Q_{M100} = 25,5 m^3/s, uz CN = 89 nije prenisko određena vrijednost.

Rezultati proračuna u tablici 1 pokazuju vrlo velike razlike u 100-godišnjim maksimalnim protocima i volumenima velikih vodnih valova za V. T. Chowovu formulu prema [14] i prema [17]. Razlog za to su različiti usvojeni brojevi CN krivulja: CN = 82 u [14] i CN = 89 u [17], koji kod malih slivova imaju značajan utjecaj na veličine protoka. Na slici 3 prikazani su hidrogrami 100-godišnjih vodnih valova Kraljevačkoga potoka u profilu brane Lagvić za jednosatno trajanje kiše za CN = 82 i CN = 89. Vrlo velike razlike u hidrogramima na slici 3 potvrđuju osjetljivost odabranoga pristupa na izbor broja CN krivulje.



Slika 3: Kraljevečki potok, brana Lagvić: 100-godišnji vodni valovi od oborine trajanja 60 minuta za CN = 82 i CN = 89

Veličine otjecajnih koeficijenata mogu poslužiti kao pouzdana orijentacija za definiranje mjerodavnih velikih voda, pogotovo ako se oni odrede na osnovi podataka izmjerenih na terenu.

Prema podacima iz [16] količina oborine koja je pala u trajanju od 11 sati na sliv potoka Črnomerec iznosila je P = 104,6 mm, volumen rekonstruiranoga vodnog vala do pregrade

na Črnomercu bio je V_1 = 245 050 m^3, a veličina sliva Črnomerca do pregrade je A_1 = 4,54 km^2. Otjecajni koeficijent c_1 je:

$$c_1 = \frac{245050}{4{,}54 \cdot 10^6 \cdot 0{,}1046} = 0{,}52$$

Volumen vodnoga vala Črnomerca u limnigrafskom profilu Fraterščica 1, do kojega je površina sliva A_2 = 6,70 m^2, bio je V_2 = 415 280 m^3, pa je za oborinu P = 104,6 mm, otjecajni koeficijent c_2:

$$c_2 = \frac{415280}{6{,}70 \cdot 10^6 \cdot 0{,}1046} = 0{,}59$$

U literaturi [4] se daju orijentacijske vrijednosti za otjecajne koeficijente velikih voda koji su za slivove Medvednice do pregrada c = 0,60 - 0,70, a za slivove nizvodno od pregrada c = 0,65 - 0,80. Prema tome, s obzirom na uvjete otjecanja, razlike u vrijednostima otjecajnih koeficijenata c_1 i c_2 potoka Črnomerca su realne, a njihove veličine i pokazatelji iz literature [4] ukazuju da nije nerealno za velike vode 100-godišnjih povratnih razdoblja očekivati otjecajne koeficijente za slivove do pregrada veće od c = 0,60, a nizvodno od pregrada veće od c = 0,70. Ovo razmatranje potvrđuje usvajanje brojeva krivulja CN = 89 za slivove do retencijskih brana i CN = 95 za slivove nizvodno od retencija.

3. ZAKLJUČAK

Kada se pristupa projektiranju i izgradnji retencija angažiraju se značajna sredstva, pa je neophodno svaku moguću lokaciju za retenciju maksimalno iskoristiti. Sukladno tomu u [18] je, na osnovi provedene analize, za buduće retencije predloženo usvajanje odgovarajućih retencijskih prostora, da bi se na najmanju moguću mjeru sveli zahvati u potocima nizvodno od retencija.

Postignuti stupanj zaštite nije jedinstven za cijelo slivno područje Medvednice, a niti treba biti s obzirom na različitu vrijednost i štete koje mogu nastati. Radi intenzivne urbanizacije stvara se sve više uskih grla na vodotocima koji prolaze kroz gradsko područje. Ipak nije moguće samo retencijama riješiti sva kritična mjesta na međuslivu. Za to su provedene i još će trebati provesti i regulacije vodotoka. Isto tako nije moguće samo retencijama ostvariti željenu redukciju vodnih valova na vodotocima koji završavaju u sustavu kanalizacije.

Izgradnjom retencija reducira se prirodni protok velikih voda, što je redovito povoljnije od regulacije vodotoka na prirodni protok, naročito u pogledu utjecaja na okoliš. Ekonomske analize redovito pokazuju da se izgradnjom retencija mogu značajno smanjiti troškovi regulacijskih radova [18].

Prema tome sustav retencija pokazao se pogodnim rješenjem za obranu grada Zagreba od poplava bujičnih voda s Medvednice, ali istovremeno je proteklih 30-tak godina u provedbi takve koncepcije bilo nedosljednosti. Njih treba otkloniti i obranu od velikih voda temeljiti na realno definiranim velikim vodama.

LITERATURA

1. Chin, D. A. (2000): Water - Resources Engineering, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
2. Chow, V. T. (1964): Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York.
3. Gereš, D. (2004): Voda i katastrofe, Hrvatska vodoprivreda, Vol. 13, br. 136, 16-23.

4. Jovanović, S. (1973): Parametarska hidrologija, Seminar o obradi hidroloških podataka, Izola.

5. Srebrenović, D. (1986): Primijenjena hidrologija, Tehnička knjiga, Zagreb.

6. Žugaj, R. (2000): Hidrologija, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Ostali izvori:

7. Studija za izradu Vodoprivredne osnove grada Zagreba na lijevoj obali Save (A. Stepinac), Elektroprojekt, Zagreb, 1967.

8. Riješenje obrane grada Zagreba od brdskih voda Medvednice s trasama potoka (O. Bonacci), Direkcija za Savu, Zagreb, 1975.

9. Trnava-Reka-Vugrov potok (1979), Idejni projekt, knjiga 1 (O. Bonacci), Opće vodoprivredno poduzeće, Zagreb.

10. Vodoprivredna osnova grada Zagreba (1981): Hidrologija, knjiga 1 (A. Stepinac), Elektroprojekt, Zagreb.

11. Izmjene i dopune vodoprivredne osnove Grada Zagreba (1990): Meteorološke podloge, knjiga 5, poglavlje 2 (M. Gajić-Čapka i K. Zaninović), Republički hidrometeorološki zavoda RH, Zagreb.

12. Izmjene i dopune vodoprivredne osnove Grada Zagreba (1992): Hidrološki podaci za površinske i podzemne vode, knjiga 6 (Z. Srebrenović), J. V. P. Hrvatska vodoprivreda, Organizacija jedinica Zagreb, Zagreb.

13. Izmjene i dopune vodoprivredne osnove Grada Zagreba (1992): Uređenje malih slivova, knjiga 12/2 (Z. Bezić), J. V. P. za slivno područje Grada Zagreba, Zagreb.

14. Izmjene i dopune vodoprivredne osnove Grada Zagreba (1992): Valorizacija i definiranje usaglašenog rješenja, knjiga 22 (Z. Srebrenović), J. V. P. za slivno područje grada Zagreba, Zagreb.

15. Retencija Lagvić - tehnička dokumentacija za dobivanje građevinske dozvole (1990): Evakuacijski objekti, knjiga H2 (J. Rupčić), Elektroprojekt, Zagreb.

16. Rekonstrukcija poplavnog vala velike vode u slivu potoka Črnomerec u Zagrebu na dan 03./04. srpnja 1989. (2002): studija (O. Bonacci), Sveučilište u Splitu, Građevinski fakultet Split.

17. Analiza dostignutog stupnja sigurnosti od poplava bujičnih voda Grada Zagreba izgradnjom retencija i daljnje planiranje sustava (2005): Geološke i hidrološke podloge, knjiga 1, pogl. 5 Hidrologija (R. Žugaj), Hidroinženjering, Zagreb i Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

18. Analiza dostignutog stupnja sigurnosti od poplava bujičnih voda Grada Zagreba izgradnjom retencija i daljnje planiranje sustava (2005): Analiza slivova potoka i smjernice za razvoj sustava retencija, knjiga 3 (Ž. Štefanek, J. Jurković i K. Plantić), Hidroinženjering, Zagreb i Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

AUTORI:

Prof. dr. sc. Ranko Žugaj, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, Pierottijeva 6,
(r.zugaj@rgn.hr)

Krešimir Plantić, dipl.ing.građ.
(k.plantic@hidroinzenjering.hr)

Željko Štefanek, dipl.ing.građ.,
Hidroinženjering, Zagreb, Okučanska 30 ,(z.stefanek@hidroinzenjering.hr), .

TEMA 3.

SUSTAVI VODOOPSKRBE I ODVODNJE OTPADNIH VODA - ODNOS KOMUNALNOG I VODNOGOSPODARSKOG SEKTORA

Voditelji i recenzenti teme:
prof. dr. sc. Davor Malus, prof. dr. sc. Jure Margeta, dr. sc. Siniša Širac

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.01.

BENCHMARKING U VODOOPSKRBI I ODVODNJI

Branka Beović

SAŽETAK: Vodoopskrbna poduzeća su pretrpjela velike promjene tijekom zadnjih godina. Sada, kada je većina stanovnika priključena na sustave, cilj je poboljšanje kvalitete usluga. Tema - benchmarking i ocjena učinka privlači sve veće zanimanje. Brojne su definicije benchmarkinga. On uključuje učenje, razmjenu informacija i prihvaćanje najboljih praksi da bi se poboljšao vlastiti učinak. Brojni vodovodi i kanalizacije (privatni ili javni), vodne udruge i regulatori u Europi i izvan nje koriste indikatore učinkovitosti i benchmarking kao moćan menadžerski alat ili su u procesu njihovog uvođenja. U članku su prikazani neki primjeri. I u Hrvatskoj su uprave pojedinih vodovoda i kanalizacija prepoznale korisnost uvođenja indikatora učinkovitosti, te počele s uvođenjem istih.

KLJUČNE RIJEČI: benchmarking, indikatori učinkovitosti, vodoopskrba, kanalizacija, vodovodi i kanalizacije, udruge vodovoda i kanalizacija

BENCHMARKING IN WATERSUPPLY AND WASTEWATER UTILITIES

SUMMARY: Water and wastewater utilities have undergone great changes over the last years. Now, when majority of population has been connected to the system, the objective is to improve service quality. The subject - benchmarking and performance assessment is attracting increasing interest. There are numerous definitions of benchmarking. It involves learning, sharing information and adopting best practices to make step changes in performance. Many water and wastewater utilities (whether private or public), water associations and regulators in and outside Europe are working with, or implementing performance indicators and benchmarking as a powerful management tool. Some examples are given in this paper. Water utilities in Croatia are starting with implementation of performance indicators and benchmarking.

KEYWORDS: benchmarking, performance indicators, water supply, sewerage, water and wastewater utilities, water associations

UVOD

Vodno gospodarstvo prolazi kroz razdoblje značajnih promjena. Monitoring performansi sustava, benchmarking, tehnički i operativni audit, financijski audit mogu se svrstati u red alata koji mogu pomoći u procesu podizanja kvalitete sustava vodoopskrbe i/ili funkcionalnosti sustava odvodnje otpadnih voda.

Iako vodne usluge u EU u međunarodnim usporedbama dobro kotiraju, po mišljenju

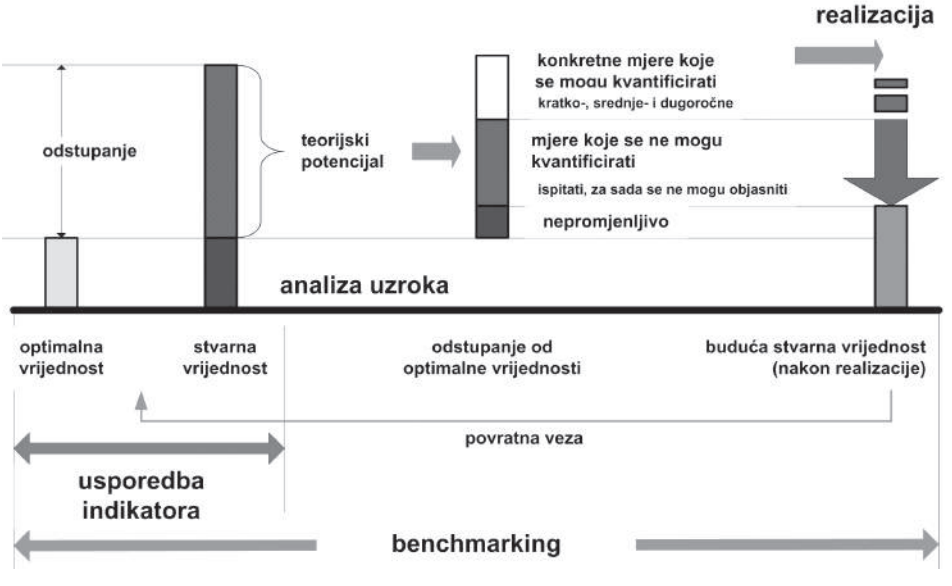
Europske Komisije treba modernizirati vodni sektor po Lisabonskoj strategiji. Direktive o vodama (DWD, UWWD i WFD), te nove WHO-smjernice zahtijevaju velike investicije, ali i inovacije u pročišćavanju voda, skupljanju i pročišćavanju otpadnih voda. Uz to u programu vodovoda i kanalizacija su poboljšanje usluga, pokrivanje troškova (ekonomske cijene) i povećanje učinkovitosti. Benchmarking se pokazao dobrim instrumentom za poticanje rezultata, kako po pitanju kvalitete, tako i učinkovitosti.

ŠTO JE BENCHMARKING ?

Benchmarking je tekući i sustavni proces kojim se učinci i procesi poduzeća uspoređuju s najboljima u klasi, te iz toga izvode mjere za poboljšanje.

Benchmarking se u organizaciju može uvesti interno - uspoređujući ovogodišnje rezultate s prošlogodišnjima, ili eksterno - uspoređujući ih s onima u drugim poduzećima slične veličine i uvjeta rada.

Na slici 1 je prikazan tijek procesa benchmarkinga.



Slika 1: Tijek procesa benchmarkinga [7]

ZAŠTO JE VAŽAN BENCHMARKING ?

- pruža pomoć poduzećima u njihovim naporima za dostizanjem i održavanjem kvalitetnijeg djelovanja
- omogućuju efikasno donošenje odluka u cilju dostizanja željenog nivoa usluga (pouzdanost, kvaliteta, naplata)
- omogućuje usporedbu aktivnosti s ciljevima
- omogućuje ocjenu učinkovitosti procesa
- osigurava povijesne i aktualne informacije

- pomoć je u efikasnijem planiranju
- identificira potencijalna problematična područja
- optimizira djelovanje
- koristan je i za usporedbu aktivnosti sa sličnim organizacijama

BROJNI SU PRIMJERI PRIMJENE BENCHMARKINGA U SVIJETU.

U Njemačkoj se već gotovo 50 godina uspoređuju podaci s područja vodoopskrbe. Vodeće njemačke stručne udruge potpisale su 2005. godine izjavu o benchmarkingu u vodnom gospodarstvu, koji se temelji na sustavu indikatora učinkovitosti (PI) Međunarodne udruge za vode, IWA (IWA-PI). Sadrži aspekte sigurnosti, kvalitete, usluge, održivosti i ekonomičnosti (tzv. model pet stupova). Interes poduzeća i dalje raste, a do sada je je provedeno 35 projekata (različitih nivoa od čiste usporedbe indikatora, benchmarkinga poduzeća ili dijelova, te benchmarkinga pojedinih procesa). Motivi sudionika su različiti, a najčešći su interna procjena učinaka, slijed (povijesni razvoj), ali i usporedba s drugima, te optimizacija pojedinih procesa. Benchmarking u Njemačkoj je dragovoljan, a svi su podaci tajni.

Grupa šest skandinavskih gradova: Kopenhagen, Oslo, Helsinki, Stockholm, Göteborg i Malmö, započela je s benchmarkingom 1995. godine želeći napraviti usporedbu svojih performansi na području vodoopskrbe i odvodnje. Jedan od ciljeva kooperacije grupe 6 gradova bio je pronaći način za ocjenu sveukupnog učinka vodovoda i kanalizacija. Ocjena je morala uzeti u obzir nivo usluge, troškove i aktualni status infrastrukture. Uz ograničeni broj ulaznih podataka njihov je model trebao dati sliku učinka i dugoročnog potencijala poboljšanja. Temelj za razvoj takvog modela bila je studija Jana Adamssona i Petera Stahrea [8]. Od tada svake godine rade metrički benchmarking, a u novije vrijeme rade i projekte benchmarkinga procesa.

U Engleskoj se sustavni benchmarking provodi od 1989. godine.

Nizozemska udruga vodovoda (VEWIN) započela je s benchmarkingom 1997. godine. Sudjelovalo je 15 vodovodnih poduzeća (90%). Svake tri godine provodi se nova usporedba. Predviđa se da će od ove godine benchmarking postati obvezan.

U Austriji je 2002. s ciljem - učiti od najboljih - startao projekt uvođenja PI i benchmarkinga u vodoopskrbi i odvodnji. Primarno služi kao instrument unutarnje kontrole. Sudjelovanje je dragovoljno, zajamčena je anonimnost sudionika i povjerljivost podataka.

ŠTO JE PODLOGA ZA PROVEDBU BENCHMARKINGA?

Podlogu za provedbu benchmarkinga čine indikatori učinkovitosti. Proces uvođenja indikatora učinkovitosti, trenutno je najrašireniji projekt među komunalnim poduzećima u svijetu.

Indikatori učinkovitosti (u daljem tekstu PI) [engleski: Performance Indicators - PI], koriste se kao pomagalo u mnogim tržišno orijentiranim aktivnostima i industrijama širom svijeta. Budući da mehanizmi slobodnog tržišta sve značajnije utječu na bivše monopole kao što su sektori usluga vodoopskrbe i odvodnje i zahtijevaju više transparentnosti i efikasnosti, iskorišten je potencijal PI i na području vodoopskrbe. U zemljama EU, razrađen je sustav kako bi se mogli pratiti učinci liberalizacije vodnog sektora, odnosno uspoređivati privatizirana i poduzeća pod ingerencijom lokalnih uprava. U zemljama kao što su npr. Njemačka i Nizozemska postojao je veliki interes za usporedbu efikasnosti javnih vodoopskrbnih poduzeća s privatiziranim vodoopskrbnim poduzećima (V. Britanija, Francuska) pomoću PI.

Međunarodna Udruga za vode - IWA razradila je sustav indikatora učinkovitosti, koji je objavljen u srpnju 2000. godine i dat na testiranje u 70-tak vodoopskrbnih poduzeća diljem svijeta (slika 2). Sustav obuhvaća 133 indikatora koji su razvrstani u šest grupa: indikatori vodnih resursa, osoblja, kvalitete usluga, fizički, operativni, te financijski i ekonomski indikatori. Budući bi uvođenje kompletnog sustava moglo biti prezahtjevno za mnoga poduzeća, preporučuje se njihovo postupno uvođenje. Odabrati treba one indikatore koji su bitni za konkretno poduzeće i konkretan projekt.

Proces implementacije PI se nastavlja tako da indikatori učinkovitosti postaju referentni za ocjenjivanja stanja vodoopskrbnih poduzeća u svijetu, a tijekom 2006. godini objavljeno je i drugo izdanje priručnika i software-a, temeljem sugestija poduzeća koja su implementirala PI.

Slika 2: Sudionici IWA-PI projekta [1]

Finn Johansen, direktor Vodoopskrbe i odvodnje iz Osla, jednog od 69 poduzeća koja su sudjelovala u IWA PI - projektu rekao je:

"Danas se više nego ikad traži efikasnost, produktivnost, kvaliteta i dobra usluga. Kao direktor poduzeća koje je u vlasništvu grada, iskusio sam te zahtjeve od strane političara i službenika u gradskoj upravi i od korisnika naših usluga. I dodatno tu su zahtjevi pravnih regulatora i ministarstava koji kreiraju politiku. Posljednje, ali ne i najmanje važno: tu je stalni interes medija i organizacija za zaštitu okoliša i drugih interesnih grupa.

(...)

... ovaj sadašnji zahtjev za efikasnošću ne doživljavam kao prijetnju, već prije kao poticaj da bi naše poduzeće postalo još bolje.

"Benchmarking" rutine mogu se uvesti u naše poduzeće interno - uspoređujući naše ovogodišnje rezultate s prošlogodišnjim - ili eksterno - uspoređujući naše učinke s onim drugih poduzeća slične veličine i uvjeta rada. Ili radije s poduzećima koja su bolja od nas u određenim područjima ili aktivnostima.

(...) Najvažniji benchmarking napravljen je unutar svakog poduzeća, kada uspoređujemoovogodišnje PI s onima iz prethodnih godina. To je relevantan motivirajući faktor za zaposlenike u našim drugim odjelima koji će koristiti, uz sve PI koje je koristila

cijela grupa, i neke indikatore specifične za te odjele ...“

Tijekom 2003. godine izrađeni su i odgovarajući pokazatelji za poduzeća odvodnje.

Drugi primjer indikatora su indikatori Svjetske banke (WB).

Međunarodna organizacija za normizaciju (ISO) formirala je Tehnički odbor TC 224 koji je objavio nacrte normi koji obrađuju tematiku usluga iz područja vodoopskrbe i odvodnje.

Primjeri pokazuju da sustavno korištenje indikatora učinkovitosti i benchmarkinga može imati značajan utjecaj na povećanje uspješnosti organizacije. Stoga uz veliki interes samih komunalnih poduzeća, interes pokazuju i lokalne uprave, državna tijela, financijske ustanove, korisnici usluga i drugi.

Mnogi vodovodi i kanalizacije, udruge i regulatori u Europi i svijetu (Engleska, Nizozemska, Danska, Norveška, Švedska, Njemačka, Austrija, Italija, Portugal, SAD, Kanada, Australija, Afrika, Azija, ali i Crna Gora, Srbija, Kosovo i Bosna i Hercegovina) su uveli ili su u procesu uvođenja indikatora učinkovitosti i benchmarkinga kao alata za upravljanje.

I u Hrvatskoj su uprave pojedinih vodovoda i kanalizacija prepoznale korisnost uvođenja indikatora učinkovitosti, te počele s uvođenjem istih.

ŠTO TREBA IZBJEGAVATI?

- benchmarking samo zbog benchmarkinga
- fokusiranje samo na usporedbu rezultata; fokusirati se treba na procese i aktivnosti koji omogućuju postizanje dobrih praksi
- očekivanja da će benchmarking biti brz ili lagan
- trošiti previše vremena na jedan dio procesa na račun drugih
- očekivati da će se naći u potpunosti usporedive organizacije
- tražiti informacije i podatake bez spremnosti da ih se podijeli s drugima

ZAKLJUČAK

Sustavno korištenje indikatora učinkovitosti i benchmarkinga može imati značajan utjecaj na povećanje uspješnosti i učinkovitosti poduzeća. Njihovo uvođenje traži aktivno sudjelovanje vodećih rukovoditelja na svim stupnjevima procesa. Isto tako formiranje ekipe, jasno određivanje njihovih obveza, selekcija PI sustava i specifičnih indikatora ključni su faktor za uspjeh čitavog projekta. Uvođenje benchmarkinga omogućuje da se usporede učinci poduzeća, identificiraju procesi koje je potrebno poboljšati, te implementiraju poboljšani procesi kako bi došlo do poboljšanja djelovanja cijelog sustava.

Bez obzira na tip poduzeća (privatno, javno, kombinirano) ili zemljopisno područje koje ono pokriva, može se pretpostaviti da se svima zajednička osnovna svrha i ciljevi menadžmenta mogu sažeti u: “Postizanje vrhunske razine zadovoljstva potrošača i kvalitete usluga sukladno okvirima prevladavajuće pravne regulative uz optimalno iskorištenje raspoloživih resursa.” [9]

LITERATURA:

1. Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J.M., Parena, R. (2000): Performance indicators for water supply services. Manual of Best Practice Series, IWA Publishing, London.

2. Cabrera, E. Jr., Alegre H. (2002): Example of use SIGMA Lite to assess performance indicators for urban water services. Workshop 3d. - Views and experience gained through implementing the IWA performance indicators system, IWA World Congress 2002, Melbourne, Australija.

3. Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J.M., Parena, R. (2002): Highlights of the IWA system of performance indicators for water supply services. Workshop 3d. - Views and experience gained through implementing the IWA performance indicators system, IWA World Congress 2002, Melbourne, Australija.

4. Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J.M., Parena, R., Cubillo, F., Cabrera, E. Jr., Matos, R. (2002): The IWA systems of performance indicators for urban water services. Workshop 3d. - Views and experience gained through implementing the IWA performance indicators system, IWA World Congress 2002, Melbourne, Australija.

5. A legre H., Baptista, J.M.(2002): Implementation of performance indicators system in a water undertaking. Workshop 3d. - Views and experience gained through implementing the IWA performance indicators system, IWA World Congress 2002, Melbourne, Australija.

6. Beović, B. (2003): Indikatori učinkovitosti. Časopis GVIK-VODA, broj 6, godište IV.

7. DVGW- Merkblatt Hinweis W 1100 (2004): Benchmarking in Wasserversorgungsunternehmen. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn.

8. Adamsson, J., Stahre, P. (2004): Värdering av va-verksamheters effektivitet. Svensk Vatten AB, Stockholm.

9. Lobato de Faria, A., Alegre, H. (1996), Paving the way to excellence in water supply system: a national framework for levels-of-service assessment based on consumer satisfaction, The Maarten Schalekamp Award - 1995, AQUA, Vol. 45, n.1, February 1996, IWSA, London, UK).

AUTORICA:

Branka Beović, dipl.ing.građ.,

Institut građevinarstva Hrvatske d.d., J. Rakuše 1, 10000 Zagreb, tel: +385/1/6125315, fax:+385/1/6125334, e-mail: *branka.beovic@igh.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.02.

AKUMULACIJA BUTONIGA - PROBLEMI BILANCE I KAKVOĆE VODE

Bojana Hajduk Černeha, Josip Rubinić, Nataša Mihelčić

SAŽETAK: Akumulacija Butoniga najznačajniji je umjetni vodozahvat na području Istre. Služi i za zaštitu od poplava, a prvotno planirana namjena bila je i osiguranje voda za navodnjavanje. Godine 2002. dovršeno je i pušteno u rad Postrojenje za kondicioniranje vode iz akumulacije kapaciteta 1000 l/s. Ono pri postojećem režimu korištenja voda još nije doseglo planirani 50%-tni kapacitet, a praktički je već limitirano uvjetima i procesima koji karakteriziraju sliv i akumulaciju. Problemi su posebno vezani uz okolnosti da su ukupni dotoci u akumulaciju značajno manji od planiranih, maksimalni protoci pak višestruko veći od prilikom projektiranja akumulacije proračunatih, a kakvoća sirove vode u akumulaciji nepovoljnija od potrebne za primjeren rad postrojenja za kondicioniranje. Tome su razlozi višestruki - nepovoljan temperaturni režim zbog plitke geometrije, povećan unos hranjivih tvari i time izazvano povećanje stupnja trofije, te nepovoljni trendovi kretanja nekih od kritičnih pokazatelja stanja kakvoće u akumulaciji (amonijak, fosfor), a sve prisutniji su i problemi sa sadržajem mangana u pridnenom sloju. U radu je provedena analiza stanja i procesa vezanih uz akumulaciju i njezin sliv, a prodiskutirana su i neka od potencijalnih rješenja za umanjenje iskazanih problema pri upravljanju akumulacijom kako bi se provela optimizacija korištenja njezinih vodnih resursa.

KLJUČNE RIJEČI: akumulacija, kakvoća voda, vodoopskrba, hidrologija, Butoniga, Istra

BUTONIGA RESERVOIR - PROBLEMS OF WATER BALANCE AND WATER QUALITY

SUMMARY: Reservoir Butoniga is the most important artificial drinking water source in Istria. Its purpose is also a flood protection, and in the beginning of the project it was planed for fields watering. In year 2002 Butoniga water treatment plant with capacity of 1000 l/s was constructed, and operation started. The Plant did not yet achieved planned 50% of the capacity, but it is already limited by conditions and processes that are characterizing catchments area and the reservoir. The problems are specially related to the fact that the total annual inflows are significantly lower than planed, but maximal inflows several times higher than calculated during dam construction, and the water quality in reservoir unsuitable for optimal operation of water treatment plant. There are various reasons: unfavorable temperature regime caused by low depth geometry, increased trophy level caused by higher nutrients income, unfavorable levels of some critical parameters for water quality (ammonium, phosphorus); and increasing problem of manganese in

bottom layer. In this paper the status and processes of reservoir and catchments area were analyzed, and some of possible solutions for diminishing presented problems by reservoir management with goal to optimize the use of its water resources were discussed.

KEYWORDS: water reservoir, water quality, water distribution, hydrology, Butoniga, Istra

1. UVOD

Akumulacija Butoniga relativno je mlada i plitka višenamjenska akumulacija formirana na istoimenom vodotoku u slivu rijeke Mirne u Istri. Njeno je probno punjenje započelo u proljeće 1987.g. Površina sliva akumulacije je oko 73 km^2, a karakteriziraju ga vrlo izraženi erozijski procesi s donosom značajnih količina nanosa u akumulacijski prostor, čemu pogoduju i vrlo naglašeni intenziteti kratkotrajnih jakih oborina. Sliv akumulacije smješten je unutar flišolike serije sastavljene od izmjene lapora, pješčenjaka i sporadičnih pojava konglomerata i breča. Laporovite strukture su jako podložne trošenju, ispiranju i akumuliranju sedimenta u pridnenim slojevima zaplavnog prostora akumulacije. Kako minerali gline koje sadrže lapori imaju veliki prihvatni kapacitet, vrlo su pogodni za adsorpciju pojedinih polutanata i njihovo taloženje u akumulaciji te redistribuciju u reduktivnim uvjetima - kako u stupu sedimenata u akumulaciji tako i u vodenom stupcu iznad njih. Srednja godišnja oborina u slivu akumulacije iznosi oko 1.100 mm, a temperatura oko 13,5 ^{0}C. U slivu se nalazi veći broj sela, naselja i manjih zaselaka sa stanovništvom koje se većim dijelom bavi ekstenzivnom poljoprivredom, s naznakama njezina intenziviranja.

Osnovne dimenzije akumulacijskog prostora su slijedeće: pri koti praga preljeva (41 m n.m.) volumen joj iznosi 19.5 mil. m^3, od čega na mrtvi prostor za prihvat nanosa otpada 2.2 mil. m^3, površina iznosi 2.5 km^2, a srednja dubina 7.8 m. Kota dna akumulacije - ulaznog praga temeljnog ispusta iznosi 23.5 m n.m., tako da maksimalna dubina u akumulaciji u odnosu na kotu praga preljeva iznosi 17.5 m. No, kako se tijekom dosadašnjega rada akumulacije, razina vode održavala na nižim kotama, te uslijed nataloženog nanosa proizlazi da srednja dubina vode u akumulaciji svega oko 5 m.

U tim uvjetima vodoopskrba (izgrađena I faza postrojenja za kondicioniranje vode kapaciteta 1000 l/s, pola od planiranih 2000 l/s na koje je dimenzionirana distribucija) ne samo da ne može računati na ukupne planirane količine vode, već je i dosadašnja količina crpljenja upitna u uvjetima nepovoljnih hidroloških prilika i stanja kakvoće vode u akumulaciji uvjetovanog povećanim donosom hranjivih soli iz sliva i procesima u akumulaciji. Niske razine voda u akumulaciji i njen termički režim bitno utječu na pogoršanje kvalitete vode, te nije daleko situacija da u tim uvjetima postojeće postrojenje za kondicioniranje neće biti u mogućnosti vodoopskrbnom sustavu osigurati pitku vodu primjerene kakvoće.

Stoga su u danom radu prodiskutirani neki od utjecajnih parametara koji determi-niraju režim voda u akumulaciji: elementi vodne bilance i odabrani parametri kakvoće.

2. POTREBE ZA VODOM I OSNOVNE HIDROLOŠKE ZNAČAJKE AKUMULACIJE BUTONIGA

Da bi se spoznali razlozi zanemarivanja ozbiljnih problema s kakvoćom sirovih voda koje danas ima akumulacija Butoniga, nužno je osvrnuti se na povijest ideja i rješenja o

izgradnji akumulacije, podlogama, predviđanjima i previdima. Izgradnja višenamjenske akumulacije Butoniga planirana je još u Vodoprivrednoj osnovi sliva Mirne [15], ali u funkciji obrane od poplava i osiguranja vode za navodnjavanje. Ideja takve namjene razrađivana je u nekoliko kasnijih projekata, kao i u glavnom projektu [1], gdje je predložena i kasnije, pri realizaciji, usvojena kota praga preljeva od 41 m n.m. Naglim razvitkom turizma u Istri i vezano uz to istaknutim trendom porasta potreba za vodom javljaju se i prve ideje o potencijalnoj vodoopskrbnoj namjeni akumulacije.

No, početak izgradnje akumulacije, odnosno brane Butoniga 1979.g., vezan je uz koncept izgradnje samo I faze akumulacije (s kotom praga 34.5 m n.m.) s namjenom isključivo obrane od poplava. Izgradnja je započela 1979.g. kao planirana I faza, a izrađeno je i idejno rješenje vodoopskrbnog sustava Istre [4]. U tom se dokumentu analiziraju vodoopskrbne potrebe u Istri te utvrđuje manjak od 1945 l/s vode tijekom 100 kritičnih ljetnih sušnih dana. Za taj se manjak (16,8 mil. m^3) olako i bez ikakvih ozbiljnih analiza (samo na temelju usporedbe tako iskazanih potreba i volumena akumulacije) procjenjuje da ga je moguće osigurati upravo iz akumulacije Butoniga. Izmjenama glavnog projekta [3], prilazi se istovremenoj izgradnji konačne faze brane sa usvojenom kotom praga preljeva od 41 m m.n., s prioritetnom vodoopskrbnom funkcijom. Prema tom rješenju, prognozirani srednji godišnji dotok u akumulaciju iznosio je 0.95 m^3s^{-1}, odnosno ukupno godišnje oko 30 mil. m^3. Planirano je da akumulacija funkcionira sa stalnom maksimalnom ispunjenošću, a da za transformaciju velikih vodnih valova služi samo dio zaplavnog prostora iznad kote praga preljeva. Velike vode preuzete su iz ranijih simplificiranih obrada [2] pa je tako npr. maksimalni 100-godišnji protok prognoziran s vršnom vrijednosti od svega 120 m^3s^{-1}, te volumenom 3,9 mil. m^3. Problemi kakvoće vode u akumulaciji i nizvodnom toku Butonige, problemi potrebnog minimalnog volumena vode u akumulaciji te ekološki prihvatljivog protoka, nisu bili u tom rješenju uopće akceptirani. No, razdoblje nakon izgradnje akumulacije pokazalo je tri neugodne istine - da su dotoci u akumulaciju manji od prognoziranih i s nepovoljnijom unutar godišnjom raspodjelom, da su velike vode višestruko veće od prognoziranih, a da su procesi degradacije kakvoće vode u akumulaciji sve izraženiji. Da je akumulacijski prostor značajnije veći, ti bi problemi bili manje izraženi.

Naime, vrlo brzo po formiranju akumulacije, koje je razdoblje koincidiralo s nekoliko vrlo sušnih hidroloških godina, provedene su hidrološke analize [12,16,17] i utvrđene velike razlike između prognoziranih i zabilježenih hidroloških značajki koje su ukazivale na postojanje bitno ograničavajućih elemenata za razvoj planiranoga korištenja akumulacije. Tako je prema spomenutom dokumentu iz 1996.g. procijenjeni srednji godišnji protok u akumulaciju od 0,830 m^3s^{-1}, odnosno 26,2 miliona m^3, a što je oko 15 % manje od spomenute procjene iz glavnog projekta akumulacije. No, pojedinih godina javljaju se i daleko manji prosječni godišnji dotoci - 1988./89. svega 0,339 m^3s^{-1} (uk. god svega 10,7 mil. m^3), a praktički isto toliko već i slijedeće hidrološke godine - 0,345 m^3s^{-1} (10,9 mil. m^3). Istovremeno, na temelju analize zapaženog vodnog vala iz listopada 1993.g. (sa srednjim maksimalnim satnim protokom od 301,4 m^3s^{-1} i ukupnim volumenom od preko 6 mil. m^3), proračunati maksimalni protoci su višestruko veći od ranijih procjena pa je tako 100-god protok procijenjen na 287 m^3/s s odgovarajućim volumenom od 5,7 mil. m^3.

No, i u kontekstu takvih nepovoljnih ocjena hidroloških prilika, dio daljnjih rješenja vezanih uz upravljanje akumulacijom Butoniga [9,7] minorizira problem (ne)mogućnosti osiguranja planiranih vodoopskrbnih potreba. Nakon provedenog međunarodnog natječaja, tvrtka Thysen počinje 1995.g. izgradnju uređaja za kondicioniranje voda iz akumulacije, a koji je dovršen u ljeto 2002.g. s kapacitetom od 1000 l/s u prvoj fazi, odnosno 50%-tnim

kapacitetom u odnosu na ukupno planirane potrebe. Ipak, dio objekata uređaja, kao i cijeli ranije izgrađeni sustav distribucije, dimenzioniran je na planiranu konačnu II fazu od 2000 l/s. Za zahvaćanje vode iz akumulacije Istarskom je vodovodu dodijeljena koncesija za korištenje 10 miliona m^3 godišnje. Do sada se maksimalno godišnje koristilo 7,4 miliona m^3 (2006.) i to s režimom od oko 200 l/s izvan sezone pa do 500 l/s tijekom ljeta.

Problem hidrologije i korištenja vode iz akumulacije Butoniga aktualiziran je u dokumentu Hrvatskih voda [10]. U njemu je za razdoblje 1973/74 - 2001/02 dobiven sr.god. protok u akumulaciju od 0,816 m^3s^{-1}, odnosno 25,7 miliona m^3. Konstatirano je da je korištenje vode za vodoopskrbu maksimalno moguće sa količinom od 1000 l/s za cijeli ljetni period, u kojim uvjetima se razina vode u akumulaciji spušta do 37 m n.m. Navedeni dokument nije se bavio analizom kakvoće voda, tako da nije analizirao okolnosti da bi se u takvim sušnim uvjetima i stanjima niskih voda morala zahvaćati voda iz epilimnija (topli površinski sloj), što nosi dodatne probleme zbog kojih postojeći uređaj za kondicioniranje očekivano ne bi mogao osiguravati pitku vodu potrebne kakvoće upravo tijekom kolovoza kada su potrebe i najizraženije. Naime, voda iz epilimnija u kolovozu nije pogodna za vodoopskrbu zbog povišene temperature (iznad 25°C, koliko je prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, NN 182/04, najviša dozvoljena temperatura u vodoopskrbi), i s time povezanom biološkom aktivnosti.

Situaciju u akumulaciji dodatno otežava okolnost da je potrebama za vodom za vodoopskrbu nužno pridodati i gubitke od kojih su pri dosadašnjim bilanciranjima uglavnom jedino respektirani gubici na isparavanja (godišnje 1,2 - 1,7 mil. m^3). Naime, prisutni su i gubici kroz izvore u lijevom boku akumulacije, gubici uslijed potrebe ispuštanja pridnene anoksične vode na kraju sušnog razdoblja, kao i očekivane potrebe osiguravanja kontinuiranog biološkog minimuma nizvodno, a čija procijenjena veličina na razini godišnjeg sumarnog podatka iznosi oko 5 mil. m^3.

3. OSNOVNE HIDROKEMIJSKE ZNAČAJKE AKUMULACIJE BUTONIGA

Ispitivanje kakvoće voda i ocjena stanja polazne su osnove za određivanje mogućnosti korištenja voda za razne namjene, utvrđivanja uzroka i posljedica onečišćenja, određivanja potrebnih mjera zaštite voda i kontrole poduzetih mjera zaštite. Osnova za određivanje kakvoće sirove vode je aktualna zakonska regulativa: Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98) i Uredba o opasnim tvarima u vodama (NN 78/98). Prema Državnom planu za zaštitu voda (NN 99/8) akumulacija Butoniga svrstana je u II kategoriju voda. Kategorizacijom voda se utvrđuje planirana vrsta vode polazeći od mjerila iz Uredbe o klasifikaciji voda. Kakvoća vode akumulacije Butoniga sustavno se ispituje počevši od njenoga formiranja, a prema postojećem monitoringu koga provode Hrvatske vode, a operativni izvršitelj je ZZJZ Istarske županije, kakvoća se ispituje dvanaest puta godišnje na dubinama od 0,5 m ispod površine i 1 m od dna.

Prvi dokument koji je ozbiljno upozorio na nepovoljne prilike u ovoj za vodoopskrbne uvjete vrlo plitkoj akumulaciji bila je studija Energoprojekta [6] u kojoj su obrađene prve tri godine od početka formiranja akumulacije. Kasnije je izrađeno i više različitih godišnjih izvješataja i studija o stanju voda u akumulaciji vezanih uz različite aspekte kakvoće

vode [14] a u kojima je sa porastom starosti akumulacije evidentiran porast trofije, kao i pojedinih kritičnih pokazatelja vezanih uz procese u akumulaciji i posebice na njenom dnu. Utjecaj termalne stratifikacije i trend pogoršanja kakvoće voda u smislu godišnje kategorizacije njezinih voda prvi je puta detaljnije obrađen u diplomskom radu Kalanj [13]. U studiji Hidroinžinjeringa [8], koja analizira mogućnosti zaštite akumulacije Butoniga od unosa nutrijentima opterećenog nanosa i voda rekonstrukcijom postojeće retencijske pregrade Jukani, na samom utoku bujičnog ogranka Butonige, također su prikazane vrlo zabrinjavajuće značajke i trendovi pojedinih hidrokemijskih i bioloških parametara kakvoće. Otuda ideja da se postojeća retencija Jukani (početnog volumena 165.000 m^3, a nakon rekonstrukcije smanjenog na 50.000 m^3), namijenjena za zadržavanje dijela nanosa uredi tako da se njome ostvari predtretman voda formiranjem umjetne močvare, što traži veće hidrotehničke zahvate: predlaže se nadvišenje pregrade Jukani do kote 53 m n.m. i time povećanje volumena retencija na 2,1 mil. m^3 kako bi se vodni valovi iz sliva mogli zadržati u retenciji i kroz močvaru kontrolirano ispuštati s maksimalnom protokom od 3,0 m^3s^{-1}, s vremenom potpunog pražnjenja retencije od 10 dana.

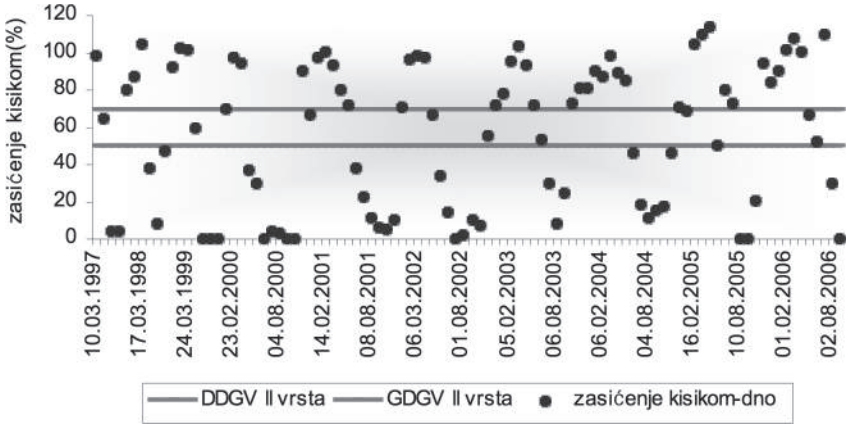
Rezultati praćenja kakvoće dani u nastavku ukazuju da će biti nužno provesti radikalnije strukturalne zahvate i upravljačke mjere za poboljšanje kakvoće vode u akumulaciji. Prema svim analiziranim podacima za razdoblje 1997.-2006., provedena je klasifikacije vode akumulacije Butoniga na profilima - površina i dno (Tablica 1). Iz nje je vidljivo da se površinski sloj vode može svrstati u III-IV kategoriju zbog režima hranjivih tvari, a dno u V kategoriju zbog režima kisika i hranjivih tvari, a što je značajno odstupanje u odnosu na propisanu II kategoriju.

Tablica 1.: Klasifikacija vode akumulacije Butoniga na profilima - površina i dno od 1997. do 2006. g.

Akumulacija	Skupine pokazatelja	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Stvarna vrsta
BUTONIGA	A	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
površina	B	II	II	I	II	II	II	II	I	I	I	I-II
	C	III	II	III	IV	III	III	IV	IV	IV	III	II-III-IV
	D	I	I	I	II	I	II	I	II	I	I	I-II
BUTONIGA	A	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
dno	B	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
	C	III	III	IV	IV	V	IV	V	IV	V	IV	III-IV-V
	D	II	II	II	II	II	III	III	III	II	II	II-III

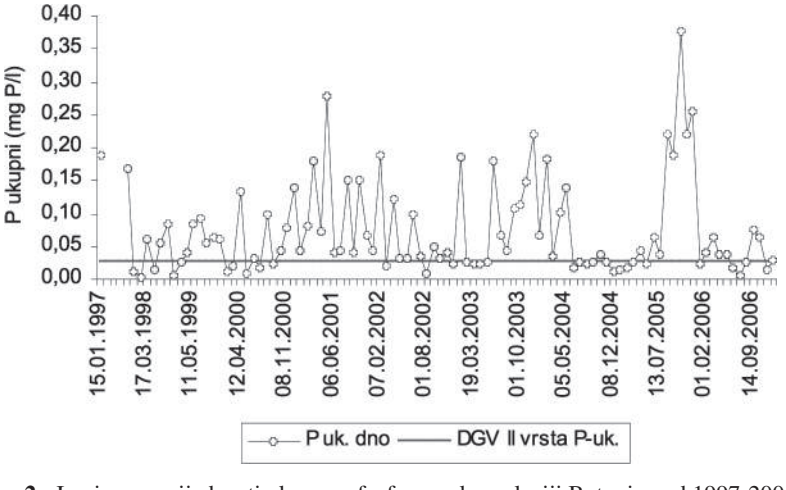
Hranjive tvari u vodi obuhvaćaju spojeve koji su nutrijenti u procesu primarne produkcije, odnosno sadrže elemente ograničavajuće za rast algi, prvenstveno fosfor i dušik. Hranjive tvari u vodeno tijelo akumulacije dospijevaju iz dva izvora: ispiranjem iz tla i putem otpadnih voda iz slivnog područja, te remobilizacijom iz sedimenata. Proces remobilizacije uvjetovan je nedostatkom kisika pri dnu akumulacije.

Kvalitetu vode akumulacije Butoniga određuje izrazita termička stratifikacija od travnja do listopada. Temperatura vode akumulacije kreće se u velikom rasponu od 3,5 do 28°C (sred.vr. 15,6° C) na površini, a pri dnu od 3 do 22,4° C (sred.vr. 10,9° C). Termoklina, odnosno granica između toplog i hladnijeg sloja vode spušta se do dubine 8 m ispod površine na kraju ljeta, što ostavlja minimalni volumen hipolimnija (hladnijeg sloja) pogodnog za vodoopskrbu, samo u središnjem, najdubljem dijelu akumulacije.



Slika 1.: Vrijednosti zasićenja kisikom u pridnenom sloju akumulacije Butoniga od 1997 do 2006. g. u odnosu na propisane vrijednosti iz Uredbe o klasifikaciji voda. (DDGV-dolnja dopuštena granična vrijednost; GDGV-gornja dopuštena granična vrijednost)

Koncentracija otopljenog kisika prati temperaturne promjene i mijenja se sa dubinom akumulacije. U epilimniju je voda dobro zasićena ili prezasićena kisikom, u hipolimniju dolazi do hipoksije i potpune anoksije pri dnu. Zasićenje kisikom u hipolimniju kreće se u rasponu vrijednosti od 0 % do 113 % (Slika 1). Koncentracija otopljenog kisika u pridnenom sloju je u 42 od 100 mjerenja ispod dopuštene granične vrijednosti za II vrstu voda tj. ispod 6 mg O_2/l.

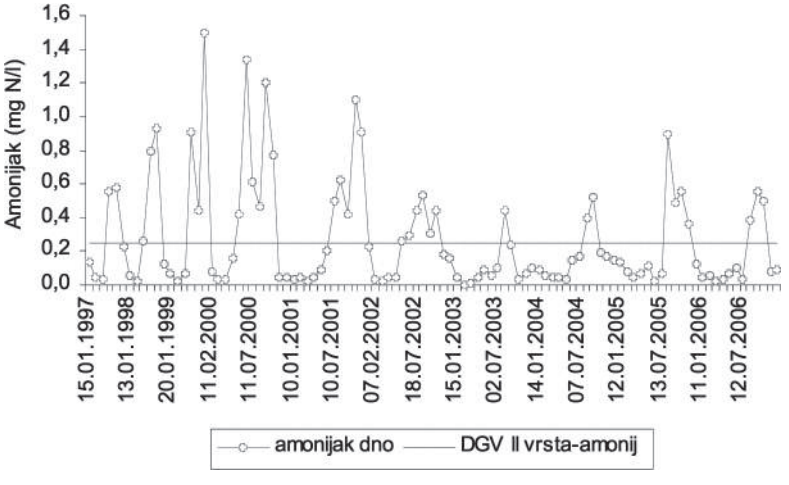


Slika 2.: Izmjerene vrijednosti ukupnog fosfora u akumulaciji Butoniga od 1997-2006.g

Manjak kisika u pridnenom sloju pospješuje redukcijske procese pa dolazi do remobilizacije fosfora iz sedimenta i oslobađanja amonijačnog dušika. Izmjerene vrijednosti ukupnog fosfora u površinskom i pridnenom sloju su uglavnom iznad DGV za II vrstu voda i pokazuju trend porasta vrijednosti. Izmjerene vrijednosti ukupnog fosfora u pridnenom sloju kreću se od 0,006 do 0,376 mg P/l (Slika 2). Rastući trend posebno zabrinjava,

jer je to indikator procesa eutrofikacije: više fosfora pospješuje bioprodukciju, povećava koncentarciju biomase u jezeru, koja raspadom ponovno oslobađa hranjive tvari i pospješuje bioprodukciju u slijedećem godišnjem ciklusu.

U pridnenom sloju koncentracija amonijaka je u 30 mjerenja od 100 prekoračila dopuštenu graničnu vrijednost propisanu za II vrstu voda (slika 3). Amonijak se u procesu kondicioniranja vode uklanja biološkim procesima na sporim pješčanim filtrima koji ovise prvenstveno o aktivnosti biomase, te je njegovu koncentraciju na kraju procesa teško kontrolirati primjenom postojećih tehnoloških postupaka na postrojenju. Kod zahvaćanja vode sa visokom koncentracijom amonijaka (ljetni mjeseci) postoji realna opasnost proizvodnje zdravstveno neispravne vode.



Slika 3.: Izmjerene vrijednosti amonijaka u akumulaciji Butoniga u razdoblju od 1997-2006. g.

Zbog nedostatka kisika u pridnenom sloju dolazi i do otapanja željeza i mangana, te povećanja koncentracije tih metala u hipolimniju. Prema Uredbi o opasnim tvarima za I i II vrstu voda dozvoljena je koncentracija željeza do 100 μg/l, a mangana do 50 μg/l. U pridnenom sloju izmjerene vrijednosti željeza kretale su se do 6814 μg/l, a mangana do 1703 μg/l. U 73 mjerenja od 98 koncentracija željeza prekoračuje najveću dopuštenu koncentraciju, a mangan u 57 mjerenja. Željezo i mangan uklanjaju se u postupku kondicioniranja procesima oksidacije sa ozonom, pri čemu nastaju njihovi oksidi koji se talože. Uslijed visokih koncentracija željeza i mangana koriste se visoke doze ozona, ali time mangan postaje najkritičniji parametar u procesu kondicioniranja, jer postoji mogućnost preoksidacije mangana, ponovno u topivi oblik, koji prolazi kroz filtre, te zaostaje povišena vrijednost u izlaznoj vodi (MDK 50 μg/l).

Očekuje se da će spomenuti, kao i više drugih parametara, biti još kritičniji s porastom starosti akumulacije i crpljenja pri nižim razinama vode, kao i u uvjetima iskazane potrebe zahvaćanja vode iz epilimnija. Za taj sloj karakterističan je pojačan rast algi te posebno cijanobakterija, što povećava koncentraciju organske tvari u sirovoj vodi i uzrokuje potencijal stvaranja algalnih metabolita (takozvanih cijanotoksina), spojeva male molekulske mase, ali izrazite cititoksičnosti, koji se procesima kondicioniranja vode teško uklanjaju. Kako praćenje rasta algi, te eventualnih metabolita, sustavno ne postoji može se samo pretpostaviti razina potencijalne opasnosti.

U vodi iz hipolimnija kao kritični parametar može se navesti gore navedeni amonijak čije

uklanjanje u procesu ovisi o biologiji sporih pješčanih filtra i mangan kojem je razina na izlazu već dostizala vrijednosti oko 30 µg, što je vrlo blizu MDK. Naravno, kritična je i koncentracija organske tvari, ne sama po sebi, već kao potencijal za stvaranje nuspordukata dezinfekcije ozonom i klorom. Iz pogonskih podataka uočljiv je i porast koncentracije trihalometana u izlaznoj vodi u kolovozu i rujnu.

4. ANALIZA AKTIVNOSTI ZA POVEĆANJE KAPACITETA AKUMULACIJE I OČUVANJE KVALITETE VODE

Do sada provođene aktivnosti na zaštiti slivnog područja i očuvanju kvalitete vode akumulacije uglavnom su poduzimane radi očuvanja nekog nultog, odnosno početnog stanja. Ukoliko se želi koristiti puni kapacitet Vodoopskrbnog sustava Istre - vodovoda Butoniga to u budućnosti neće biti dovoljno. Iako je postupak obrade vode na Postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga tehnološki dobro koncipiran za postojeću kvalitetu vode, nju je potrebno održati barem na dosadašnjem nivou. To u uvjetima iskazanih negativnih trendova, a pogotovo i planiranog povećanja potreba za vodom u odnosu na postojeću razinu korištenja neće biti moguće. U protivnom sirova voda akumulacije zahtijevat će uvođenje dodatnih, težih i skupljih postupaka obrade, ili je čak neće biti moguće dovesti na nivo kvalitete vode za piće u određenom dijelu godine (kolovoz, rujan). U periodu postojanja akumulacije mnogo je različitih čimbenika praćeno kako u slivu tako i u samom jezeru, bili su uključeni različiti pravni subjekti (Hrvatske vode, Zavodi za javno zdravstvo, Fakulteti, VSI-Vodovod Butoniga, Istarski vodovod) iz čega je proizašao veliki broj dokumenata iz različitih područja. No, sva ta dokumentacija nije sistematizirana u smislu da postoje koncenzus o tome u kom smjeru treba dalje djelovati, i koji su prioriteti u nekom realnom dinamičkom planu daljnjih aktivnosti.

Aktivnosti koje su do sada poduzimane bile su usmjerene na upravljanje akumulacijom u smislu punjenja i ispuštanja dijela vode, sprečavanje erozije na obalama same akumulacije i u njenom slivu, zaštita od djelovanja ljudi (zabrana rekreacije u i oko jezera), te bio - manipulacija uvođenjem novih vrsta riba. Naravno da te aktivnosti treba nastaviti pa i pojačati, ali one nisu i dovoljne.

Aktivnosti koje bi trebalo poduzimati u narednom periodu moraju biti usmjerene u dva pravca. Prije svega to se odnosi na dopunu i dosljednu provedbu upravljačkih mjera u slivu kojima bi se ograničio donos nanosa i nutrijenata u akumulaciju. No, ni to neće biti dovoljne, pa je nužno i povećanje kapaciteta akumulacije kako bi se optimalnije koristili njeni dotoci, a isto tako nužno je i osiguranje mehanizama aktivnog upravljanjem kakvoćom vode u akumulaciji. Najprije bi trebalo ispitati sve aspekte vezane uz mogućnost nadvišenja brane. No, alternativno tome, nužno je ispitati i mogućnost izgradnje značajnijih pred-akumulacija na glavnim pritocima u akumulaciju koje bi bile u stanju prihvatiti ne samo pojedine vodne valove, nego i osigurati dugotrajnije zadržavanje dotoka. U tim bi se pred akumulacijama dominatno odvijali sedimentacijski procesi, a voda iz njih kontrolirano (uz moguće dodatne tretmane kroz filterske slojeve i/ili umjetne močvare) upuštala u postojeću akumulacija koja bi se tako mogla dugotrajno držati na visokim kotama te i time osiguravati primjereniju kakvoću. U takvim pred-akumulacijama bi se primjerenije mogao i odstranjivati nanos.

Osim toga, pogotovo ako se pokaže da su prethodno spomenuta rješenja neodgovarajuća, trebalo bi detaljnije tehnički razraditi ideje o više mogućih načina umjetnog prihranjivanja akumulacije (prije svega vodama iz izvora Bulaž i Gradole kada oni imaju preljevne viškove voda), no što iziskuje i osjetljive limnološke analize kako bi se odredilo mjesto i

način dodavanja vode u akumulaciju koji bi bio optimalan za ekosustav. U tom smislu idu i rješenja vezana uz prijedloge najnovijeg Vodoopskrbnog plana Istre, u izradi [11] kao i tekuća sagledavanja mogućnosti da se dio godine na uređaju za kondicioniranje Butoniga ne koristi voda iz akumulacije nego voda iz izvora Bulaž i Gradole.

Obzirom da akumulacija postoji već gotovo 20 godina trebalo bi ispitati i mogućnost barem djelomičnog odmuljivanja dna, u široj zoni zahvatnog tornja, ali u uvjetima bez pražnjenja akumulacije, kako bi se uklanjanjem sedimenta značajno smanjili nepovoljni procesi pri dnu u periodu anoksije.

5. ZAKLJUČCI

U radu je utvrđeno da pri postojećem volumenu akumulacije zbog smanjenih dotoka i većih voda u odnosu na planirano stanje, kao i vrlo nepovoljnog temperaturnog režima, na raspolaganju za vodoopskrbu stoji značajno manja količina voda od projektom predviđenih. Evidentni su procesi pogoršanja kakvoće vode tako da u površinskom dijelu akumulacija ima karakter voda III ili IV kategorije, a pri dnu čak i V vrste.

Utvrđeno je da voda iz epilimnija u ljetnim mjesecima nije pogodna za vodoopskrbu zbog visoke temperature i s time povezane biološke aktivnosti, a da su u vodi iz hipolimnija kritični parametri amonijak, mangan i ukupna organska tvar koja sa ozonom i klorom stvara nusprodukte dezinfekcije. To ograničava povećanje količina crpljenja iz akumulacije, a može donijeti probleme i s postojećom razinom i načinom korištenja voda u uvjetima pojave nepovoljnih hidroloških prilika.

Stoga je nužno u vrlo skoro vrijeme osigurati primjerene upravljačke i strukturalne mjere kojima bi se osiguralo povećanje aktivnog volumena akumulacijskog/skih prostora na analiziranom području, kao i kontrole kakvoće vode.

6. LITERATURA

1. Elektroprojekt (1971): Akumulacija Botonega - glavni projekt. Zagreb. Nepubl.
2. Elektroprojekt (1977): Brana na Botonegi - I etapa izgradnje - glavni projekt. Zagreb. Nepubl.
3. Elektroprojekt (1981): Brana na Botonegi - Izmjena glavnog projekta. Zagreb. Nepubl.
4. Energoprojekt (1980): Vodoopskrbni sistem Istre - Idejno rešenje. Beograd. Nepubl.
5. Energoprojekt (1984): Akumulacija Botonega - hidrološka studija. Beograd. Nepubl.
6. Energoprojekt (1991): Akumulacija Butoniga - sanitarno-ekološka studija - formiranje akumulacija - knj.5. (nos zad. Filip, A.), Nepubl.
7. Građevinski fakultet Rijeka (1998): Plan navodnjavanje za područje Istarskih slivova (nos.zad. Kos, Z.), Rijeka, Nepubl.
8. Hidroinžinjering (2006): Retencija Jukani - Pilot projekt zaštite akumulacije Botonege od unosa nutrijentima opterećenog nanosa i vode. (nos. zad. Štefanek, Ž.), Zagreb, Nepubl.
9. Hrvatske vode VGO Rijeka (1998): Plan navodnjavanja za područje istarskih slivova - Vodoprivredna rješenja - Koncepcija i akumulacije (nos.zad. Pavletić, L), Rijeka, nepubl.
10. Hrvatske vode VGO Rijeka (2005): Akumulacija Botonega - Korištenje i upravljanje (nos.zad. Pavletić, L.), Rijeka, Nepubl.
11. IGH PC Rijeka (u izradi): Vodopskrbni plan Istarske županije - verzija 13.10.2006. (nos.zad. Ravlić, N.), Rijeka, Zagreb, Nepubl.

12. JVP istarskih slivova (1992): Akumulacija Botonega - hidrološka analiza (nos.zad. Rubinić, J.). Labin. Nepubl.

13. Kalanj, M. (2006): Značajke kakvoće sirove vode i analiza termičkog režima akumulacije Butoniga. Dipl. rad Građ. fak. Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Nepubl.

14. Prirodoslovno-matematički fakultet (2000): Trofička i biološko-ekološka obilježja akumulacije Butoniga (nos.zad.Kerovec,M.,Mrakovčić,M.), Zagreb, Nepubl.

15. Projekt. (1964): Vodoprivredna osnova sliva Mirne. (nos.zad. Srebrenović D.). Zagreb. Nepubl.

16. Rubinić,J., Ožanić,N. (1995): Hidrološki aspekti gospodarenja akumulacijom Botonega u Istri. U: Zbornik radova 1. Hrvatske konferencije o vodama (Dubrovnik, 24-27.05.1995): 147-157.

17. Rubinić, J. (1996): Plan natapanja na području istarskih slivova - hidrologija. Labin. Nepubl.

AUTORI:

Bojana Hajduk Černeha[1],

Josip Rubinić[2],

Nataša Mihelčić[3]

[1] Istarski vodovod, 52420 Buzet, Sv.Ivan 8, bojana.h.c@ivb.hr

[2] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 51.000 Rijeka, V.C.Emina 5, jrubinic@gradri.hr

[3] Hrvatske vode, VGO Rijeka, 51.000 Rijeka, Đ.Šporera 5, Natasa.Mihelcic@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.03.

SUSTAV UPRAVLJANJA SIGURNOŠĆU VODE U VODOVODU LIBURNIJE I ZALEĐA

Višnja Hinić, Alenka Turković-Juričić, Ervino Mrak

SAŽETAK: Vodoopskrbni sustav Liburnije i zaleđa vrlo je kompleksan. Opskrbljuje oko 26680 stanovnika, a koristi vodu pet vlastitih izvorišta, te vodu iz riječkog vodovoda i vodovoda Ilirske Bistrice (Slovenije). Distribucijski sustav čini 98 vodosprema i prekidnih komora te 317 km cjevovoda. Kvaliteta vode izvorišta i zdravstvena ispravnost vode u vodovodnoj mreži je izvrsna. U vodovodu se pristupilo razvoju i uspostavljanju sustava upravljanja zdravstvenom ispravnošću vode i sigurnošću opskrbe vodom sa svrhom održanja dobrog stanja i postizanja visoke razine sigurnosti opskrbe vodom u redovitim i izvanrednim situacijama. Sustav je postavljen na načelima višestrukih razina zaštite, analize opasnosti i kritičnih kontrolnih točaka (HACCP) te sistematskom pristupu upravljanja, u skladu s normom Sustavi upravljanja sigurnošću hrane (HRN EN ISO 22000:2006).

Učinkovito upravljanje sigurnošću vodoopskrbe moguće je jedino sagledavanjem svih koraka u zaštiti vode od slivnog područja izvorišta do slavine potrošača. U radu je na primjeru vodovoda Liburnije i zaleđa prikazan način razvoja sustava upravljanja sigurnošću vode koji obuhvaća: (1) procjenu vodoopskrbnog sustava (poznavanje stanja i funkcioniranja sustava, uključujući karakterizaciju izvorišta vode, identifikaciju potencijalnih izvora zagađivanja u slivu, mjere zaštite izvorišta, postupke prerade i spremanja vode te raspodjele potrošačima, efikasnost postojećih procesa i infrastrukture u kontroli potencijalnih rizika (2) kontrolne mjere radi sprječavanja, smanjivanja ili uklanjanja onečišćenja (infrastruktura, oprema, opskrba energijom, materijali i kemikalije, postupci rada, osposobljenost zaposlenika) (3) praćenje kontrolnih mjera.

KLJUČNE RIJEČI: vodoopskrba, sustav upravljanja, HACCP, ISO 22000

SUMMARY:

1. UVOD

TD «Komunalac» d.o.o. Opatija obavlja djelatnost opskrbe pitkom vodom za područje Grada Opatije i općina Matulji, Lovran i Mošćenička Draga. Vodoopskrbni sustav (Vodovod Liburnije i zaleđa) je kompleksan. Koristi vodu pet vlastitih izvorišta, te vodu iz riječkog vodovoda i vodovoda Ilirske Bistrice (Slovenije). Učinkovito upravljanje sigurnošću vodoopskrbe moguće je jedino sagledavanjem svih koraka u vodoopskrbnom lancu, od zaštite izvorišta i njegovog slivnog područja do raspodjele vode potrošačima.

Zaštita izvorišta i njegovog slivnog područja prva je razina zaštite vode u vodoopskrbnom sustavu. Očuvanje kvalitete vode izvorišta donosi zdravstvene i ekonomske povoljnosti kroz npr. smanjenje upotrebe kemikalija u procesu obrade vode i stvaranja nusprodukata te minimiziranje troškova pogona. Međutim, upravljanje slivnim područjem izvorišta bitno se razlikuje od upravljanja vodoopskrbnim sustavom. Ono je izvan odgovornosti jednog subjekta i pravne osobe koja upravlja vodovodom. S druge strane sustav upravljanja sigurnošću vodoopskrbe bez uspostavljanja ove prve razine zaštite je manjkav. U Vodovodu Liburnije i zaleđa cjelovito sagledavanje i rješavanje problematike upravljanja sigurnošću vode postignuto je s jedne strane radom na uspostavljanju zona sanitarne zaštite izvorišta i s druge strane uvođenjem sustava upravljanja sigurnošću vode u skladu s normom HRN EN ISO 22000:2006.

2. OPIS VODOVODA LIBURNIJE I ZALEĐA

Vodovod Liburnije i zaleđa opskrbljuje oko 26.680 stanovnika (priključenost stanovništva je 92%). Ukupno ima 11.135 vodovodnih priključaka, od čega za domaćinstvo 9.816, a za gospodarstvo 1.319. Ukupno se godišnje isporuči 2.322.808 m^3 vode (2006.g.).

Prerada vode vrši se samo postupkom dezinfekcije klornim sredstvima. Sirova voda vlastitih izvorišta dezinficira se elementarnim klorom i natrijevim hipokloritom (3 mjesta doziranja). Dodatna dezinfekcija vode riječkog vodovodnog sustava i vode vlastitih izvorišta u distribucijskom sustavu vrši se natrijevim hipokloritom na 5 točaka.

Distribucijski sustav čini 98 objekata (vodospreme i prekidne komore) ukupnog kapaciteta 23.881 m^3 i cjevovodi ukupne dužine 317 km. Područje vodoopskrbe podijeljeno je u pet zona.

3. ZAŠTITA IZVORIŠTA NA PODRUČJU LIBURNIJE I ZALEĐA

Za sve izvore na obroncima Učke određene su na osnovi hidrogeoloških istražnih radova zone sanitarne zaštite: I. zona zaštite u mjerilu 1 : 1000, II. zona u mj. 1 : 5000, III i IV zona u mjerilu 1 :25000 (Biondić, B., Dukarić, F. 1999). Prva zona zaštite izvorišta dijeli se na prvu A i prvu B zonu. Odluka o zonama sanitarne zaštite ovih izvorišta donesena je 2000. godine. Samo prvom A zonom upravlja Komunalac Opatija.

Izvori Vela Učka, Mala Učka, Sredić i Rečina pripadaju slivu glavnog grebena Učke kojeg izgrađuju intenzivno razlomljene i okršene karbonatne stijene. Vrijeme od ulaska vode u podzemlje do pojave na izvorima je samo nekoliko sati. Sliv je gotovo u cijelosti prekriven šumom. Izvori zagađivanja su malobrojni: to je ispaša ovaca na području prihranjivanja izvora Mala Učka, šumski radovi u slivu izvora Rečina koji mogu dovesti do stvaranja erozijskih područja, objekti uz TV odašiljač (zatvorena sabirna jama za otpadne vode) i pristupna cesta ovim objektima.

Vodonosnik izvora u Tunelu Učka je tipični karbonatni vodonosnik koji obuhvaća najviše predjele masiva Učke. Sjeverne i sjeverno-istočne padine Učke su područje s brojnim rasjedima, ponikvama i jamama. Sabirna površina i priljevno područje je neizgrađeno i pokriveno šumom. U prvoj B i drugoj zoni zaštite nalaze se tri ugostiteljska objekata i cesta preko Učke. Cestovni tunel prolazi neposredno iznad izvora (ima zatvoreni sustav kanalizacije).

U ožujku 2007. završen je i Program sanacije svih postojećih objekata i djelatnosti u slivovima ovih izvorišta. Mjere sanacije odnose se na uklanjanje dva spremnika naftnih

derivata, sanaciju trafostanica (izvedba nepropusne uljne jame ili zamjena uljnog transformatora suhim), zabranu prijevoza opasnih tvari cestom preko Učke i drugim cestama, osim tunelom Učka, te usklađenje osnova gospodarenja šumama s propisanim režimom u zonama zaštite. Za 1A i 1B zonu izrađena su i tehnička rješenja mjera sanacije. Predstoji usvajanje ovog Programa na Skupštini Primorsko-goranske županije čime bi se navedena Odluka o zonama sanitarne zaštite u potpunosti uskladila s Pravilnikom o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 55/2005).

Strateški cilj Komunalca Opatija je da u okviru svoje nadležnosti osigurava zaštitu izvorišta, te da aktivno surađuje s ostalim nadležnim i zainteresiranim stranama na problematici zaštite slivnog područja izvorišta.

4. SUSTAV UPRAVLJANJA SIGURNOŠĆU VODE (SUSV) U VODOVODU LIBURNIJE I ZALEĐA

Sustav upravljanja zdravstvenom sigurnošću vode vodovoda Liburnije i zaleđa čini niz aktivnosti kojima se sprječava, uklanja ili smanjuje opasnost po zdravstvenu ispravnost vode na prihvatljivu odnosno najmanju moguću mjeru. Sustav upravljanja sigurnošću vode postavljen je na načelima višestrukih razina zaštite, analize opasnosti i kritičnih kontrolnih točaka (HACCP) te sistematskom pristupu upravljanja, u skladu s normom Sustavi upravljanja sigurnošću hrane (HRN EN ISO 22000:2006).

4.1. VIŠESTRUKE RAZINE ZAŠTITE

Načelo višestrukih razina zaštite u vodoopskrbnom lancu posebno je značajno u osiguravanju mikrobiološke ispravnosti vode za piće. Snaga ovog pristupa je da propust jedne razine zaštite može biti kompenziran učinkovitim funkcioniranjem druge razine, te se tako minimalizira vjerojatnost ulaska patogenog organizma u vodoopskrbni sustav. S druge strane, u najviše slučajeva, jedna razina zaštite potpuno ne uklanja rizik pojave zagađenja vode već ga smanjuje. Tek zajedničkim djelovanjem pojedinih razina zaštite osigurava se zdravstvena ispravnost vode. Sigurna vodoopskrba zahtjeva tri razine zaštite:

- Zaštita izvorišta vode. Donošenjem Odluke o zonama sanitarne zaštite izvorišta na području Liburnije i zaleđa i Programa sanacije postojećeg stanja u zonama stvoreni su svi preduvjeti za očuvanje sadašnje, izvrsne kvalitete vode izvora kao i za unapređenje stanja u slivu sa svrhom sprječavanja incidentnih zagađenja;
- Odgovarajuća obrada vode u odnosu na kvalitetu sirove vode, te optimalno vođenje procesa. Zbog visoke kakvoće vode izvora koji se koriste u ovom vodovodu dostatno je samo provođenje dezinfekcije. Problem rijetkog zamućivanja izvora Tunel Učka, za jačih kiša riješen je privremenim prekidom crpljenja (kontinuirano mjerenje muteži vode izvora);
- Upravljanje distribucijskim sustavom radi održavanja kvalitete pročišćene vode. Preventivne mjere su sljedeće: - potpuno zatvoren distribucijski sustav, - održavanje odgovarajućeg pritiska telemetrijskim upravljanjem distribucijom vode (kontinuirano mjerenje razine vode u vodospremama, protoka na crpnim stanicama, tlaka u cjevovodima), - redovito strojno, građevinsko i elektrotehničko održavanja vodoopskrbnih objekata i vodovodne mreže, - redovito higijensko i sanitarno održavanje vodoopskrbnih objekata i vodovodne mreže, - održavanje odgovarajućeg dezinfekcijskog ostatka (kontinuirano

mjerenje rezidualnog klora na 11 točaka), - odgovarajući postupci popravka objekata i cjevovoda.

4.2. PRIMJENA HACCP NAČELA

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) je znanstveni, racionalni i sistematski pristup identifikaciji, procjeni i kontroli opasnosti radi osiguranja zdravstvene ispravnosti hrane - vode za piće. HACCP sustav osniva se na utvrđivanju potencijalnih izvora zagađivanja vode, uspostavljanju preventivnih - kontrolnih mjera radi sprječavanja, smanjivanja ili uklanjanja onečišćenja te praćenju njihova rada. HACCP zahtjeva provođenje sistematske i cjelovite evaluacije vodovodnog sustava na osnovi koje se mogu utvrditi kritična mjesta vezana za osiguravanje kvalitete vode u kojima se može ostvariti kontrola (kritične kontrolne točke).

Analiza opasnosti

Sistematska i detaljna procjena vodoopskrbnog sustava preduvjet je za razvoj SUSV. Ona obuhvaća:

- utvrđivanje potencijalnih izvora zagađivanja te raspona i veličine opasnosti (biološki, kemijski ili fizički agens koji može štetno djelovati na ljudsko zdravlje) i opasnih događaja,
- procjena razine rizika i rangiranje rizika u odnosu na vjerojatnost pojave i ozbiljnost posljedica koje mogu izazvati, te
- procjenu sposobnosti postojećih procesa i infrastrukture da kontrolira potencijalne rizike (kontrolne mjere).

Analiza opasnosti provedena je za svaku komponentu vodoopskrbnog sustava: izvorište vode, obradu vode te njenu distribuciju do potrošača.

Analiza opasnosti za izvorište napravljena je na osnovi postojeće dokumentacije o hidrogeološkim istraživanjima, hidrološkim osobinama i kakvoći vode izvorišta, te osobinama zahvatnih građevina. Posebna pažnja posvećena je analizi promjena kvalitete vode ovisno o hidrološkim i meteorološkim prilikama.

Analiza opasnosti za obradu vode i distribucijski sustav napravljena je na osnovi projektne dokumentacije, katastra objekata, postojećih radnih uputa, zapisa, analiza vode, te pregledom objekata i uređaja vodoopskrbnih sustava.

Postupci dezinfekcije vode analizirani su uzimajući u obzir karakteristike postojeće opreme, uključujući i opremu za monitoring, osobine kemijskih sredstava koja se koriste za dezinfekciju vode, učinak dezinfekcije, stvaranje nusprodukata dezinfekcije, mogućnost kontrole procesa dezinfekcije, te sigurnost opskrbe sustava električnom energijom.

Pri analizi opasnosti za distribucijski sustav razmatrani su sljedeći elementi: izvedba rezervoarskog i distribucijskog sustava; zaštita od ulaska onečišćenja u vodospreme i cjevovode; zaštita od onečišćenja vode u vodovodnoj mreži zbog povrata toka; varijacije protoka i tlaka u cjevovodima; postupak čišćenja i pranja vodosprema, te ispiranja cjevovoda u redovitim prilikama i pri vršenju popravaka; blizini i križanju vodovodnih i kanalizacijskih cjevovoda; kvaliteta vode nakon dezinfekcije; održavanje dezinfekcijskog ostatka u vodovodnoj mreži.

U analizi opasnosti svake komponente vodoopskrbnog naveden je:

- izvor opasnosti i opasan događaj koji može dovesti do pojave opasnosti

- vjerojatnost pojave opasnosti
- priroda opasnosti
- težina posljedica po zdravlje ljudi koju opasnost može uzrokovati. Za evaluaciju ovog kriterija uzimana je u obzir karakteristika same opasnosti te tipične i maksimalne razine prisutnosti opasnosti.

Analiza opasnosti provedena je prvenstveno polazeći od vlastitih iskustava u Vodovodu.

Za svaku identificiranu opasnost određena je razina prihvatljivosti na osnovi sljedećih kriterija:

- za vodu izvorišta razina prihvatljivosti određene ja na osnovi Uredbe o klasifikaciji voda (NN 77/98) i Uredbe o opasnim tvarima (NN 78/98).
- za vodu koja se isporučuje potrošačima (vodu u vodovodnoj mreži) razina prihvatljivosti određena je na osnovi Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 182/04). Za parametre zdravstvene ispravnosti za koje hrvatski propis nije odredio maksimalno dozvoljenu koncentraciju razina prihvatljivosti određena je na osnovi kriterija Direktive EZ o vodi za piće (98/83 EC) ili kriterija Svjetske zdravstvene organizacije. Primjer za to su kloriti, nusprodukti dezinfekcije vode klor dioksidom koji se koristi u riječkom vodovodnom sustavu.
- zahtjevi potrošača vezani za organoleptičke osobine vode nametnuli su uspostavu strožih kriterija u pogledu muteži i boje vode od onih propisnih Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 182/04).

Procjena postojećih kontrolnih mjera

Utvrđene opasnosti za zdravstvenu ispravnost vode moraju biti kontrolirane odgovarajućim odabirom i primjenom preventivnih - kontrolnih mjera koje će spriječiti, ukloniti ili svesti onečišćenja na prihvatljivu razinu.

Svaka kontrolna mjera evaluirana je u odnosu na njenu efikasnost sprječavanja, uklanjanja ili smanjivanja identificirane opasnosti na prihvatljivu razinu, te je kategorizirana u smislu potrebe da se njom upravlja kroz preduvjetni program rada (osnovni uvjeti i aktivnosti koje su neophodne u proizvodnji vode za piće sa svrhom izbjegavanja zagađivanja vode iz unutarnjih ili vanjskih izvora, te isporuke potrošačima zdravstveno ispravne vode) ili kroz HACCP plan (pisani dokument koji ukratko opisuje radnje koje treba slijediti kako bi se osigurala kontrola nad kritičnim točkama u vodoopskrbnom sustavu).

Procjena kontrolnih mjera izvršena je u odnosu na slijedeće faktore:

- priroda njenog utjecaja na mikrobiološku i kemijsku opasnost,
- mogućnost praćenja, posebno mogućnost praćenja u vremenu koji će omogućiti brzo poduzimanje korektivne radnje,
- procesni parametri, njihova radna nesigurnost (kao vjerojatnost zakazivanja radnje),
- priroda radnje npr. mogućnosti promjene i podešavanja parametara u postupku obrade voda u odnosu na kvalitetu sirove vode i protoku,
- mjesto kontrolne mjere u odnosu na prethodnu i/ili slijedeću kontrolnu mjeru koja ima utjecaja na traženi učinak na opasnost,
- ozbiljnost posljedica u slučaju zakazivanja funkcije kontrolne mjere.

Određena su poboljšanja koja treba učiniti radi pouzdanijeg funkcioniranja preventivnih mjera. Uspostavljeni su instrumenti i utvrđeni kriteriji za nadziranje i ocjenjivanje

Tabela 1.: Primjer upravljanje kritičnim kontrolnim točkama u HACCP planu Vodovoda Liburnije i zaleđa

Kritična kontrolna točka	Opasnost	Preventivna radnja	Kritična granica	Praćenje				Popravna radnja	Zapis	Verifikacija
				Što	Kako	Učestalost	Tko			
Crpljenje vode izvora Tunel Učka	Mutež te mikrobiološka opasnost zbog smanjene učinkovitosti dezinfekcije	a)Mjerenje muteži b) Automatski prestanak crpljenja vode izvora u slučaju muteži veće od 5 NTU i korištenje samo vode izvora Vela i Mala Učka, te dotoka iz Rijeke	1. 2 NTU 2. 4 NTU 3. 5 NTU	Mutež vode	Procesni mjerač muteži	Stalno	Dispečer	1. Podešavanje doze klora na klorinatoru Tunel Učka, SRK 0. 4 - 0.5 mg/L 2. - Podešavanje doze klora na klorinatoru Tunel Učka, SRK 0.5 - 1.0 mg/l - Ispiranje vodospreme Tunel Učka i transportnog cjevovoda - Ispitivanje vode u vodovodnoj mreži - Obavješćivanje javnosti u slučaju muteži veće od 4 NTU u vodovodnoj mreži 3. Automatski prestanak crpljenja vode izvora (PR 07)	a) Mjerenje muteži vode izvora i crpljenja u bazi podataka Dispečerskog centra b) Povećanje doze klora u OB Rad klorinatora Učka c) Ispiranje vodospreme i transportnog cjevovoda u OB Zapis o pojavi zamućenja d) Obavješćiv. javnosti	a) Dnevni pregled telemetrij. zapisa vrši voditelj Laboratorija uz upis u knjigu Lab. i terenska zapažanje i mjerenja b) Tjedni pregled voditelja Laboratorija c) Zapis o pojavi izvanrednog zagađenja vodi Voditelj ZSV
Kloriranje vode izvora Tunel Učka u VS Tunel Učka	Mikrobiološka	Odgovarajuća koncentracija SRK na izlazu iz VS	1. 0.2 - 0.4 mg/L SRK 2. 0.1 - 0.5 mg/l SRK 3. > 0.5 mg/L SRK	Konc. SRK na izlazu iz VS Tunel Učka	Analizator klora	Stalno	Dispečer	1, 2 i 3. - Utvrđivanje uzroka veće klorne potrebe vode - Podešavanje doze klora klorinatora Tunel Učka - Kontrola opreme klorinatora Tunel Učka (za sve tri popravne radnje RU 12) 3. Obavješćivanje javnosti (PR 07)	a) Zapis konc. SRK u bazi podataka Dispečerskog centra b) OB Rad klorinatora Učka c) OB Kontrola klorinatora Tunel Učka d) Obavješćiva. javnosti o incidentu	a)Dnevni pregled voditelja Laboratorija b) i c) Pregled voditelja Laboratorija svakih 15 dana d) Pregled voditelja ZSV

djelotvornosti provedbe kontrolnih mjera, te postupci analiziranja podataka dobivenih mjerenjima i opažanjima, a u svrhu provjeravanja funkcionira li vodoopskrbni lanac na odgovarajući način (u skladu sa specificiranim zahtjevima) i radi potvrde da je postignuta i održava li se odgovarajuća kvaliteta vode.

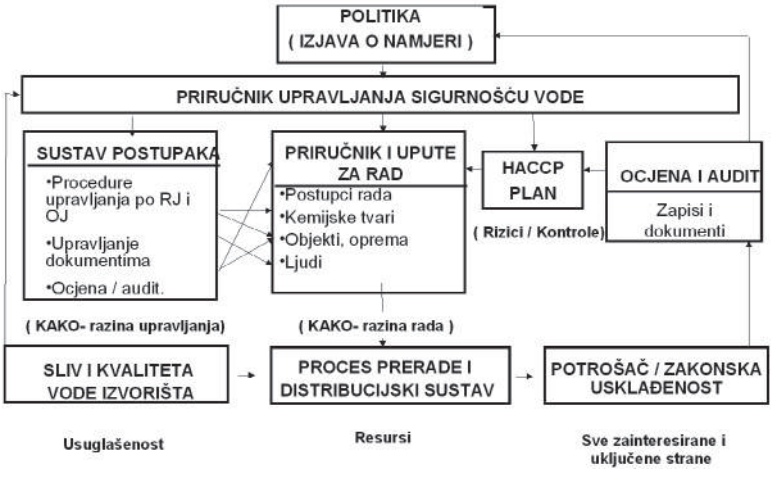
HACCP plan

Analizom opasnosti i procjenom kontrolnih mjera u vodovodu Liburnije i zaleđa utvrđeno je 12 kritičnih kontrolnih točaka (KKT). U HACCP planu za svaku KKT određena je preventivna radnja (ili više preventivnih radnji), kritična granica za pojedinu preventivnu radnju, način praćenja kritične granice, popravna radnju u slučaju utvrđivanja odstupanja od kritične granice, način zapisa i verifikacije o provođenju predviđenih mjera. Upravljanje kritičnim kontrolnim točkama u Vodovodu Liburnije i zaleđa prikazano je na tablici 1., na primjeru dviju KKT: crpljenje i dezinfekcija vode izvora Tunel Učka.

4.3. DOKUMENTIRANJE SUSTAVA UPRAVLJANJA SIGURNOŠĆU VODE

Svi aspekti upravljanja zdravstvenom ispravnošću vode za piće su dokumentirani i verificirani.

Na slici 1. prikazan je dokumentirani sustav upravljanja sigurnošću vode u Komunalcu Opatija izrađen u skladu s normom Sustavi upravljanja sigurnošću hrane (HRN EN ISO 22000:2006).



Slika 1.: Dokumentirani sustav upravljanja sigurnošću vode u Komunalcu Opatija

5. ZAKLJUČAK

U Vodovodu Liburnije i zaleđa uveden je Sustav upravljanja sigurnošću vode u skladu s hrvatskom normom HRN EN ISO 22000:2006 s ciljem neprekidnog unapređenja svih aktivnosti vezanih za kontinuiranu opskrbu potrošača zdravstveno ispravnom vodom. Utvrđene su zone sanitarne zaštite izvorišta i izrađen program sanacije postojećeg stanja

u zonama sa svrhom očuvanja visoke kakvoće vode izvora. Time su ispunjeni i zakonski zahtjevi koji se odnose na zaštitu izvorišta vode za piće i opskrbu zdravstveno ispravnom vodom za piće. Primjenom SUSV mogućnosti za grešku zbog previda i propusta upravljanja svedene su na najmanju mjeru, a omogućeno je kvalitetno reagiranje na nepredviđene opasne događaje. Jedna još vrlo značajna korist od uspostavljanje ovog sustava je stjecanje povjerenja potrošača.

LITERATURA

1. Biondić, B., Dukarić, F., Biondić, R. (1999): Zaštitne zone izvorišta pitke vode na obroncima Učke - hidrogeološki istražni radovi, elaborat, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 1999.
2. Odluka o zonama sanitarne zaštite izvorišta vode na području Liburnije i zaleđa (Sl. novine Primorsko-goranske županije br. 19/2000)
3. Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (Narodne novine, 55/2002).
4. Svjetska zdravstvena organizacija (2004): Preporuke o kvaliteti vode za piće - III izdanje, poglavlje 4. Plan upravljanja sigurnošću vode,
5. Hrvatska norma Sustavi upravljanja sigurnošću hrane - Zahtjevi za svaku organizaciju u lancu hrane (HRN EN ISO 22000:2006)
6. Hinić, V. i Turković-Juričić,A. (2006): Studija analize opasnosti i procjene kontrolnih mjera u vodovodu Liburnije i zaleđa, Opatija 2006.
7. Komunalac Opatija (2006): Priručnik upravljanja sigurnošću vode, PR ZSV-04/0 izdanje/datum 0/27.04.2006.
8. Hinić, V. i Oreč, B. (2007): Elaborat mjera sanacije u zonama sanitarne zaštite izvorišta na području Liburnije i zaleđa, Rijeka, 2007.

AUTORI:

Mr.sc. Višnja Hinić,
RiEKO-LAB d.o.o., Janka Polić Kamova 19, 51000 Rijeka, vhinic@ticri.hr

Alenka Turković-Juričić, dipl.ing.
TD Komunalac Opatija, Stubište Lipovica 2, Opatija,

Ervino Mrak, dipl.ing.
TD Komunalac Opatija, Stubište Lipovica 2, Opatija,

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.04.

PRIMJENA MEĐUNARODNE NORME ISO 22000 U SUSTAVIMA VODOOPSKRBE

Andrea Ivezić

SAŽETAK: Svaka osoba ima pravno na konzumiranje zdravstveno ispravne i sigurne hrane koja uključuje i vodu za piće. Kako se opasnosti vezane uz sigurnost hrane mogu dogoditi na bilo kojem stupnju u prehrambenom lancu, bitna je odgovarajuća kontrola i preventivan pristup kroz cijeli prehrambeni lanac.

Međunarodna norma ISO 22000:2005 postavlja zahtjeve za uvođenje sustava upravljanja sigurnošću vode za piće te u vodoopskrbnu djelatnost dovodi preventivan pristup koji počiva na načelima HACCP sustava. Najdjelotvorniji sustavi sigurnosti hrane/vode za piće uspostavljaju se, provode i obnavljaju u okviru strukturiranog sustava upravljanja te se ugrađuju u sveukupne upravljačke aktivnosti organizacije. Analiza opasnosti ključ je učinkovitog sustava upravljanja sigurnošću vode za piće, jer pomaže organizaciji u odabiru i uspostavi učinkovitih kontrolnih mjera. Norma ISO 22000 primjenjiva je na sve organizacije u prehrambenom lancu bez obzira na veličinu i složenost.

Ova međunarodna norma zahtjeva od organizacije da svojim sustavom upravljanja sigurnošću vode za piće zadovolji zakonske zahtjeve koji se odnose na njezino djelovanje, a organizacijama donosi jasniji, skladniji i potpuniji sustav od onog koji nameče zakonska obaveza. Tržište Republike Hrvatske okreće se Europskoj uniji i u tom smislu organizacije prepoznaju važnosti uvođenja Međunarodnih standarda u poslovanje.

KLJUČNE RIJEČI: ISO 22000, sigurnost, voda, upravljanje, sustav, zdravstveno ispravna hrana, HACCP,

USE OF INTERNATIONAL STANDARD ISO 22000 IN THE WATER SUPPLY SYSTEM

SUMMARY: Every person has a right to consume healthy sound and non-harmful food which also includes drinking water. Since the risks related to food safety can take place in every stage of food chain, the required control and preventive approach is necessary throughout the food chain.

International norm ISO 22000:2005 sets requirements for establishing and maintaining management system of drinking water and brings to the water supply services a preventive approach which is based on principles of HACCP system.

The most effective food/water safety systems are established, operated and updated within the framework of a structured management system and incorporated into the overall management activities of the organization.

Hazard analysis is a key of effective drinking water safety management system because it helps

the organization in selection and implementation of effective control measures. ISO 22000 norm is applicable to all organizations in the food chain regardless of size and complexity.

This international norm requires from organization to satisfy with its drinking water safety management system legal requirements concerning its functioning and for organizations it brings a transparent, balanced and more complete system of the one that is forced by legal obligation. The Croatian market is turning towards EU and in this light organizations identify the importance of establishing International standards into their business.

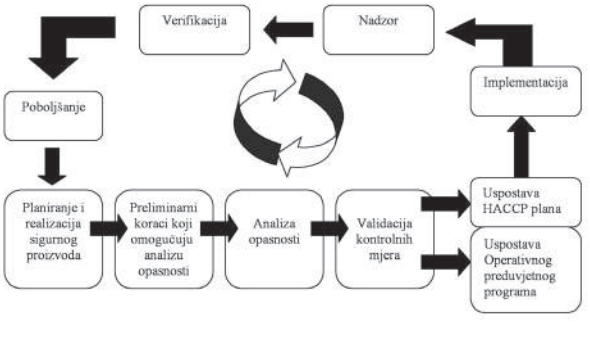
KEYWORDS: ISO 22000, safety, water, management, system, healthy sound food, HACCP

1. UVOD

Cilj brige za sigurnost vode za piće je postići što veći stupanj zdravlja i sigurnosti ljudi primjenom preventivnih sustava samokontrole. Sve zemlje svijeta susreću se sa problemom osiguranja dovoljno zdravstveno ispravne i sigurne vode za svoje stanovnike. Na tržištu sve više proizvođača vode nastoji pronaći svoje mjesto, a mnogi ljudi pakiranu vode ocjenjuju kao dobru i zdravstveno ispravnu, nasuprot vodovodne vode, čiju ispravnost dovode u pitanje. Edukacija ljudi i stvaranje povjerenja ključ je uspjeha vodoopskrbne djelatnost kako u svijetu tako i u Republici Hrvatskoj.

2. UPRAVLJANJE SIGURNOŠĆU VODE ZA PIĆE

Uspostavljen preventivan sustav prema normi ISO 22000 u vodoopskrbnu djelatnost donosi jasniji pristup kontroli i osiguranja zdravstvene ispravnosti vode za piće. Međunarodna norma ISO 22000 koja utvrđuje zahtjeve za uspostavu sustava upravljanja sigurnošću vode za piće kombinira sljedeće elemente: uzajamnu komunikaciju, preduvjetne programe, HACCP načela i elemente sustava upravljanja. Ova međunarodna norma može se primjenjivati neovisno o drugim normama za sustave upravljanja. Njezina se primjena može uskladiti ili objediniti s postojećim povezanim zahtjevima s obzirom na sustave upravljanja, a organizacija može iskoristiti postojeći sustav upravljanja kako bi uspostavila sustav upravljanja sigurnošću vode za piće koji je sukladan zahtjevima ove međunarodne norme. ISO 22000 promovira pristup razvoja, implementacije i poboljšanja sustava unutar organizacije, te je jasno naglašena potreba za kontinuiranim poboljšanjima. Kontinuirano poboljšanje temelji se na procjenjivanju elemenata komunikacije, ocjenama provedenih verifikacija, utvrđivanju prihvatljivosti kontrolnih mjera i unutarnjim provjerama sustava. Da bi se postiglo kontinuirano poboljšavanje organizacija mora shvatiti važnost ispunjenja zahtjeva koje postavlja ova norma, te svakodnevne podatke analizirati u odnosu na definirane ciljeve. Kod uspostave sustava posebna važnost mora se posvetiti edukaciji svih zainteresiranih strana i implementaciji sustava.



Slika 1.

Koncept kontinuiranog poboljšavanja

3. ANALIZA OPASNOSTI

Ova međunarodna norma uklopila je načela HACCP sustava i korake provođenja analize opasnosti. Pri zadovoljenju zahtjeva ove norme preporuka je da se koriste smjernice povjerenstva Codex Alimentariusa. Provođenje analize opasnosti jedan je od temeljnih zahtjeva ove norme koji zahtjeva pun angažman svih članova Tima za sigurnost vode za piće i po potrebi stručnjaka iz pojedinih područja (npr. mikrobiologija, epidemiologija…). Analiza opasnosti zahtjeva da se utvrde i procjene sve opasnosti čija se pojava razumno može očekivati u prehrambenom lancu, uključujući i opasnosti koje se mogu povezati s vrstom procesa i opreme koji se primjenjuju. Time se osigurava način da se utvrdi i dokumentira zašto neke organizacije trebaju kontrolirati određene opasnosti, a neke ne. Analizom opasnosti organizacija utvrđuje strategiju koju će upotrebljavati kako bi osigurala kontrolu opasnosti kombinacijom preduvjetnih programa, operativnih preduvjetnih programa i HACCP plana. Svaka opasnosti za sigurnost hrane i vode za piće mora se ocijeniti s obzirom na težinu štetnih učinaka i vjerojatnost pojavljivanja. Upotrebljavana metodologija mora se opisati, a rezultati procjene opasnosti moraju biti jasni i zapisani. Na temelju procjene opasnosti mora se izabrati prikladna kombinacija kontrolnih mjera kojima je moguće spriječiti, ukloniti ili smanjiti te opasnosti za sigurnost vode za piće na utvrđene prihvatljive razine. Uspostava operativnih preduvjetnih programa i zahtjev za njihovim dokumentiranjem novost je u normi ISO 22000 u odnosu na prethodno dobro poznatih 7 načela HACCP sustava. Operativni preduvjetni programi uključuju preduvjetne programe koji su analizom opasnosti prepoznati kao bitni u kontroli opasnosti za sigurnost vode za piće. Operativni preduvjetni programi vezani su uz pojedini procesni

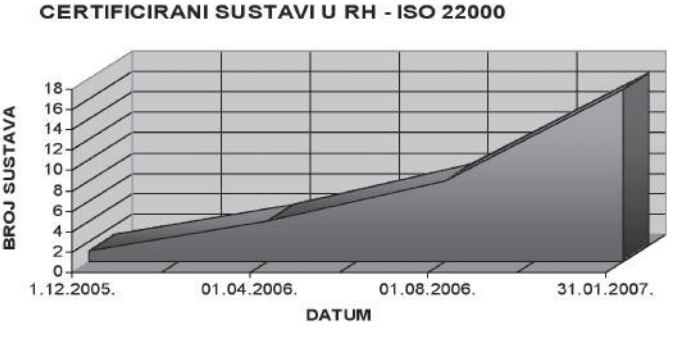
Tabela 1. Odnos između HACCP načela i zahtjeva norme.

HACCP načela		ISO 22000:2005	
Broj	**Opis**	**Zahtjev norme**	**Opis**
1. načelo	Provesti analizu opasnosti	7.4	Analiza opasnosti
		7.4.2	Prepoznavanje opasnosti i određivanje prihvatljivih razina
		7.4.3	Procjena opasnosti
		7.4.3	Procjena opasnosti
		7.4.4	Izbor i procjena kontrolnih mjera
2. načelo	Odrediti kritične kontrolne točke	7.6.2	Uspostavljanje kritičnih kontrolnih točaka
3. načelo	Uspostaviti kritične granice	7.6.3	Određivanje kritičnih granica za kritične kontrolne točke
4. načelo	Uspostaviti sustav za praćenje kontrole kritičnih kontrolnih točaka	7.6.4	Sustav praćenja KKT
5. načelo	Uspostaviti popravne radnje koje se poduzimaju kada pojedina kritična kontrolna točka nije pod kontrolom	7.6.5	Radnje kada rezultati praćenja premaše kritične granice
6. načelo	Uspostaviti postupke za verifikaciju HACCP plana	7.8	Planiranje verifikacije
7. načelo	Uspostaviti dokumentaciju koja se odnosi na sve postupke i zapise	4.2	Zahtjevi koji se odnose na dokumentaciju
		7.8	Osuvremenjivanje dokumenata za utvrđivanje preduvjetnih programa i HACCP plana

korak. Dokumentirani operativni preduvjetni programi moraju sadržavati informacije o opasnostima koje se kontroliraju tim programom, kontrolnim mjerama, metodama nadzora, ispravcima i popravnim radnjama, odgovornostima i ovlastima te zapisima mjerenja i praćenja. Prije primjene kontrolnih mjera koje su uključene u HACCP plan ili operativni preduvjetni program, organizacija mora vrednovati izabrane kontrolne mjere na način da omogućuju postizanje predviđene kontrole opasnosti za sigurnost vode za piće i da su kontrolne mjere učinkovite osigurati kontrolu kako bi dobili konačni proizvod koji zadovoljava utvrđene prihvatljive razine. Analiza opasnosti provodi se za svaku organizaciju individualno i to na način da tim koji provodi analizu opasnosti koristi iskustvo, vanjske informacije (uključujući epidemiološke i druge povijesne podatke), te druge informacije iz prehrambenog lanca.

4. ISO 22000 U REPUBLICI HRVATSKOJ

Objavljivanjem Zakona o hrani 2003. godine i Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće 2004. godine, u Republici Hrvatskoj uvođenje HACCP sustava je postala zakonska obaveza. Tim zakonom je također predviđeno da početnu provjeru usklađenosti HACCP planova obavljaju Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva i Ministarstvo zdravstva. Međutim, mnogi subjekti koji rade sa vodom ili hranom željeli su za svoje poslovanje mnogo više od onoga što je postala zakonska obaveza. Željeli su svojim kupcima pokazati da vode računa o sigurnosti i zdravstvenoj ispravnosti proizvoda, te da na taj način vode računa i o njima samima. Naravno, željeli su i smanjiti vlastiti rizik gubitka tržišta zbog isporučivanja zdravstveno neispravnog proizvoda. Uspostavom norme ISO 22000 poduzeće svojim kupcima daje jasnu poruku o svojim prioritetima, načinima komuniciranja, djelovanja i organiziranja. Osim početne provjere usklađenosti od nadležnog ministarstva mnogi subjekti koji su uveli sustav prema međunarodnoj normi ISO 22000 odlučili su ga certificirati od strane ovlaštenih certifikacijskih kuća. Među certificiranim tvrtkama nalaze se i vodovodi koji su odučili zahtjeve ove norme integrirati sa postojećim sustavima.



Slika 2. Sustavi upravljanja sigurnošću hrane/vode za piće u Republici Hrvatskoj.

5. ZAKLJUČAK

Broj certificiranih sustava prema normi ISO 22000 svakodnevno raste i sve više tvrtki odlučuje se za uspostavu sustava upravljanja sigurnošću vode za piće prepoznajući vrijednosti koje u organizaciju donosi ova norma. ISO 22000 je norma prihvaćena i prepoznatljiva u cijelome svijetu, izdana je s namjerom kako bi zamijenila postojeće

nacionalne i trgovačke norme te harmonizirala zahtjeve na svjetskoj razini. S obzirom da je uvođenje HACCP sustava zakonska obaveza, uspješne i marketinški aktivne organizacije svakako će se odlučiti na uvođenje norme i time poboljšati svoj status kako na domaćem tako i na inozemnom tržištu. Osim statusa na tržištu, organizacija će moći uspješnije upravljati svojim procesima, a svojim potrošačima svakodnevno će isporučivati zdravstveno ispravne i sigurne proizvode. Prednost norme ISO 22000 je moguća integracija sa ostalim sustavima upravljanja (upravljanje kvalitetom - ISO 9001, upravljanje okolišem - ISO 14001…). Norma ISO 22000 u Republici Hrvatskoj prepoznata je kao kvalitetan alat koji organizacijama pomaže u usklađivanju sa svim zakonskim propisima ali istovremeno donosi u organizaciju jasniju sliku o važnosti poštivanja preduvjetnih programa, provođenja analize opasnosti i uspostave elemenata komunikacije u cijelom prehrambenom lancu.

Vodoopskrbna djelatnost Republike Hrvatske bazirana na jednom mladom ali snažnom standardu, kao što je ovaj, svakako daje nadu u odnosu na zaštitu potrošača i prirodnih resursa.

6. LITERATURA

[1] ISO 22000:2005 Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain

[2] ISO 22004:2005 Food safety management systems - Guidance on the application of ISO 22000:2005

[3] Hrvatske stranice o kvaliteti http://kvaliteta.inet.hr

AUTORICA:

Andrea Ivezić, san.ing.

Qualitas d.o.o.

Jukićeva 6, 10 000 Zagreb

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.05.

NOVI TOKOVI U VODOVODNOJ PRAKSI FILTRIRANJA

Suvada Jusić

SAŽETAK: Kako rastu spoznaje o štetnom djelovanju nekih tvari sadržanih u vodi, zahtjevi u pogledu kvaliteta vode za piće postaju strožiji. To znači i nove/strožije zahtjeve u vezi efikasnosti filtriranja pri pripremi vode za piće. U vezi sa prethodnim, proces filtriranja se stalno istražuje i teoretski i eksperimentalno. Rezultat su novi tokovi u vodovodnoj praksi filtriranja. U radu je dat pregled nekih od novijih koncepcija filtriranja, te smjernice za optimiziranje / unapređenje konvencionalnih tehnologija prerade vode. Dat je uvid u sadašnju praksu filtriranja, odnosno primjenu različitih koncepcija filtriranja u pripremi vode za piće u razvijenim i zemljama u razvoju.

KLJUČNE RIJEČI: vodoopskrba, filtriranje, brzi filteri, primjena filtera, istraživačke aktivnosti u filtriranju, optimiziranje filtera.

NEW TRENDS IN WATERSUPPLY PRACTICE OF FILTRATION

SUMMARY: New knowledge about negative effectives of some substances from row water couses stronger demands connecting drinking water quality. That directly means new, stronger demands relating of filtration efficiency during water purification. Connecting with before mentioned, filtration process is continually researching theoreticly and by experiments. Results are new trends in water supply practice of filtration. This article has given review of new filtration concepts and guidelines for optimization / improvement of conventional water purification technology. Also the article has given basic information about present filtration practice in developed and developing countries.

KEYWORDS: watersupply, filtration, rapid filters, application of filtration, investigation activity of filtration, filtration improvements/optimization.

1. UVOD

Voda u prirodi izložena je sve raznovrsnijem zagađenju. Brojni izvori zagađenja uzrokuju negativne posljedice na kvalitet sirove vode. Zahtjevi u pogledu kvaliteta vode za piće su sve strožiji, a propisuju se odgovarajućim standardima. Postizanje ovog zahtijevanog standarda kvaliteta vrši se odgovarajućim metodama za pripremu vode za piće u sklopu sistema vodoopskrbe, odnosno stanice. Filtriranje, zajedno sa dezinfekcijom, jeste završna, ali i najvažnija metoda pripreme vode za piće.

S obzirom na povećane potrebe za pitkom vodom, raspoloživi kvalitet sirove vode

i tendenciju pogoršanja tog kvaliteta, unapređenje koncepcija filtriranja i uređaja za filtriranje, u smislu poboljšanja efekata njihovog rada i njihove racionalnije izgradnje, pogona i održavanja, je zahtjev vremena u kojem živimo. Rezultat dugogodišnjih istraživanja u oblasti filtriranja ima za posljedicu nove smjernice / tokove u ovoj oblasti. Unapređuju se konvencionalne tehnologije (brzi pješčani filteri) i uvode novije koncepcije filtriranja. Analizirana su i iskustava u primjeni različitih koncepcija filtriranja pri pripremi vode za piće u sklopu javne vodoopskrbe.

Na kraju rada, data su zaključna razmatranja obrađene tematike.

2. ZAHTJEVI U POGLEDU KVALITETA VODE ZA PIĆE

Kvalitet vode za piće, odnosno preradu vode, reguliše svaka država posebnim propisima. Tako na primjer u SAD važeći su standardi koje je propisala Agencija za zaštitu okoliša • EPA (Environmental Protection Agency) 2003. godine i važe za sve javne vodovodne sisteme koji koriste površinske vode i podzemne vode koje su pod uticajem površinskih voda. Osnovni tehnološki zahtjev ovih propisa je da [2]:

• Vodovodni sustavi koji koriste izvore čiste vode, uz usvojene specifične operative zahtjeve, mogu izostaviti postupak filtriranja. Ostali sustavi moraju primjenjivati proces filtriranja vode.

Propisi o kvalitetu vode za piće, također sadrže i ograničenja u pogledu maksimalne mutnoće vode, minimalni sadržaj rezidualnog klora, te ograničenja za cijeli niz drugih tvari, uslove monitoringa i izvještavanja, kao i druge zahtjeve za održavanje sistema za vodoopskrbu.

Zahtjevi za kvalitetom vode za piće su sve strožiji kako rastu spoznaje o utjecaju pojedinih tvari na zdravlje ljudi. Praćenje i usvajanje međunarodnih tokova, vezano za neke nove strožije standarde kvaliteta vode za piće (smjernice Svjetske zdravstvene organizacije - WHO, odnosno standardi Evropske Unije - EU...), ili poboljšanje postojećih, odnosno uvođenje novih tehnologija pripreme vode za piće, preduslov je za prevenciju raznih hidričnih oboljenja s ciljem očuvanja zdravlja čovjeka. Također, usvajanje strožijih standarda u pogledu kvaliteta vode za piće, jedan je od preduslova za ulazak u članstvo EU.

Novi, strožiji standardi za kvalitetom vode za piće automatski znače i strožije zahtjeve u efikasnosti metoda pripreme vode za piće. Teoretska razmatranja mehanizama filtriranja, eksperimentalna istraživanja i modeliranja imaju za cilj što bolje iskorištenje efekata brzih filtera u sklopu prerade vode. Rezultat ovih istraživačkih aktivnosti su novi tokovi, odnosno smjernice za koncepcije filtriranja.

3. EFIKASNOST FILTRIRANJA

3.1. Nove Smjernice / Tokovi

Cilj modernog projektovanja je optimiziranje kompletnog sistema prerade vode, korištenjem prednosti novih spoznaja. Novi tokovi, odnosno spoznaje i zahtjevi odnose se, pored ostalog, na niže navedenu materiju [4, 7, 10],

• Opasnost u primjeni gasovitog klora na vode koje sadrže veće količine organskih tvari (nastajanje trihalometana - THM, koji imaju kancerogena svojstva). Svjetska zdravstvena organizacija ne preporučuje njegovu primjenu u pripremi vode za piće;

• Zabrana primjene nekih kemikalija u pripremi vode za piće (na primjer polielektolita PAA - poliakrilamida);

• Spoznaje o mogućnostima boljeg iskorištenja efekata kemije pri otklanjanju sitnijih

čestica. Postizanje povoljnih kemijskih uslova praktično znači ispravno određivanje i primjenu tipa i doze odgovarajućih kemikalija, gradijenta brzine, te vremena mješanja, korištenje novijih, efikasnijih kemikalija u procesu koagulacije, korištenje dijagrama koagulacije [1] radi uopštavanja doziranja koagulanta i pH vrijednosti za efikasnu destabilizaciju čestica;

• Kako na proces brzog filtriranja utiče cjeli niz faktora promjenljivih i u vremenu i u prostoru, bitna su laboratorijska i eksperimentalna istraživanja, u predprojektnoj fazi naročito. U razvijenim zemljama njihova primjena je uobičajena;

• Bitnost laboratorijskih istraživanja kvaliteta u svim fazama prerade vode, odnosno svakodnevni monitoring svih operacija na stanici. Savremeni tokovi zahtjevaju minimalno sljedeći monitoring na filter stanici:

• svakodnevno praćenje mutnoće sirove vode,

• mutnoće u taložniku (praćenje promjene svaka 4 sata),

• svakodnevno praćenje mutnoće iz svakog filtera,

• vode povratnog pranja (mjesečno svaki filter);

• Poboljšani projektni kriteriji pri hidrauličkom dimenzioniranju ulazne i izlazne zone bistrača, odnosno taložnika;

• Posmatranje objekata stanice povezano. Na primjer poboljšanja na relaciji flokulacija • filtracija definisanjem projektnog kriterija (BI-indeks proboja) za odlučivanje o jačini flokule na osnovu karakteristika zrna filterske ispune, ili obrnuto. Praktično to znači primjenu monitoring sistema za praćenje gubitaka tlaka u ispuni i s tim u vezi odgovarajuće djelovanje (korekcije uslova pri flokulaciju, izmjene brzine filtriranja itd);

• Nove smjernice pri projektovanju brzih pješčanih filtera odnose se na 3, 9]:

• Hidrauliku filtera (nove spoznaje o uticaju veličine gubitaka tlaka na efikasnost filtriranja, odnosno kvalitet filtrata...),

• Filtersku ispunu (tip, veličinu i dubinu - bitnost eksperimentalnih istraživanja u odabiru ovih parametara),

• Način regulisanja rada (trend napuštanja konstantnog mehanizma znači superiornost filtera sa opadajućom brzinom filtriranja),

• Sistem pranja ispune (novi normativi u pranju, kombinacije sa površinskim pranjem ili uvođenje vazduha na odgovarajući način...),

• Drenažni sistem (nova rješenja sa ravnomjernijom raspodjelom vode za pranje, manjim mogućnostima začepljenja, lakšim održavanjem...),

• Brzine filtriranja (po novim regulativama veće brzine filtriranja se ne odobravaju bez ekperimentalnih podataka na pilot stanicama);

• Cilj je i obučen, dobro informisan i motiviran personal stanice. Efikasnost rada već izgrađene stanice je u rukama uposlenog personala;

• Primjena navedenih smjernica opravdava i dostizanje novih ciljeva u kvalitetu filtrata. Na primjer, ciljevi su 7, 9]:

• mutnoća istaložene vode 1NTU (ako je 95 % godišnjih uzoraka sirove vode sa mutnoćom manjom ili jednakom 10 NTU) ili 2 NTU (ako je 95 % godišnjih uzoraka sirove vode sa mutnoćom većom od 10 NTU), i

• mutnoća filtrata 0,1 NTU. Ova mutnoća ne garantuje da mikrobiološko zagađenje neće proći kroz filter, ali je najbolja praksa osiguranja zaštite zdravlja čovjeka (jer je

minimizirana mogućnost zagađenja).

Sa ciljem postizanja sve strožijih, prethodno navedenih, zahtjeva u tehnologiji prerade vode, posljednjih godina usavršavaju se koncepcije filtriranja. Napredovanja u tehnologiji prerade vode znače i uštede troškova izgradnje objekata, te uštedu operativnih troškova same stanice. Krajnji cilj je dobivanja što kvalitetnije vode za piće, odnosno kvalitetniju i sigurniju vodoopskrbu.

Naredno poglavlje daje prikaz načina poboljšanja efekata, odnosno koncepcija filtriranja.

3.2 Poboljšane koncepcije filtriranja

Poboljšanje efekata filtriranja moguće je generalno postići na dva načina [4, 9]:

• odgovarajućim optimiziranjem konvencionalnog filtriranja, uz eventualne rekonstrukcije objekata stanice, ili

• uvođenjem novijih, efikasnijih koncepcija filtriranja, odnosno kombinacija sa postojećim konvencionalnim.

Poboljšanja mogu uvijek biti napravljena, bez obzira da li se radi o stanicama sa dobrom opremom, laboratorijom, instrumentima za monitoring i kontrolu operacija ili o stanicama koje sve to nemaju. Neko uopštavanje vezano za poboljšanje rada filter stanice je teško. Svaka stanica i situacija na njoj, zahtjeva specifičnu kombinaciju mjera za postizanje optimalnih karakteristika, odnosno najboljeg kvaliteta prerađene vode i maksimalnog kapaciteta same stanice. Preduslov optimalnog filtriranja na stanici jeste najprije poznavanje osnovnih principa i teoretskih postavki cjelokupnog procesa prerade od strane uposlenog personala (od rukovodstva do tehničara). Mjere poboljšanja svakako podrazumijevaju i poznavanje i primjenu rezultata istraživačkih aktivnosti, odnosno novih tokova iz ove oblasti.

Nove, savremene koncepcije filtera podrazumijevaju poboljšanja i preinake vezane, na primjer, za sastav ispune, konstruktivne osobine, način pranja..., a sve s ciljem povećanja prijemnog kapaciteta filtera za nečistoće iz vode; produženja dužine rada filtera između dva pranja; eliminisanja taložnika iz procesa prerade vode, itd. U cilju što boljeg iskorištenja brzih filtera u sistemu prerade vode, nastajale su tokom vremena brojne modifikacije standardnog, konvencionalnog tipa brzih pješčanih filtera, kao i nove koncepcije brzih filtera.

• Nedostatak običnih konvencionalnih brzih filtera je da voda filtrirajući se odozgo nadole odlaže nečistoću uglavnom u gornjem sloju najsitnijeg pijeska. Da bi se izbjeglo brzo površinsko zagušenje i omogućilo dublje učestvovanje ispune u filtriranju, došlo je do primjene više slojeva i različitih materijala kao ispune (antracit, ugalj, ...).

• S ciljem ušteda kemikalija i troškova građenja i pogona i tamo gdje to dozvoljava kvalitet sirove vode (mutnoće do 10, eventualno do 30 NTU), prenosi se funkcija taložnika na odgovarajući prilagođene brze filtre. S tim u vezi koncepcije filtera, u zavisnosti od predtretmana, su sljedeće:

• filteri za filtriranje koagulisane i istaložene vode,

• direktni filteri (bez prethodnog taloženja),

• ilteri sa koagulacijom na filteru.

• S ciljem povećanja efikasnosti pranja filtera nastale su mnoge koncepcije vezane za smjer toka vode kroz filter, gdje razlikujemo:

• filtere sa tokom vode odozgo na dole,

• sa tokom vode odozdo na gore,

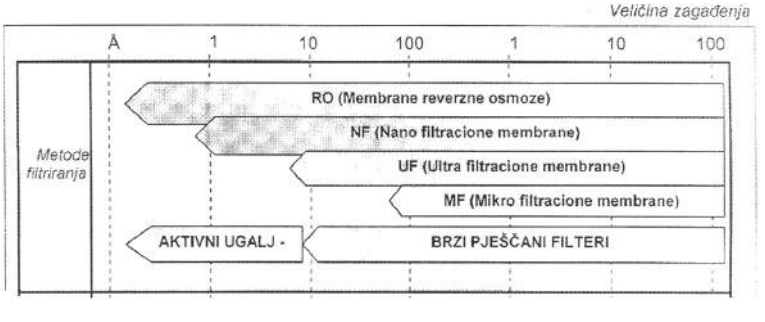
• sa dvosmjernim tokom vode (odozgo na dole i odozdo na gore),
• sa tokom vode od finijeg ka grubljem filterskom materijalu,
• dvostruke filtere sa inverznim tokovima.
• Novije koncepcije, odnosno specijalni tipovi, brzih pješčanih filtera su i:
• kontinualni filteri sa cirkulacijom pijeska,
• filteri koji se peru pomoću automatskog sifona, samoispirajući filteri itd.
• Membarnske tehnologije su također novije koncepcije površinskog filtriranja u javnom vodosnabdijevanju, gdje imamo:
• reverznu osmozu (RO),
• nanofiltraciju (NF),
• ultrafiltraciju (UF) i
• mikrofiltraciju (MF).

Kao posljedica svih modifikacija danas pojam filtera za vodu izgleda komplikovano jer postoji jako mnogo različitih koncepcija filtriranja.

4. PRIMJENA RAZNIH KONCEPCIJA FILTRIRANJA

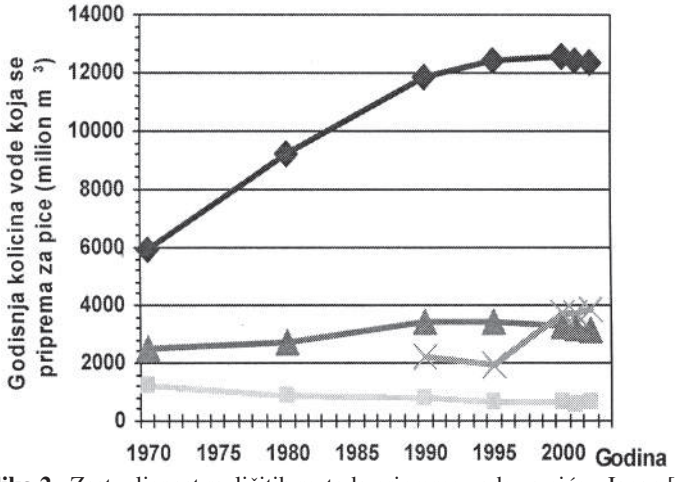
Primjena različitih koncepcija filtriranja pri preradi vode, u sklopu javne vodoopskrbe, uslovljena je kvalitetom raspoložive sirove vode, efikasnošću same koncepcije filtriranja, ali i različitim vrednovanjem pojedinih kriterija pri odabiru metode prerade [6]. Naime, pri primjeni različitih koncepcija filtriranja u razvijenim zemljama najvažniji kriteriji su efikasnost, pouzdanost, obrada otpadnih voda, odnosno mulja, te uticaj na okoliš. U zemljama u razvoju, kritični, odnosno najvažniji kriteriji u izboru metode prerade vode su troškovi, održivost i jednostavnost.

Slika 1. prikazuje neke od različitih koncepcija filtriranja, te njihovu efikasnost u uklanjanju različitih vrsta, odnosno veličina zagađenja. Brzi pješčani filteri su efikasni u uklanjanju suspendovanih i koloidnih čestica zagađenja. Rastvorene materije mogu se ukloniti kombinacijom ovih filtera na primjer sa aktivnim ugljem, ili primjenom reverzne, odnosno nano filtracije.



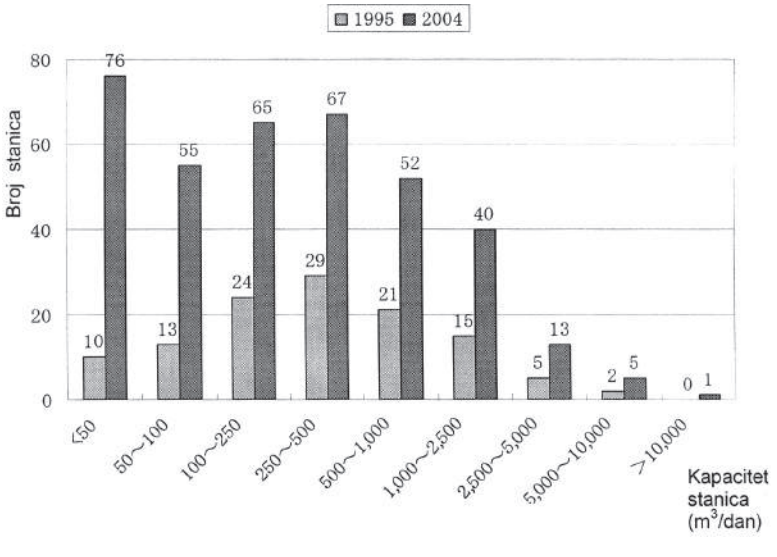
Slika 1.: Različita (veličina) zagađenja i neke koncepcije filtriranja [8]

I u razvijenim i u zemljama u razvoju, najprisutnija metoda prerade vode je konvencionalna i to primjenom brzih pješčanih filtera [4, 5]. Slika 2 daje prikaz primjene različitih koncepcija filtriranja na primjeru Japana u zadnje tri decenije.



Slika 2.: Zastupljenost različitih metoda pripreme vode za piće - Japan [5]

Činjenica je i da novije koncepcije, gdje su, na primjer, interesantne efikasne membranske tehnologije, nalaze sve veću primjenu i u praksi javne vodoopskrbe. Istina njihova primjena je više ograničena na bogatije, odnosno razvijene zemlje, s obzirom da se radi o skupim tehnologijama. U slučaju Japana, kao primjera razvijene zemlje, prisutna je primjena membranskih tehnologija u pripremi vode za piće, od kraja osamdesetih (Slika 2). Njihova primjena u pripremi vode za piće je iz godine u godinu veća. Također, činjenica je da se ove membranske tehnologije generalno u većoj mjeri primjenjuju na stanicama manjeg kapaciteta (Slika 3).



Slika 3.: Broj membranskih stanica u funkciji kapaciteta na primjeru Japana [8]

Pozitivne odlike membranskih tehnologija (visok kvalitet filtrirane vode; ušteda prostora; jednostavnost operacija i lako održavanje) razlozi su sve veće primjene ove tehnologije u

pripremi vode za piće. Negativne odlike (velika potrošnja energije; vremenska ograničenost korištenja membranskih modula; upotreba određenih hemikalija pri pranju; neuklanjanje čestica manjih od veličine pora) razlozi su koji još uvijek ograničavaju veću primjenu membrana u javnoj vodoopskrbi.

5. ZAKLJUČAK

• Uslovi pogoršanja kvaliteta sirove vode i strožiji zahtjevi za kvalitetom vode za piće, nameću nužnost boljeg iskorištenja - poboljšanja efekata brzog filtriranja.

• Teoretsko eksperimentalni rad u oblasti filtriranja se stalno razvija i unapređuje, te se dolazi do novih naučnih spoznaja / zahtjeva u ovoj oblasti.

• Novi tokovi u vodovodnoj praksi filtriranja nameću praćenje novih dostignuća u oblasti filtriranja (standarda EU, WHO...) i shodno potrebama njihovo usvajanje / primjenjivanje u praksi u sklopu mjera poboljšanja efekata filtriranja.

• Da bi se novi tokovi / smjernice sprovele u praksi, neophodno je školovati kadar / proširiti znanja, te opremiti laboratorije neophodne za eksperimentalni / praktični rad.

• U rješavanju problematike filtriranja, u svakom slučaju, bitan je kompromis između: novih tokova (spoznaja i zahtjeva), sanitarnih propisa i ekonomskih mogućnosti.

• Poboljšanje efekata filtriranja, korištenjem prednosti novih tokova, je koncept primjenjiv na sve stanice za preradu vode.

LITERATURA

[1] Amirtharajah (A.). - "Some Theoretical and Conceptual Views of Filtration". Jour. AWWA, Dec. 1988, p.p. 36-46.

[2] Đurić D. - Snabdijevanje vodom za piće. Arhitektonsko-građevinski fakultet, Univerzitet u Banja Luci, Banja Luka, 2001, str. 232.

[3] Handbook - Optimizing Water Treatment Plant Performance Using the Composite Correction Program. United States Environmental Protection Agency. Office of Research and Development, Washington DC 20460. Office of Water Washington DC 20460, EPA/625/6-91/027 1998. http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/Pubs (12.08.2006).

[4] Jusic (S.). - "Metode brzog filtriranja I njihova primjena". Magistarski rad (mentor: H.Baj-Dobran), Građevinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 2006, str.124.

[5] Kusakawa (M.). - "Water Supply in Japan - Outline of Water Supply and Administration". Japan International Cooperation Agency (JICA), (trening kurs: "Engineering on Water Supply Systems II"), Japan, 8. maj - 30. juli 2005.

[6] Marcos von Sperling i Fattal (B.). - 16 Implementation of Guidelines: Some Practical Aspects. www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/iwachap16.pdf (26.05.2005).

[7] Monk (D.G.M.) i Willis (F.J.). - "Designing Water Treatment Facilities". Jour. AWWA, Feb. 1987, p.p. 45-57.

[8] Okabe (S.). - "Water Quality Control Engineering". Japan International Cooperation Agency (JICA), (trening kurs: "Engineering on Water Supply Systems II"), Japan, 8. maj - 30. juli 2005.

[9] Peterson (T.). - "Process Optimization and the O&M Manual". American Water Works Association Dedicated to Safe Drinkig Water, Jour. OPFLOW AWWA, Vol.23 No.9 Sept. 1997, p.p. 3-6.

[10] Wagner (E.G.) i Pinheiro (R.G.). - Upgrading Water Treatment Plants. World Health Organization, SPON PRESS, London i New York, 2001, p.p. 225.

AUTORICA:

Mr.sc. Suvada Jusić, dipl.ing.građ.
Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Patriotske Lige 30, 71 000 Sarajevo, BiH
tel: ++387(33)278 418, fax: ++387(33)200 158
e-mail: *suvada_jusic@gf.unsa.ba*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.06.

UKLANJANJE NOVIH ORGANSKIH MIKRO ZAGAĐIVALA IZ VODA PRIMJENOM NANOFILTRACIJE I REVERZNE OSMOZE

Krešimir Košutić, Davor Dolar, Branko Kunst

SAŽETAK: Nova organska mikrozagađivala su organske tvari, koje se odnedavno, zbog sve boljih analitičkih metoda, pronalaze u vrlo niskim koncentracijama (manje od 1 mg/l) u otpadnim vodama i vodama za piće. Ta potencijalna zagađivala, u koje su svrstani prije svega farmaceutici, lijekovi te spojevi koji utječu na rad endokrinih žlijezda, ali i sredstva za osobnu higijenu, ne mogu se iz voda ukloniti standardnim metodama obrade voda pa se intenzivno radi na primjeni membranskih i drugih modernih postupaka obrade voda radi njihova uklanjanja. U ovom raduće biti pokazani rezultati uklanjanja farmaceutika, prvenstveno antibiotika iz modelnih i otpadnih voda nastalih pri proizvodnji veterinarskih lijekova, membranskim metodama nanofiltracije(NF) i reverzne osmoze(RO). Rezultati pokazuju sposobnost RO/NF membrana da u najvećoj mjeri i ekonomično uklone navedena mikrozagađivala.

KLJUČNE RIJEČI: reverzna osmoza, nanofiltracija, organska mikrozagađivala, antibiotici, otpadne vode.

REMOVAL OF EMERGING ORGANIC MICROPOLLUTANTS FROM WATERS BY REVERSE OSMOSIS AND NANOFILTRATION

SUMMARY: Emerging contaminants are organic compounds such as pharmaceuticals, endocrine disrupting compounds and other organic pollutants (personal care products) that, owing to the progress in analytical methods, can be recently found in submicrogram per liter concentrations in surface and waste waters. As conventional water treatment processes are ineffective in the removal of emerging contaminants, advanced methods such as membrane processes carbon adsorption etc., should be used for this purpose. In this work the results of micropollutants mainly antibiotics removal from model and real wastewaters of the veterinary pharmaceuticals plant by reverse osmosis and nanofiltration are presented. The results have shown the ability of selected membranes to retain efficiently and economically the examined micropollutants.

KEYWORDS: reverse osmosis, nanofiltration, organic micropollutants, antibiotics, wastewaters

UVOD

Zadnjih desetak godina u otpadnim vodama pa i vodama za piće kao potencijalna zagađivala sve se češće pojavljuju nove organske tvari u vrlo niskim koncentracijama (ispod 1 mg/l). To su organski spojevi koji u vodu ulaze iz često upotrebljavanih komercijalnih proizvoda kao što su pesticidi, humani i veterinarski lijekovi, te druge farmaceutski aktivne tvari, tekstilne boje i sl. Premda utjecaj tih mikrozagađivala na zdravlje, kad se unesu u organizam u malim količinama, još nije potpuno utvrđen, bolje je da ih u vodi ima što je moguće manje. Zakonski propisi zasada još ne određuju njihovo uklanjanje, ali zbog njihova nakupljanja u vodama, u svjetskoj znanstvenoj javnosti javlja se sve veća zabrinutost zbog njihove štetnosti. Neke od tih tvari su vrlo otporne na razgradnju, dok se kod drugih veća brzina razgradnje kompenzira stalnim unošenjem novih količina u vodu. Standardnim metodama obrade voda te se tvari ne mogu ukloniti, pa se primjenom membranskih i drugih modernih postupaka obrade voda nastoji smanjiti njihova koncentracija prije ispuštanja otpadnih voda u prirodne recipijente.

Poznato je da membranskim procesima obrade, prvenstveno reverzna osmozom (RO) i nanofiltracija (NF) [1-4], omogućuju djelotvorno i ekonomično uklanjanje konvencionalnih zagađivala, ponajviše organskih tvari, iz voda pa je logičan korak da se tim postupcima pokušaju ukloniti i spomenuta nova mikrozagađivala. Pri procesima tlačne membranske obrade, a u koje se svrstavaju i nanofiltracija i reverzna osmoza, ulazna se voda protiskivanjem kroz odgovarajuće membrane dijeli na dvije struje, permeat i retentat (koncentrat). Dobivene se dvije struje bitno razlikuju koncentracijom otopljenih tvari; dok je permeat gotovo čista voda, tj. željeni produkt membranske obrade, u retentatu se koncentriraju sve otopljene i suspendirane tvari iz ulazne vode.

Istraživanje membranskih postupaka obrade voda radi uklanjanja mikrozagađivala iz voda temelji se stoga na dosada stečenim znanjima, općim pravilima i utvrđenim mehanizmima uklanjanja organskih tvari, te na pronalaženju specifičnosti membranske (RO/NF) separacije mikrozagađivala. Pri uklanjanju mikrozagađivala primjenom RO/NF pojavljuju se dvije tipične razlike u odnosu na uobičajenu separaciju organskih tvari:

- "nova" mikrozagađivala pojavljuju se u vodama u vrlo niskim koncentracijama, manjim od μg/l, što znači da bi pri ispitivanjima i provjeri poznatih ovisnosti eksperimente trebalo raditi pri takvim, za okoliš realnim uvjetima,
- mikrozagađivala se u vodama obično pojavljuju u višekomponentnim smjesama, a većina prethodnih ispitivanja, kojima su utvrđeni uvjeti uklanjanja organskih tvari, provedena je na binarnim vodenim otopinama, koje su u vodi sadržavale samo jednu otopljenu organsku komponentu. Djelotvornost uklanjanja pojedinih mikrozagađivala iz višekomponentnih smjesa ovisi stoga, uz osnovna pravila o interakciji organske tvari s membranom, još i o međusobnim interakcijama prisutnih komponenata, što ne uključuje samo sintetske organske tvari - mikrozagađivala, već i uobičajene sastojke prirodnih voda poput anorganskih iona (tvrdoća i dr.) i prirodnih organskih tvari (natural organic matter - NOM).

Obje navedene specifičnosti traže da se za ispitivanje uklanjanja mikrozagađivala primjenom RO/NF razviju nove, osjetljivije analitičke metode određivanja niskih koncentracija mikrozagađivala u njihovim višekomponentnim smjesama.

Jedna od karakterističnih grupa novih mikrozagađivala, koje pobuđuju pozornost istraživača, ali i tehnologa su antibiotici, koji se u vodama pojavljuju iz nekoliko mogućih izvora: kao neutrošeni ostatak pri humanoj i veterinarskoj primjeni ili kao neuklonjeni sastojak iz otpadnih voda procesne industrije, proizvodnje antibiotičkih preparata. Iako

se antibiotici primjenjuju već više od pola stoljeća, njihovo pojavljivanje u vodama mjeri se tek nekoliko godina, a s obzirom na njihovu aktivnost u vodama i okolišu, u skoroj se budućnosti očekuje njihovo uključivanje u normativne akte o ispravnosti voda, što će onda tražiti i detaljniju razradu postupaka za njihovo uklanjanje.

U literaturi se zasada nalazi više podataka o njihovoj prisutnosti u vodama [5-8] nego o mogućnostima i uvjetima njihova uklanjanja. Od ovih drugih treba spomenuti dva rada. Adams et al. [9] su ispitivali djelotvornost postupaka obrade vode za piće radi uklanjanja nekoliko antibiotika u tipično pogonskim uvjetima. Pokusi su bili izvedeni obradom vode pripravljene iz demineralizirane vode ili vode rijeke Missouri, u koju su dodani antibiotici. Rezultati su pokazali da se antibiotici uspješno mogu ukloniti iz voda postupcima reverzne osmoze, adsorpcijom na aktivnom ugljiku i oksidacijom djelovanjem klora i ozona. S druge strane, postupci koagulacije/flokulacije/sedimentacije, mekšanja sa sodom i vapnom, UV zračenjem uz dezinfekciju, te ionskom izmjenom pokazali su se nedjelotvornima. Yoon i dr. [10] su ispitivali djelotvornost uklanjanja 50-ak farmaceutika iz voda, što je uključilo i četiri antibiotika i nisu utvrdili posebne pravilnosti o njihovom zadržavanju.

U ovom su radu ilustrirani djelomični podatci membranskog uklanjanja nekoliko antibiotika iz binarnih vodenih otopina i dvije modelne vode koje odgovaraju otpadnim procesnim vodama iz proizvodnje veterinarskih preparata. Istraživanja uklanjanja novih, zasada zakonski nereguliranih zagađivala prva su u Hrvatskoj i paralelna su s istraživanjima koja se provode u Europskoj uniji u sklopu FP6 programa.

EKSPERIMENTALNI DIO

U radu je ispitivana jedna reverzno osmotska membrana, tip XLE (Dow/FilmTec, Midland MI) i dvije nanofilracijske membrane, tip NF90 (Dow/FilmTec) i tip HL (Desal, Osmonics, GE Water Process Techn.,Vista, CA).

Mjereno je zadržavanje sljedećih antibiotika: levamisol, sulfagvanidin, sulfametazin, sulfadiazin, trimetoprim, prazikvantel, enrofloksacin i oksitetraciklin.

Revezno osmotski odnosno nanofiltracijski pokusi izvedeni su u laboratorijskom uređaju i na prije opisani način [11,12] pri tlaku od 8 bara. Rezultati pokusa izraženi su faktorom zadržavanja svakog antibiotika na pojedinoj membrani i propusnošću svake membrane za čistu vodu ("produktivnost membrane").

REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati provedenih pokusa prikazani su u tablicama 1 i 2.

Tabica 1 pokazuje zadržavanje antibiotika, poredanih po rastućim molekulnim masama (stupac 5) na ispitivanim membranama. Faktori zadržavanja svih antibiotika su vrlo visoki izuzevši tri veličinom manja antibiotika na membrani tipa HL. Faktori zadržavanja na reverzno osmotskoj membrani XLE i na nanofiltracijskoj membrani tipa NF90 istog su reda veličine, unatoč činjenici da je RO membrana, za razliku od nanofiltracijske, električki nenabijena. To znači da električni naboj nanofiltracijske membrane nema utjecaja na zadržavanje molekula antibiotika. Nanofiltracijska membrana tipa HL je po svojim karakteristikama "rahla", tj. od ispitivanih membrana ima pore najvećih dimenzija, koje djelomično propuštaju manje molekule antibiotika, kao npr. levamisol, sulfaguanidin i sulfadiazin. Velike molekule antibiotika i na toj su membrani zadržane. Ovi rezultati očigledno pokazuju da je osnovni razlog (mehanizam) zadržavanja na membrani veličina

ispitivanih molekula, odnosno točnije, odnos veličine molekula prema veličini pora u membrani - tzv. "efekt prosijavanja" (size exclusion).

Tablica 1.: Faktori zadržavanja antibiotika iz binarnih vodenih otopina pri 8 bara

	XLE	**NF90**	**HL**	**Mol. masa/ g mol^{-1}**
Levamisol	0.994	0.999	0.690	204.3
Sulfaguanidin	0.993	0.991	0.673	214.2
Sulfadiazin	0.994	0.994	0.885	250.3
Sulfamethazine	0.991	0.994	0.963	278.3
Trimethoprim	0.986	0.992	0.888	290.3
Praziquantel	0.996	0.990	0.984	312.4
Enrofloxacin	0.972	0.991	0.994	359.4
Oxytetracyclin	0.992	0.990	0.992	460.4
J_w / L m^{-2} h^{-1}	41.98	57.90	33.73	

Drugi neophodan podatak za daljnju primjenu RO/NF postupka radi uklanjanja mikrozagađivala jest protok vode kroz membranu, odnosno njena produktivnost. Zadnji red u gornjoj tablici pokazuje da najveću produktivnost pokazuje nanofiltracijska membrana NF90, koja je stoga, uz visoko zadržavanje, od tri ispitane membrane optimalni izbor za primjenu RO/NF procesa u većem mjerilu.

Tablica 2.: Faktori zadržavanja antibiotika iz modelnih otpadnih voda i odgovarajući protoci vode kroz membrane pri 8 bara

Membrane:	**XLE**		**NF90**		**HL**		**Mol.masa/ g mol^{-1}**
	W1	W2	W1	W2	W1	W2	
Sulfaguanidin	1.00	1.00	1.00	1.00	0.349	0.376	214.2
Sulfadiazin	1.00	1.00	1.00	1.00	0.856	0.903	250.3
Sulfamethazin	1.00	1.00	1.00	1.00	0.874	0.938	278.3
Trimethoprim	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	290.3
Praziquantel	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	312.4
Enrofloxacin	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	359.4
Oxytetracyclin	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	460.4
J_w / L m^{-2} h^{-1}	41.98		57.90		33.73		

Rezultati dobiveni separacijom antibiotika iz binarnih vodenih otopina provjeravani su zadržavanjem istih antibiotika iz njihove višekomponentne smjese u dvije modelne vode (W1 i W2), koje su osim smjese antibiotika sadržavale još i anorganske ione (Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, HPO_4^{2-}, HCO_3^-) i neke organske tvari (saharoza, askorbinska kiselina, kalcijev glukonat), koje se pojavljuju u otpadnim vodama pri proizvodnji antibiotičkih preparata.

Ti rezultati navedeni u tablici 2 također pokazuju praktički potpuno zadržavanje antibiotika pri RO/NF postupku, ukoliko se u postupku primjene membrane dovoljno malih pora. I ovdje je zadržavanje sntibiotika na membranama tipa XLE i NF90 maksimalno, više nego u slučaju obrade binarnih otopina, što se vjerojatno može pripisati prisutnosti Ca iona (tvrdoće vode), koji svojim nabojem utječu na membransku strukturu smanjujući veličinu pora u membrani. I pri ovim je pokusima zadržavanje manjih molekula antibiotika na "rahloj" membrani tipa HL bilo nepotpuno.

ZAKLJUČAK

Svi dobiveni rezultati pokazuju dakle da se membranskim postupcima reverzne osmoze i/ili nanofiltracije, uz optimalan izbor membrana i radnih uvjeta, može postići više nego zadovoljavajuće uklanjanje antibiotika iz voda. Od ispitanih membrana optimalni je izbor nanofiltracijska membrana NF-90, koja praktički potpuno uklanja antibiotike iz voda i daje najveći protok permeata, te se kao svaka nanofiltracuijska membrana može rabiti pri nižem radnom tlaku, tj. uz energijski povoljnije uvjete.

LITERATURA

1. M. Mulder, Basic principles of membrane technology, Kluwer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands 1996.
2. C.A. Buckley, C.J. Brouckaert, C.A. Kerr, Reverse osmosis application in brackish water desalination and in the treatment of industrial effluents, in: Z. Amjad (Ed.) Reverse Osmosis, Van Nostrand Reinhold, New York. 1993.
3. A.I. Schäfer, A.G. Fane, T.D. Waite (Eds.), Nanofiltration—principles and applications, Elsevier, Oxford, 2005.
4. C. Bellona, J.E. Drewes, P. Xua, G. Amy, Factors affecting the rejection of organic solutes during NF/RO treatment—a literature review, Water Res. 38 (2004) 2795-2809.
5. W. Giger, W., Alder, A.C., Golet, E.M., Kohler, H.P.E., McArdell, C.S., Molnar, E., Siegrist, H., Suter, M.J.F., 2003. Occurrence and fate of antibiotics as trace contaminants in wastewaters, sewage sludges, and surface waters. Chimia 57, 485-491.
6. Yang, S., Carlson, K.H., 2003. Evolution of antibiotic occurrence in a river through pristine, urban and agricultural landscapes. Water Res. 37, 4645-4656.
7. T. Heberer, Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data, Toxicol. Lett. 131 (2002) 5-17.
8. O.A.H. Jones, N. Voulvoulis, J.N. Lester, Aquatic environmental assessment of the top 25 English prescription pharmaceuticals, Water Res. 36 (2002)5013-5022
9. C. Adams, Y.Wang, K.Loftin, M.Meyer, Removal of antibiotics from surface and distilled water in conventional water treatment processes, J. Environ.Eng.-ASCE 128 (2002) 253-260
10. Y. Yoon, P. Westerhoff, S.A. Snyder, E.C. Wert, Nanofiltration and ultrafiltration of endocrine disrupting compounds, pharmaceuticals and personal care products. J. Membr. Sci. 270 (2006) 88-100.

11. K. Kosutic, L. Kastelan-Kunst, B. Kunst, Porosity of some commercial reverse osmosis and nanofiltration polyamide thin-film composite membranes. J. Membr. Sci. 168 (2000) 101-108.

12. K.Košutić,D.Dolar, D.Ašperger, B.Kunst, Removal Of Antibiotics From A Model Wastewater By RO/NF Membranes, Separ.Purif.Technol. **53** (2007) 244-249

ZAHVALA

Prikazani rezultati proizašli su iz međunarodnog znanstvenog projekta (EU project EMCO - INCO CT 2004-509188: Reduction of Environmental Rrisks, Posed by **Em**erging **Co**ntaminants, Through the Advanced Treatment of Municipal and Industrial Wastes) kao i znanstvenog projekta Membranski i adsorpcijski procesi uklanjanja organskih tvari pri obradbi voda, kojeg podupire Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske.

AUTORI

Dr.sc. Krešimir Košutić, email: kkosutic@fkit.hr

Davor Dolar, dipl.kem.inž., email: dolar@fkit.hr

Dr.sc.Branko Kunst, profesor emeritus, email: kunstb@fkit.hr

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 20, 10000 Zagreb,

tel. 385 1 4597 231

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.07.

PRILOG ODREĐIVANJU KOEFICIJENTA ODUMIRANJA FEKALNIH KOLIFORMA ZA UVJETE JADRANA

Goran Lončar, Vladimir Andročec, Goran Gjetvaj

SAŽETAK: Pri preliminarnim proračunima potrebne duljine podmorskog ispusta za kvantifikaciju biološke razgradnje učestalo je korištenje vrijednosti T_{90} = 2,5h (UNEP, 1995) kao kvantifikacija biološke razgradnje koliformnih bakterija. Korištenjem 2D numeričkog modela sa inkorporiranim ekološkim modulom, te usporedbom sa vrijednostima izmjerenim u prirodi [2], pokazalo se da su pri realnim nastupima nepovoljnih stanja mora i atmosferskih uvjeta vrijednosti koncentracija koliforma u prostornoj i vremenskoj domeni znatno veće od proračunatog uz usvajanje vrijednosti T_{90} = 2,5h. U ovom radu dana je komparativna analiza rezultata prostorne raspodjele koncentracije fekalnih koliforma za planirane podmorske ispuste sustava odvodnje gradova Rovinja, Splita i Sukošana sa 2D numeričkim modelom pri odabranim konstantnim vrijednostima T_{90} = 2,5h, 4h i 6h i vremenski varijabilnom vrijednosti T_{90} koja je u funkciji fizikalnih i karakteristika morskog recipijenta i atmosfere.

KLJUČNE RIJEČI: Podmorski ispust, numerički model, odumiranje fekalnih koliforma

ON THE FECAL COLIFORMS DECAY COEFFICIENT IN ADRIATIC SEA

SUMMARY: Preliminary calculation of the length of a submarine outfall includes quantification of bacteria decay given as T_{90}. Widely used value according UNEP, 1995 is T_{90} = 2,5h (for faecal coliforms). With aim of 2D numerical model with incorporated ecological module and comparison with in-situ measurement [2] it is shown that in real case scenario spatial and temporarily variable concentration of effluent under question are much higher then calculated with stationary value of T_{90} = 2,5h (for faecal coliforms). Comparative analysis of faecal coliform spatial concentration distribution as consequences of planned and already in joint operation working mode submarine outfalls of the cities of Rovinj, Sukošan and Split is given in this article. For convective - dispersion transport formulation two different approaches are used in numerical procedure: time invariant values of T_{90} = 2,5h ; 4h and 6h and time/spatial variable value of T_{90} dependant on actual physical characteristic of sea recipient and atmosphere conditions.

KEYWORDS: Submarine outfall, numerical model, faecal bacteria decay

1. UVOD

Modeliranje ispuštanja i pronosa efluenta kroz morski recipijent nastalog kao posljedica

rada pojedinačnog ili integralnog rada više ispusta uobičajeno je rješavati tehnikom modeliranja. Složena slika strujanja samog recipjenta kao i doprinos vanjskih utjecaja poput vjetra i izmjene topline sa atmosferom koji doprinose biološkoj razgradnji efluenta moguće je rješavati numeričkim modelima. Kako na fizikalnim modelima najčešće nije moguće ostvariti potpunu interpretaciju svih dominantnih čimbenika u procesima širenja efluenata u mjerilu prirode (poput djelovanja biološke razgradnje, utjecaja vjetra i toplinske izmjene) provedba pokusa na fizikalnim modelima najčešće daje uvid samo u najnepovoljnija moguća stanja. Nadalje, obzirom na relativno veliko područje od interesa u najvećem broju slučajeva projektnom zadatku primjena fizikalnog modela nije prihvatljiva. Zbog toga se pomoću numeričkih modela provedi analiza stanja pripadajućeg akvatorija u smislu određivanja vremenskog i prostornog rasporeda koncentracije efluentnih sadržaja poput koliformnih bakterija. Numeričkim modelima moguće je relativno jednostavno obuhvatiti cijeli niz realnih i hipotetskih stacionarnih i nestacionarnih stanja poput dinamike rada svih postojećih i planiranih ispusta, hidrauličkih parametara (dubina, hrapavost, hod morskih razi, protok/brzina/smjer na ispustima, gustoća/salinitet/temperatura, disperzija) te ekoloških parametara (trajanje dnevne svjetlosti i broj sunčanih sati u svakom pojedinom kalendarskom danu ovisno o geografskom položaju, vremenska i prostorna raspodjela dozračne sunčeve energije, svjetlosno prigušenja kroz vertikalu vodnog stupca, prozirnosti...) o kojima direktno ili indirektno ovisi i prostorni i/ili vremenski raspored koliformnih bakterija, kao tipičnog predstavnika efluentne koncentracije, unešenih u akvatičku sredinu putem podmorskih ispusta. Osim kvalitetne modelske reprodukcije nestacionarnog recipijentnog polja strujanja i dobro procjenjenih vrijednosti disperzije za numerički tretman procesa konvektivne disperzije, važna je i realna procjena parametara biološke razgradnje, najčešće izražene kao T_{90}. U laboratorijskim uvjetima u čistoj vodi u totalnom mraku i pri temperaturi od 20 ^{0}C vrijeme T_{90} za koliformne bakterije iznosi 2,87h [1]. Primjerice, na terenu izmjerene vrijednosti T_{90} u Splitskom kanalu na dubinama 5m, 10m, 20m, 30m iznosile su 5,2h, 6,6h, 12,1h, 15,3h [2]. Prema tome za slučaj dubina većih od 5m izmjerene vrijednosti značajno premašuju najčešće korištene vrijednosti u praktičnim proračunima od T_{90} = 2,5h.

U ovom radu dana je usporedba prostorne i vremenske dinamike koncentracije fekalnih koliforma dobivenih upotrebom konstantne vrijednosti T_{90} = 2,5 ; 4h ; 6h sa vremenski i prostorno varijabilnim vrijednostima T_{90} dobivenih u funkciji fizikalnih i optičkih karakteristika morskog recipijenta i atmosfere (temperatura, salinitet mora, prozirnost mora, distribucija svijetlosti po vertikali vodnog stupca u funkciji koef.svijetlosnog prigušenja, maksimalna insolacije u podne, dubina, faktor solarne radijacije uz sinusnu varijacije svijetlosnog intenziteta u toku dana za stvarni geografski položaj) za tri odabrane lokacije na Jadranu. Na ovaj način kvantificirana je i nova-odgovarajuća «konstantna» vrijednost T_{90} kojom su indirektno obuhvaćeni svi spomenuti realni utjecaji recipijenta i atmosfere te koja se preporučuje za numeričke analize širenja efluenta putem konvektivne disperzije.

2. NUMERIČKI MODEL

Za numeričke pokuse u sklopu ovog rada korišten je 2D numerički model MIKE 21 (DHI, 2005) sa inkorporiranom Smagorinsky formulacijom turbulencije. Numerički modeli upotrebljavaju 4 modula (PP-predprcesiranje/postprocesiranje podataka, HD-hidrodinamički modul, AD-konvektivno disperzivni modul, ECO LAB-ekološki modul za analizu bilo koje pojave vezane na kvalitetu voda ili eutrofikaciju. HD model je osnovni modul koji daje rješenja hidrodinamike strujanja na modeliranom području sa svim

vanjskim utjecajima poput djelovanja prostorno i vremenski varijabilonog vjetra, saliniteta, temperature i toplinske izmjene sa atmosferom te svim vrstama ponora i izvora. Jednadžbe kontinuiteta i količine gibanja korištene u HD modulu integrirane su po vertikali. AD modul koristi se za analizu konvektivno disperzivnog pronosa topline i mase otopljene ili suspendirane tvari (bilo koje vrste - jednadžba 1) i to na bazi dobivene slike strujanja iz HD modula. Veličine protoka i koncentracije na mjestima izvora su uključene zajedno sa odumiranjem odnosno razgradnjom.

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(h\bar{\bar{c}}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\bar{\bar{u}}h\bar{\bar{c}}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\bar{\bar{v}}h\bar{\bar{c}}\right) = \frac{\partial}{\partial x}\left(h \cdot D_x \cdot \frac{\partial \bar{\bar{c}}}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(h \cdot D_y \cdot \frac{\partial \bar{\bar{c}}}{\partial y}\right) - F \cdot h \cdot \bar{\bar{c}} + SS_c \qquad (1)$$

gdje je $\bar{\bar{c}}$ koncentracija otopljene ili suspendirane tvari osredenjena po vertikali, $\bar{\bar{u}}$ i $\bar{\bar{v}}$ su komponente brzina osredenjenih po vertikali u horizontalnim smjerovima x i y a D_x i D_y su koeficijenti disperzije u x i y smjeru. F prestavlja linearni koeficijent razgradnje ili odumiranja 1. reda $d\bar{\bar{c}}/dt=F\bar{\bar{c}}$.

Detaljna analiza dinamike ekološko-bioloških parametara (odumiranje bakterija) ostvaruje se sa modulom ECO-LAB a koji se ponovno oslanja na rješenje hidrodinamike strujanja i pronosa odnosno rješenja dobivena iz HD i AD modula. Korištena jednadžba procesa odumiranja fekalnih koliforma glasi:

$$\frac{dFC}{dt} = -\left[K_{coli} * corSTI * MAX(0, FC)\right] \qquad K_{coli} = \frac{Ln(10)}{T_{90}} = 0,8 \qquad [1 / dan] \qquad (2)$$

gdje je FC koncentracija fekalnih koliforma [1/100ml], K_{coli} koef. odumiranja pri 20°C u svježoj vodi u mraku a $CorSTL$ korekcioni koeficijent odumiranja za temperaturu, salinitet i svijetlost.

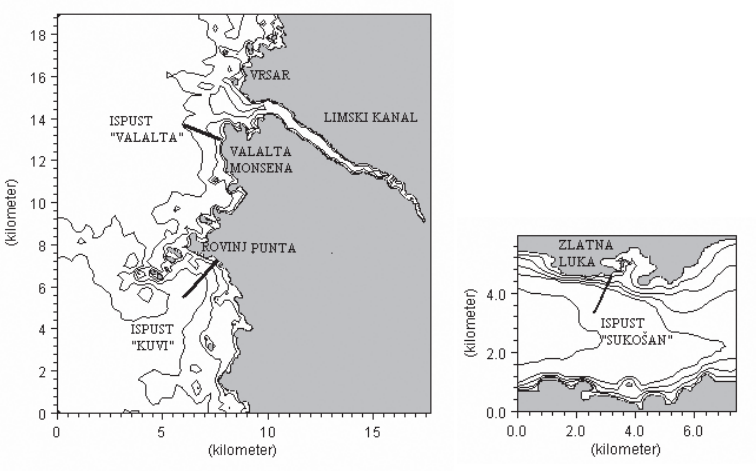
$$corSTI = \Theta_T^{Trec-20} * \Theta_S^{SAL} * \Theta_I^{VD} \qquad (3)$$

gdje je Θ_T temperaturni koeficijent korekcije za koef.odumiranja pri temperaturama različitim od 20 C^0 (usvojeno 1,09), Θ_S koeficijent korekcije saliniteta za salinitet različit od čiste vode (usvojeno1,006) ; Θ_I koeficijent korekcije za utjecaj svijetlosti (usvojeno 7,4) SAL - salinitet na modeliranom području VD - distribucija svijetlosti po vertikali vodnog stupca = f (prozirnosti-seši dubina (m), maksimalna insolacija u podne (W/m^2), dubina, svijetlosni intenzitet na temelju predpostavljene sinusne varijacije u toku dana za korišteni kalendarski period simulacije i stvarni geografski položaj modeliranog područja)

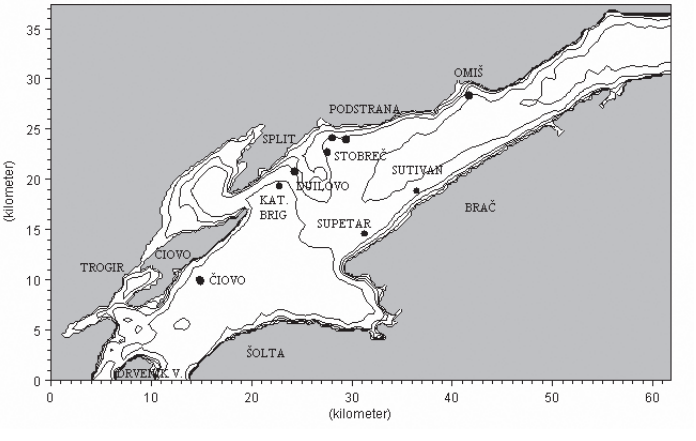
3. PARAMETRI PROVEDBE NUMERIČKIH ANALIZA

Numerička analiza provedena je za tri položaja na kojima se nalaze planirani i postojeći podmorski ispusti (područje Rovinj - 2 podmorska ispusta [3], područje Sukošan- 1 podmorski ispust [4] i područje Split - 9 podmorskih ispusta [5]) koje zajednički reprezentiraju situacije Jadranskog mora. Za numeričku analizu korištene su 3D realne batimetrije prikazane na slikama 1,2,3. Korišteni prostorni inkrementi numeričkih modela ($\Delta x = \Delta y$) su 50m (područje Rovinj i Sukošan) i 200m (područje Split). Nestacionarna polja strujanja na numeričkim prostornim domenama dobivena su na temelju vrijednosti kontinuiranih mjerenja strujanja na pojedinim točkama unutar odabranih prostornih

domena [6,7,8]. Za nestacionarne rubne i početne uvjete (salinitet, temperatura i oscilacije morskih razi) korišteni su podaci iz referenci [6,7,8,9,10].



Slike 1,2: batimetrije na prostornim domenama numeričkih modela (područje Rovinj - gore lijevo -5,-15, -25, - 35, -45 ; Područje Sukošan - gore desno -5, -10, -15, -20, -30)



Slika 3: batimetrije na prostornim domenama numeričkih modela (Split -10, -20, -30, -50, -70)

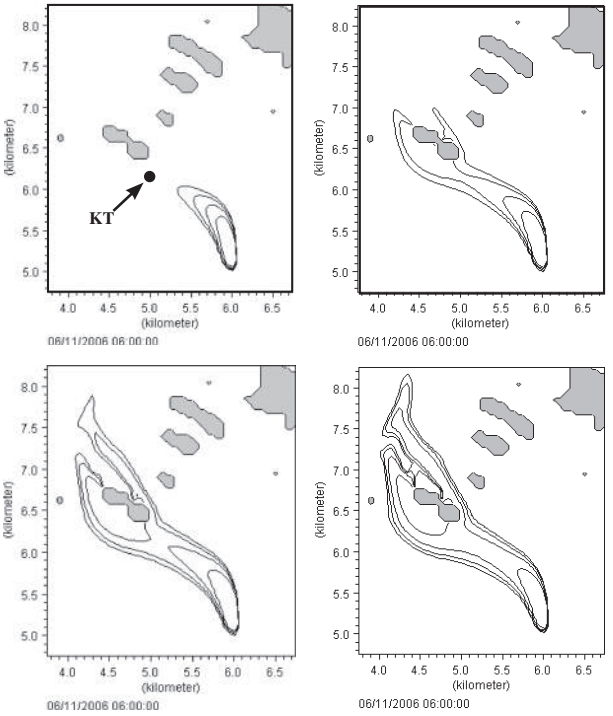
U sklopu numeričkih analiza za postojeće podmorske ispuste «Katalinića Brig» i «Stobreč» (područje Split) korištena je nestacionarna realna-registrirana satna dinamika protoka upuštanja dok su za ispuste «Kuvi» (područje Rovinj), «Bibinje-Sukošan» (područje Sukošan) i ostalih ispusta na području Split usvojene vrijednosti satne dinamike upuštanja definirane u projektnim dokumentacijama [3,4,5].

Maksimalne projektne satne vrijednosti protoka upuštanja primjerice iznose $Q_{KUVI\text{-}Rovinj}$ = 340 l/s ; $Q_{BIBINJE\_SUKOŠAN}$ = 90,5 l/s ; $Q_{ČIOVO\text{-}Split}$ = 800 l/s ; $Q_{DUILOVO\text{-}Split}$ = 120 l/s ; $Q_{LAV\text{-}Split}$ = 80 l/s ; $Q_{PODSTRANA\text{-}Split}$ = 80 l/s ; $Q_{SUTIVAN\text{-}Split}$ = 100 l/s ; $Q_{SUPETAR\text{-}Split}$ = 100 l/s ; $Q_{STOBREČ\text{-}Split}$ = 1900 l/s. $Q_{KAT.BRIG\text{-}Split}$ = 1400 l/s. Vrijednost koncentracije koliforma u efluentu koji prolazi kroz podmorski ispust je usvojena sa 10^7 FC/100ml za sve ispuste. Izmjerene i u numeričkom

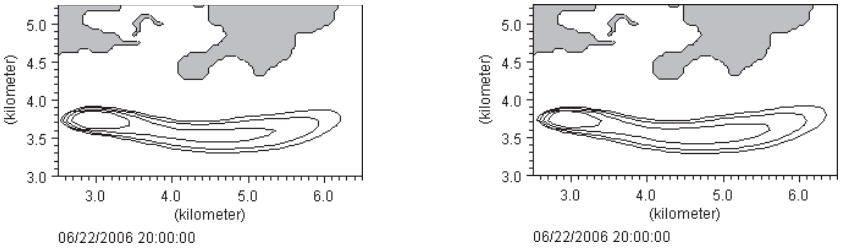
modelu usvojene vrijednosti prozirnosti (secchi dubine SD) iznose SD_{Rovinj} = 16m ; SD_{Split} = 12m [8], $SD_{Sukošan}$ = 20m [7] a dozračne snage solarnog zračenja (točno u podne u danu sa intenzivnom naoblakom) P_{Rovinj} = 0,74 kW/m^2 ; P_{Split} = 0,6 kW/m^2 $P_{Sukošan}$ = 0,8 kW/m^2. Intenziteti i smjerovi vjetrova za period obuhvaćen numeričkom analizom dobiveni su iz kontinuiranog anemografskog zapisa (10-minutni srednjaci) sa mjernih postaja Split - Marjan i Zadar dok je za Rovinj intenitet i smjer vjetra procjenjen iz opažačkog niza 1951-2000. Radi bolje preglednosti u nastavku će se prikazati samo dijelovi cjelokupne prostorne domenu numeričkih modela sa pripadnim oblacima efluenta (koncentracija koliformnih bakterija).

4 REZULTATI NUMERIČKE ANALIZE

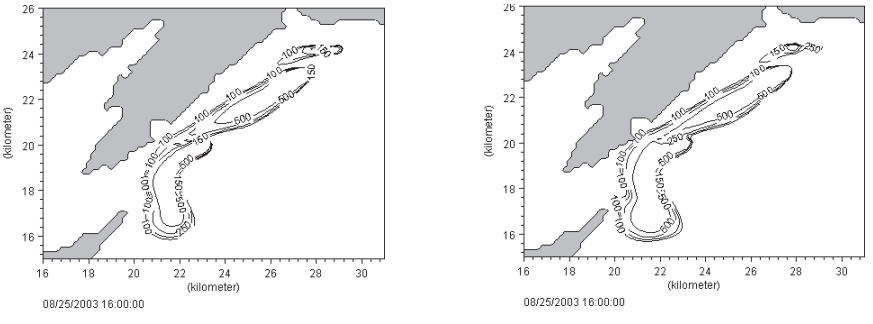
Na slikama 4,5,6,7 dan na prikaz satno osrednjenih koncentracija fekalnih koliforma upotrebom konstantne vrijednosti T_{90} = 2,5h ; 4h ; 6h i korištenjem modula ECO-LAB za područje Rovinj, na slikama 8,9 za područje Sukošan a na slikama 10,11 za područje Split. Naravno, nestacionarno polje strujanja nije u ovisnosti o odabranoj vrijednosti T_{90}. Detalji prikaza dinamike nestacionarnog polja strujanja mogu se naći kod autora i u referencama [5,13,14]. Na svim slikama prikazane su izo linije koncentracija 100, 150, 200, 250 i 500 FC/100ml idući izvana prema unutrašnjosti efluentnog oblaka. Komparacija koncentracije koliformnih bakterija tijekom simulacijskih perioda numeričkog modela na kontrolnoj točki KT područja Rovinj ucrtanoj na slici 1 (300m od obale) uz korištene vrijednosti T_{90} = 4h, 6h i upotrebom modula ECO-LAB dana je na slici 12.



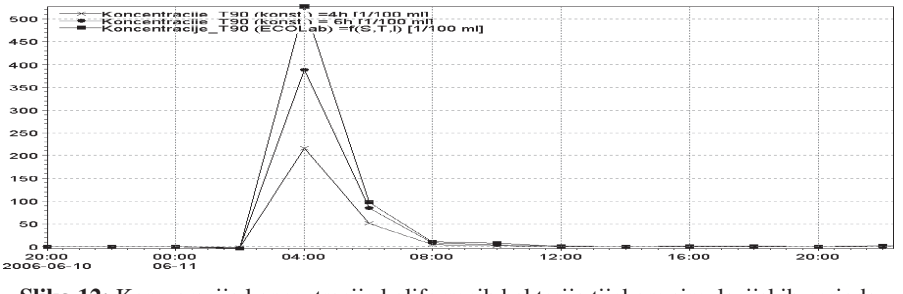
Slike 4,5,6,7: prikaz satno osrednjenih koncentracija fekalnih koliforma upotrebom upotrebom konstantne vrijednosti T_{90} = 2,5h (gore lijevo) ; 4h (gore desno) ; 6h (dolje lijevo) i korištenjem modula ECO-LAB (dolje desno) za područje Rovinj



Slike 8,9: prikaz satno osrednjenih koncentracija fekalnih koliforma upotrebom konstantne vrijednosti T_{90} = 6h (lijevo) i korištenjem modula ECO-LAB (desno) za područje Sukošan



Slike 10,11: prikaz satno osrednjenih koncentracija fekalnih koliforma upotrebom konstantne vrijednosti T_{90} = 6h (gore) i korištenjem modula ECO-LAB (dolje) za područje Split



Slika 12: Komparacija koncentracije koliformnih bakterija tijekom simulacijskih perioda numeričkog modela na odabranim kontrolnim točkama sa slike 1 (300m od obale - područje Rovinj) uz korištene vrijednosti T_{90} = 4h, 6h i upotrebom modula ECO-LAB

5. ZAKLJUČAK

Za analizu pronosa efluenta (fekalnih koliforma) korišten je 2D numerički model sa hidrodinamičkim, konvektivno-disperzivnim i ekološkim modulom. Za tri karakteristična odabrana područja gradova Rovinja, Sukošana i Splita sa pripadnim podmorskim

ispustima dana je usporedba prostorne i vremenske dinamike koncentracije fekalnih koliforma dobivenih upotrebom konstantne vrijednosti odumiranja fekalnih koliforma T_{90} = 2,5 ; 4h ; 6h u konvektivno disperzivnom modulu te varijabilnim vrijednostima T_{90} dobivenim u funkciji osnovnih fizikalnih karakteristika morskog recipijenta i atmosfere (temperatura, salinitet mora, prozirnost mora, distribucija svijetlosti po vertikali vodnog stupca u funkciji koef.svijetlosnog prigušenja, maksimalna insolacije u podne, dubina, faktor solarne radijacije uz sinusnu varijacije svijetlosnog intenziteta u toku dana za stvarni geografski položaj). Analizirano nestacionarno polje strujanja odgovara uvjetima odsustva stratifikacije kao tranzijentnog stanja pri registriranom i dugotrajnijem nastupu intenzivnijih vjetrova u ljetnom periodu.

Usporedbom proračunatih vrijednosti koncentracija fekalnih koliforma na udaljenosti 300m od obale te oblaka efluenta kvantificirana je i ovdje se predlaže nova-odgovarajuća «konstantna» vrijednost odumiranja fekalnih koliforma $\mathbf{T_{90} = 6h}$ kojom je indirektno obuhvaćen širi spektar utjecaja fizikalnih karakteristika recipijenta i atmosfere uključujući i periode izrazito nepovoljnih tranzijentnim stanjima mogućih u ljetnom periodu. Ta konstantna vrijednost $\mathbf{T_{90} = 6h}$ preporučuje se za upotrebu u numeričkim analizama širenja efluenta sa konvektivnom disperzijom, ukoliko se ne koristi detaljnija numerička razrada sa ekološkim modulima i ukoliko se uključuju krajnje nepovoljna stanja recipijenta i meteoroloških odnosno atmosferskih uvjeta.

6. LITERATURA

1. Jorgensen, S., Bendoricchio, G. (2001): Fundamentals of ecological modelling, Elsevier-academic press
2. IOR-Split (1991): Oceanografska svojstva Bračkog i Splitskog kanala kao prijemnika otpadnih voda
3. Hydroconsult-Rijeka (1997): Studija odvodnje otpadnih i oborinskih voda grada Rovinja
4. Hidroprojekt-Ing, (2006): Idejno rješenje sustava odvodnje Bibinje-Sukošan.
5. GFZ (2006): Numerički model zajedničkog rada podmorskih ispusta projekta Eko-Kaštelanski Zaljev
6. Janeković, I. (2006): Hidrodinamičke osobine strujanja i morske razine u Rovinjskom akvatoriju, CIM-Rovinj
7. HHI-Split (2006): Rezultati istraživačkih radova trase podmorskog ispusta otpadnih voda sustava odvodnje Bibinje-Sukošan
8. IOR/HHI-Split (2001): Istraživanja mora za potrebe projektiranja podmorskog ispusta za I fazu kanalizacijskog sustava Kaštela - Trogir
9. Projekt ADRICOSM (2004): Konačno znanstveno izvješće za period oktobar 1, 2001 - decembar 31, 2004, www.ingv.bo/Adricosm
10. DHI (2005): MIKE Zero - Marine Tools - User Guide, 2005.
11. Tehnička enciklopedija,12, str 427-432.
12. DHI (2005): MIKE 21 - Coastal Hydraulics and Oceanography - User Guide
13. GFZ (2006): Numerički model pronosa efluenta iz podmorskih ispusta kanalizacijskog sustava grada Rovinja
14. GFZ (2006): Numerički model pronosa efluenta podmorskog ispusta sustava odvodnje Bibinje - Sukošan

AUTORI:

doc.dr.sc. Goran Lončar,
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26
goran.loncar@grad.hr

prof.dr.sc. Vladimir Andročec,
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26
androcec@grad.hr

prof.dr.sc. Goran Gjetvaj,
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26
goran@grad.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.08.

RAZDVOJENA NAKNADA ZA VODNU USLUGU ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

Zijah Mahmutspahić

SAŽETAK: Postojeći model tzv. „jedinstvene naknade“ za komunalnu uslugu odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda (OIPOV) ima za obračunsku jedinicu količinu isporučene svježe vode. Ovaj model u cijelosti zanemaruje činjenicu da korisnici komunalne usluge OIPOV u sustav javne odvodnje (SJO) ne upuštaju samo sanitarne ili tehnološke otpadne vode, nego i znatne količine atmosferskih otpadnih voda. I dok upuštanje u SJO sanitarnih i tehnoloških otpadnih voda korisniku usluge OIPOV uzrokuju troškove, upuštanje atmosferskih voda u SJO je, u ovom obračunskom modelu, za korisnika usluge troškovno neutralno. Ovo je u direktnoj suprotnosti sa ekološkim načelom „zagađivač plaća“, koje izričito traži da onaj koji uzrokuje troškove, mora za njih i platiti. Iz tog razloga se razvio i drugi model - model tzv. „razdjelne naknade“. „Razdjelna nakada“ za komunalnu uslugu OIPOV se sastoji od dvije naknade:

1. naknade za sanitarne i tehnološke otpadne vode, koja za obračunsku jedinicu ima količinu isporučene svježe vode, te
2. naknade za atmosferske otpadne vode, koja za obračunsku jedinicu ima „površinu“ parcele priključenu na SJO.

Modelom „razdjelne naknade“ ostvaruju se pozitivni ekonomski, ekološki i socijalni efekti, kako sa stajališta korisnika usluge OIPOV, tako i sa stajališta šire društvene zajednice, te se preporučuje primjena ovog modela i u Republici Hrvatskoj.

KLJUČNE RIJEČI: jedinstvena naknada, razdjelna naknada, obračunska površina, reducirana površina, reducirana pričvršćena površina

SEPARATED FEE FOR THE WATER SERVICE OF DRAINAGE AND WASTE WATER PURIFICATION

SUMMARY: The existing model of so called “uniform fee” for the municipal service of drainage and waste water purification (DWWP) is based on the accounting unit of the quantity of supplied fresh water. This model completely neglects the fact that the users of the municipal service of the DWWP do not drain only sanitary or technologic waste water to the public drainage system (PDS), but also the considerable quantities of precipitation waste waters. While letting sanitary and technologic waste waters out into the PDS represents costs to a user, letting out of precipitation waste waters to PDS is neutral at this accounting model with respect to the costs. This is directly opposite to the ecologic principle that “a pollutant pays”, which requests explicitly those who cause the

costs, to pay them. Due to that, another model has developed - the so called model of a "separated fee". Separated fee for municipal services of DWWP consists of two fees:

1. the fee for sanitary and technologic waste waters, which is based on an accounting unit of supplied fresh water, and
2. the fee for precipitation waste waters, with the accounting unit based on the "area" of the land plot connected to PDS.

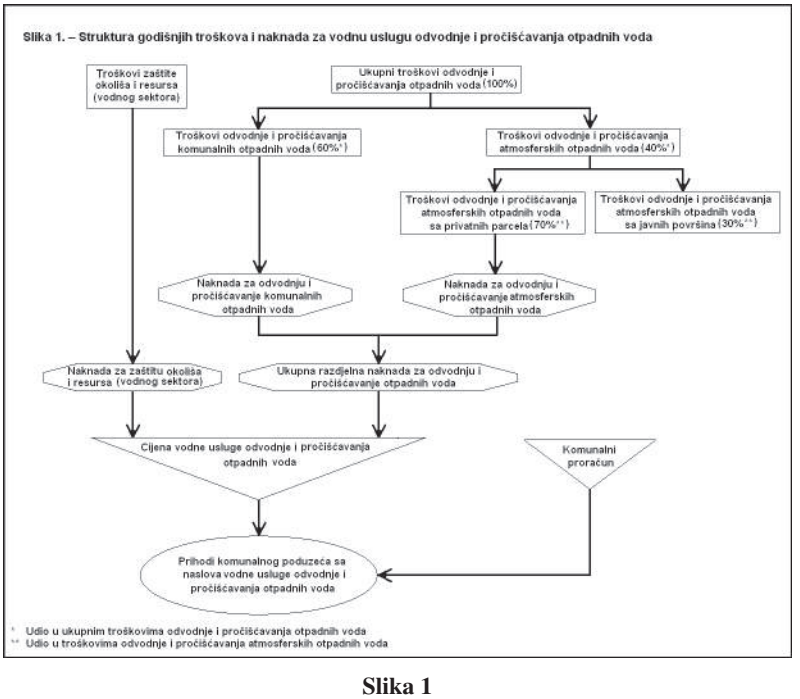
The model of a "separated fee" achieves positive economic, ecologic and social effects, from the point of view of the users of DWWP services, and also from the point of view of the wider social community, so it can be recommended to apply this model in the Republic of Croatia.

KEYWORDS: uniform fee, separated fee, accounting area, reduced area, reduced fixed area.

1. UVOD

Otpadne vode su sve vode koje se ispuštaju iz sustava javne odvodnje (SJO), a čine ih sanitarne otpadne vode, tehnološke otpadne vode (koje ćemo za potrebe ovog rada u nastavku skupno zvati komunalnim otpadnim vodama (KOV)) te atmosferske otpadne vode (AOV).

Ukupni godišnji troškovi (UGT) obavljanja vodne usluge odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda (OIPOV), sa stajališta podjele otpadnih voda na KOV i AOV imaju strukturu prikazanu na Slici 1.[1]:



Slika 1

1 Struktura troškova OIPOV te odnos površina javnih i privatnih parcela tzv. „uslužnog područja" predstavljaju uprosječena iskustva iz SR Njemačke [1].

Iz gornje slike je vidljivo da bi se gotovo 90% ukupnih troškova OIPOV trebalo refinancirati putem naknade[2] za OIPOV.

2. RAZDJELNA NAKNADA ZA OIPOV

Iako u Europi (Engleska i Wales) postoji i model određivanja visine cijene vodne usluge OIPOV, koji se uopće ne veže za vodu kao medij, već ovisi o vrijednosti nekretnine za koju se voda isporučuje (rateable value), uvriježeno je pravilo da se količina otpadne vode, kao obračunska veličina, određuje na način izjednačavanja iste sa količinom isporučene svježe vode. Ovim se obračunskim modelom - modelom tzv. „jedinstvene naknade“, u cijelosti zanemaruje AOV. Točnije, ona se količinski paušalizirano izjednačava sa količinom svježe vode koja se korištenjem u domaćinstvima i industriji „gubi“ i ne biva upuštena u SJO.

Takva „jedinstvena naknada“ rezultira time da se, znajući da to ne proizvodi nikakve ekonomske posljedice onome tko to čini, u SJO neracionalno upuštaju nepotrebno velike količine atmosferske otpadne vode.

Iz tog razloga se počeo primjenjivati i drugi obračunski model, model tzv. “razdjelne naknade“, koji se za sada sustavno primjenjuje jedino na području SR Njemačke. Prema raspoloživim podacima iz 2004 godine, preko 60% njemačkih komunalnih poduzeća, već ispostavlja račune za vodu sa tzv. „razdjelnom naknadom“ za otpadne vode [3].

Razdjelna naknada se sastoji od dva dijela, jednog koji kao obračunsku jedinicu zadržava količinu isporučene svježe vode (naknada za odvodnju i pročišćavanje komunalnih otpadnih voda (OIPKOV)) i drugog koji za obračunsku jedinicu uzima „površinu“ sa kojih se atmosferska otpadna voda upušta u SJO (naknada za odvodnju i pročišćavanje atmosferskih otpadnih voda (OIPAOV)). Sam termin „površina“, nije jednoznačno definiran.

On može, kao u Münchenu [4], ovisiti o stupnju izgrađenosti dijela grada na kojemu se ta „površina“ nalazi, pa u tom slučaju govorimo o „reduciranim površinama“. Naime, Grad München je cijelo gradsko područje podijelio na četiri zone i svakoj od njih dodijelio određeni zonski koeficijent izgrađenosti. Idući od centra k rubnim područjima ti su koeficijenti određeni u sljedećem nizu: 0.9, 0.6, 0.5 i 0.35. „Reducirana površina“ *kao nova obračunska jedinica* određuje se tako što se stvarna površina parcele pomnoži sa zonskim koeficijentom izgrađenosti gradske zone u kojoj se parcela nalazi. Pri izračunu „razdjelne naknade“ pretpostavlja se onda da ta „reducirana površina“ predstavlja vodonepropusnu površinu priključenu na SJO.

U manjim gradovima, kao u Duisburgu [5], ide se i korak dalje, pa se u prvoj iteraciji, pod terminom „površina“, podrazumijevaju tzv. „pričvršćene površine priključene na SJO“[3]. Nastavno se kao obračunska jedinica utvrđuje „reducirana pričvršćena površina“, koja se dobije tako da se „pričvršćene površine priključene na SJO“ pomnože sa koeficijentima vodonepropusnosti materijala od kojih su izgrađene (određena su dva koeficijenta vodonepropusnosti: 1.0 za „vodonepropusne“ i 0.6 za „vodopropusne“ materijale), koji se onda zbroje. Taj zbroj predstavlja „reduciranu pričvršćenu površinu“ *kao novu obračunsku jedinicu*. Pri izračunu „razdjelne naknade“ pretpostavlja se da ta „reducirana pričvršćena površina“, predstavlja vodonepropusnu površinu priključenu na SJO.

2 Termin „naknada“ sadržajno ne odgovara komunalnoj naknadi definiranoj u „Zakonu o komunalnom gospodarstvu“ Republike Hrvatske.

3 Pod „pričvršćenim površinama“ se podrazumijevaju svi dijelovi parcele, koji su ljudskim djelovanjem izmjenjeni na način da je prirodno procjeđivanje u tlo na tim dijelovima parcele otežano.

3. CILJEVI UVOĐENJA RAZDJELNE NAKNADA ZA OIPOV

Uvođenje razdjelne naknade ima za cilj korisnika vodne usluge OIPOV troškovno konfrontirati sa činjenicom da upuštanje atmosferskih otpadnih voda u SJO ima svoju cijenu koju on mora platiti, te ga na taj način stimulirati da na svoj trošak poduzme mjere kojima će ili u cijelosti isključiti ili u bitnom reducirati (upuštanjem na teren atmosferskih voda, „debetonizacijom“ parcela i sl.) količine AOV, koje se sa njegove parcele upuštaju u SJO.[4] Reduciranjem količine AOV, koju upušta u SJO, korisnik snižava i svoje godišnje troškove za ovu uslugu.

Sa stajališta šire društvene zajednice, uvođenjem razdjelne naknade, žele se postići sljedeći ciljevi:

1. Ekološki:

- Oborinske vode se ne upuštaju u sustav javne odvodnje nego se vraćaju u prirodni hidrološki ciklus
- Oborinske vode upuštanjem na teren prihranjuju podzemne vode
- Ostvaruje se poboljšanje općih mikrouvjeta za razvoj flore na konkretnom području kao posljedica povišenja nivoa podzemnih voda
- Za slučaj jakih i dugotrajnih kiša, neupuštanjem oborinske vode u sustav javne odvodnje, a sljedbeno tome i u recipijente, smanjuje se opasnost od poplava nizvodno od mjesta upuštanja
- Smanjuje se mogućnost hidrauličkih i bioloških „udara“ na recipijente za slučajeve jakih kiša, te

2. Ekonomski:

- Postojeća kanalizacijska mreža se hidraulički rasterećuje, a s tim u vezi smanjuju se i pripadajući pogonski troškovi (održavanje sustava, rad crpki i sl.)
- Hidrauličko rasterećenje sustava oslobađa u kapacitativnom smislu i uređaje za pročišćavanje otpadnih voda, pa eventualna, ranije planirana proširenja nisu potrebna zbog novonastalih kapaciteta do kojih je došlo uslijed pomenutog rasterećenja.

4. VISINA RAZDJELNE NAKNADE

Direktiva EU o politici u sektoru voda (2000/60/EC), traži da cijena za tzv. „vodne usluge“ u cijelosti pokriva sve troškove usluge uključujući tu i troškove zaštite okoliša i resursa.

Iz Slike 1 vidljivo je da bi se troškovi OIPKOV (60% UGT) u cijelosti trebali refinancirati iz dijela razdjelne naknade koji pokriva KOV, dok se iz dijela razdjelne naknade koji pokriva AOV, refinanciraju samo troškovi OIPAOV sa privatnih parcela (28% UGT). Troškovi OIPAOV sa javnih površina (12% UGT) refinanciraju se, u ovom obračunskom modelu, iz komunalnog proračuna i ne ulaze u cijenu komunalne usluge OIPOV.

Visina jedinične razdjelne naknade se određuje kao zbroj dvaju jediničnih naknada, kako slijedi:

- Naknada za KOV = 0,6 * UGT / godišnje isporučena količina svježe vode (€/m^3)

4 Grad München je svojim generalnim planom odvodnje (Gesamtentwässerungsplan) iz 1998. g., predvidio da će se do 2020 g. sa SJO „skinuti“ oko 15% priključenih površina (javnih i privatnih), odnosno ca. 770 ha [4].

- Naknada za AOV = 0,28 * UGT / ukupna obračunska „površina“ sa privatnih parcela (€/m²/a)

5. POSLJEDICE PROMJENE JEDINSTVENE NAKNADE U RAZDJELNU NAKNADU[5]

U sljedećoj tablici simulirati će se promjene koje se mogu očekivati (za izabrane korisnike usluge OIPOV) u slučaju prelaska s modela „jedinstvene“ na model „razdjelne“ naknade. Kao ulazne veličine koristit ćemo podatke iz publikacije njemačkog društva za zaštitu voda (nekada ATV, sada DWA) - „Markdaten Abwasser 2003“[2]:

1. prosječna jedinstvena naknada - 2,14 €/m³
2. prosječna razdjelna naknada - 1,97 €/m³ za KOV + 0,82 €/m²/a za AOV

Za pretpostavljenu specifičnu potrošnju vode od 150 l/S/d i zonski koeficijent izgrađenosti od 0,5 (šire gradsko područje) dobiju se sljedeće vrijednosti:

Tablica 1.: Promjena visine godišnje naknade za vodnu uslugu OIPOV kao posljedica promjene obračunskog modela

		Domaćinstvo sa 1 članom	**Domaćinstvo sa 2 člana**	**Domaćinstvo sa 3 člana**	**Domaćinstvo sa 4 člana**	**Stambena zagrada (48 stanova)**	**Trgovački centar**
1	Svježa voda (m³/a)	55	110	165	220	6500	100
2	Stvarna površina parcele (m²)	200	200	200	200	1000	6500
3	Obračunska površina parcele (m²)	100	100	100	100	500	3250*
		Godišnja naknada za OIPOV (¤/a)					
4	**Postojeća jedinstvena naknada 2,14 (€/m³)**	**117.7**	**235.4**	**353.1**	**470.8**	**13910**	**214**
5	Naknada za KOV 1,97 (€/m³)	108.35	216.7	325.05	433.4	12805	197
6	Naknada za AOV 0,82 (€/m2/a)	82	82	82	82	410	2665
7	**Nova razdvojena naknada (ukupna); 1,97 (€/m³) + 0,82 (¤/m²/a)**	**190.35**	**298.7**	**407.05**	**515.4**	**13215**	**2862**
8	**Promjena visine godišnje naknade za OIPOV (%)**	**+ 62%**	**+27%**	**+15%**	**+9%**	**-5%**	**+1338%**

*Za prosječnu godišnju količinu oborina u SR Njemačkoj od 789 mm/m², pretpostavljena količina AOV koja se sa parcele predmetnog trgovačkog centra upušta u SJO iznosila bi 2565 m³/a

5 Prema njemačkim iskustvima (na primjeru 23 komunalna poduzeća), prosječno smanjenje ukupnih godišnjih troškova za OIPOV, nastalih promjenom obračunskog modela, iznosilo je 9,1% po tzv. „prosječnom“ domaćinstvu (količina isporučene svježe vode 200 m³/a i 130 m² „obračunske površine“). Za domaćinstva koja uopće nemaju „obračunskih površina“, odnosno koja svoje AOV upuštaju direktno na teren a ne u SJO, smanjenje je u pojedinim slučajevima dostizalo i 45,5% [2].

Vidljivo je da uvođenje razdjelne naknade za vodnu uslugu OIPOV pogoduje višeobiteljskim stambenim jedinicama, a opterećuje u prvom redu velike trgovačke centre, tržnice i druge korisnike s malom potrošnjom svježe vode i velikim „betoniziranim“ površinama priključenim na SJO. Tim se putem, osim ranije apostrofiranih pozitivnih ekoloških i ekonomskih momenata, postiže i socijalno pravednija raspodjela troškova OIPOV, a sukladno načelu „zagađivač plaća“.

6. ZAKLJUČAK

Uvođenjem razdjelne naknade za vodnu uslugu OIPOV, postižu se raznovrsni pozitivni učinci (ekološki, ekonomski i socijalni) kako za korisnika ove usluge tako i za širu društvenu zajednicu. Premda se europska iskustva svode u bitnom na nacionalna iskustva SR Njemačke, za preporučiti je da se i u Republici Hrvatskoj razmisli o primjeni modela obračuna naknade za uslugu OIPOV koji smo ovdje prezentirali.

Samom uvođenju novog modela prethode brojne tehničke (izrada i vrednovanje katastarskih podloga, ort-foto snimaka, kanalskog katastra i sl.) te pravne (promjena komunalne odluke o odvodnji otpadnih voda, promjena postojeće zakonske regulative i sl.) predradnje. U cijeli taj postupkak uputno je uključiti i tehničke konzultane koji svojim „know-how“ mogu značajno smanjiti visinu „transakcijskih“ troškova prelaska iz jednog u drugi sustav obračuna i naplate predmetne usluge.

LITERATURA:

1. Cosack T. (2003): Kommunale Abwasserbeseitigung und Abgabenerhebung, Erich Schmidt Verlag
2. Hennerbrüder W. (2003): Ist die gesplittete Abwassergebühr notwendig?, Kommunale Steuer - Zeitschrift
3. BGW, ATV-DVWK (2004): Markdaten Abwasser 2003, www.bgw.de/pdf/0.1_resource_2004_10_11_5.pdf
4. www.münchen.de, www.muenchen.de/cms/prod1/mde/_de/rubriken/Rathaus/35_bau/10_wir/70_mse/pdf/MSE_Versick_Faltbl_RZ.pdf
5. www.duisburg.de, www.duisburg.de/fa/ortsrecht/medien/s33.04_abwassergeb__hrensatzung.pdf

AUTOR:

Dr. Ing. Zijah Mahmutspahić
Zagrebačke otpadne vode - uip d.o.o.
Čulinečka cesta 287
Tel. 2410 800, Fax.2410 890, E-mail: zijah.mahmutspahic@zovuip.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.09.

KONTROLA URBANOG ZAGAĐENJA

Tatjana Mijušković-Svetinović, Siniša Maričić, Dražen Vouk

SAŽETAK: Posljednjih desetljeća, većina razvijenih zemalja Europe i Svijeta, izgradila je uređaje za čišćenje gradskih i industrijskih otpadnih voda, te dostigla visoku razinu kontrole točkastih izvora zagađenja. Međutim, usprkos velikim sredstvima uloženim u nove i moderne uređaje za čišćenje otpadnih voda, kao i u obnovu i rekonstrukciju kanalizacijskih sustava, nije se u mnogim slučajevima održala, odnosno dostigla očekivana i propisana kakvoća vodotoka - prijamnika otpadnih voda. Takvo stanje kakvoće površinskih voda predstavlja poziv na daljnje djelovanje na poboljšanju postojećih uvjeta, te zaštitu okoliša, a samim tim i ljudskog zdravlja. Matematičko modeliranje i kompjuterska simulacija je često sastavni dio procesa projektiranja, planiranja i donošenja odluka, pa samim tim je i alat za postizanje željene kakvoće površinskih voda. Modeli i simulacije omogućuju brzu procjenu promjena sustavai ocjenu učinaka različitih mjera za postizanje željenog cilja, što je prednost naročito kod dugoročnih akcija, kao i odabiru aktivnosti i mjera s ograničenim investicijama. U članku je dan i osvrt na prihvaćene propise EU, a koje se odnose na kontrolu urbanog zagađenja, kao i pregled popularnih modela za simulaciju glavnih elemenata sustava od utjecaja na kvalitetu površinskih voda: sustav odvodnje (SWMM), čišćenje otpadnih voda (ASM) i kvaliteta površinskih voda (QUAL).

KLJUČNE RIJEČI: kakvoća vode, matematički modeli, SWMM, ASM, QUAL

Control of urban pollution

ABSTRACT: During the last decades most European and Word countries have achieved an increasing control over their point-sources discharges from municipal treatment works and industrial plants. However, despite the very large sum of money that have been invested in new or upgraded treatment plant as well as in sewer renovation and replacement, many member states have not experienced as much corresponding receiving water quality benefits as they might have expected. Those state of water resources quality call for actions that should be undertaken to improve current condition and to protect human and environmental health. Mathematical modelling and computer simulation is often an integral part of the decision making process. Models and simulations allow rapid and varied evaluation of causes and effects and the principal advantage is that they enable an analysis of even long-term actions with limited investment costs. The present paper provides a brief discussion of the EU legislation relevant to the control of urban pollution. Also, this paper provides an overview of popular models used for simulation of major elements of water quality system: sewer network (SWMM), wastewater treatment (ASM) and surface water quality (QUAL).

KEY WORDS: water quality, mathematic models, SWMM, ASM, QUAL

1. UVOD

U cijelom svijetu postoji nezaustavljiv trend povećanja postotka stanovništva koje živi u urbanim sredinama. U takvim uvjetima ispravno projektiran i upravljan sustav odvodnje, usklađen s drugim urbanim sustavima, ključni je element zdravog i sigurnog okoliša. Tradicionalni način odvodnje oborinskih kao i industrijskih i komunalnih otpadnih voda, sastojao se u tome da se voda prikupi i što kraćim putem odvede do prijamnika, odnosno urbana odvodnja je projektirana s jednim osnovnim ciljem - da osigura hidraulički i ekonomski učinkovit transport otpadne vode kao i površinskog otjecanja kroz urbana područja u lokalni prijamnik i pri tom zaštiti urbane zone od poplava. Zadnjih dvadesetak godina je uočeno da takav način odvodnje otjecanja s urbanih područja negativno utječe na vode prijamnika. Kao posljedica ispuštanja povećanih volumena otjecaja i opterećenja onečišćujućih tvari, kroz duže vremensko razdoblje, došlo je do daljnjeg pogoršanja kakvoće voda. Takav trend kakvoće površinskih voda predstavlja poziv na djelovanje koje bi trebalo provesti u cilju poboljšanja kakvoće voda, zaštite okoliša, a samim tim i ljudskog zdravlja.

U članku je dan prikaz propisa EU , a koje se odnose na kontrolu urbanog zagađenja kao i pregled popularnih modela koji se koriste za simulaciju glavnih elemenata sustava koji utječu na kvalitetu površinskih voda: sustav odvodnje (SWMM), čišćenje otpadnih voda (ASM), kvaliteta površinskih voda (QUAL).

2. REGULATIVA EU O KONTROLI URBANOG ZAGAĐENJA

Osnovne direktive EU koje se bave kontrolom urbanog onečišćenja su [4]:

- **Urban Waste Water Treatment Directive** - **UWWTD (1991)** - predstavlja osnovni propis EU za kontrolu urbanog onečišćenja. Cilj ove Direktive je izbjeći onečišćenje slatke i morske vode, a odnosi se na onečišćenja iz kanalizacijskih sustava, uređaje za čišćenje, kao i prijamnu sposobnost voda. Odredbe su propisane i za ispuštanje biorazgradive industrijske otpadne vode u vode prijamnika. Direktiva nije postavila standarde s obzirom na vode koje se ispuštaju preko kišnih preljeva, što je ostavljeno državama članicama da same reguliraju, ali Direktiva sugerira da se propisi moraju bazirati na stupnju razrjeđenja, kapacitetu čišćenja s obzirom na suhi dotok otpadne vode ili učestalost prelijevanja.
- **Water Framework Directive - WFD (1999) -** zahtjeva postizanje dobrog stanja za sve površinske i podzemne vode te postavlja daljnje zahtjeve s obzirom na ispuštanje urbanog zagađenja. Glavni cilj joj je "spriječiti pogoršanja ekološke kakvoće i onečišćenja površinskih voda te obnoviti onečišćene površinske vode da bi se dostiglo dobro ekološko i kemijsko stanje svih površinskih voda". Direktiva traži od država članica da za pojedine riječne slivove na svom teritoriju odrede nadležne odgovorne službe, koje će biti odgovorne za provođenje Direktive. Države članice moraju uspostaviti registar svih područja unutar riječnih bazena, koji će biti pod specijalnom zaštitom. Države članice moraju osigurati programe praćenja kako za površinske tako i za podzemne vode. Da bi se dostigla dobro ekološko i kemijsko stanje svih površinskih voda, članice moraju donijeti programe za poboljšanje efluenta s uređaja za čišćenje koje ne udovoljavaju minimalnim standardima koji su propisani UWWTD Direktivom kao i daljnjim poboljšanjem rada kišnih rasterećenja.
- **Integrated Pollution and Prevention and Control (IPPC) Directive (1996)** je važna za kontrolu urbanog onečišćenja budući da ona uređuje ispuštanje otpadnih voda

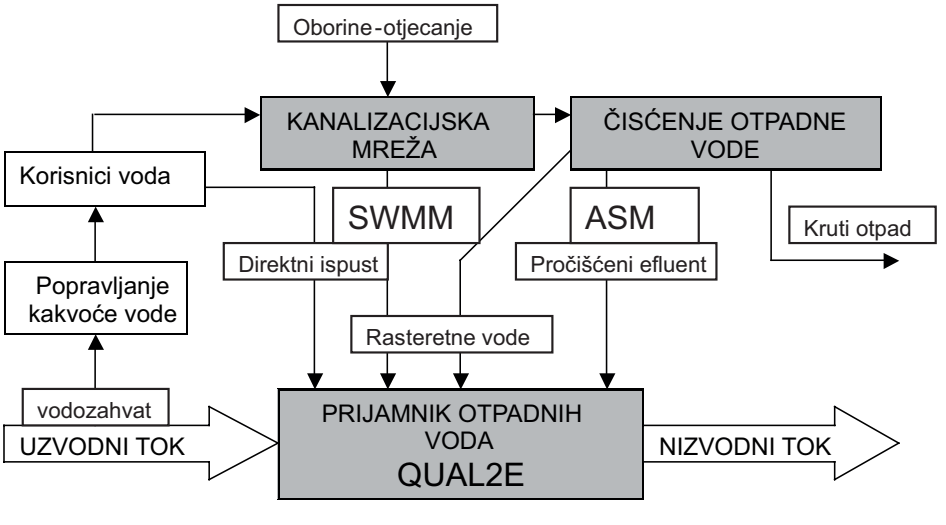
iz najzagađenijih industrija u kanalizaciju i površinske vode. Ova direktiva uređuje izdavanje dozvola za industrijska postrojenja od značajnijeg utjecaja na okoliš. Njome su obuhvaćene emisije u zrak, vodu i tlo kao i aspekti gospodarenja otpadom, resursima, energetskom učinkovitošću kao i sprečavanje akcidenata i ekološka sanacija postrojenja/lokacija nakon prestanka proizvodnje. Temeljna namjera ove direktive je postizanje visoke razine zaštite okoliša kao cjeline sprečavanjem ili smanjivanjem širenja onečišćenja iz industrijskih postrojenja direktno na samom izvoru. -
Primjena ove Direktive na otpadne vode koje se ispuštaju u kanalizacijsku mrežu će utjecati na poboljšanje efluenta, koji se ispušta u kanalizaciju, kao i na efluent koji se ispušta preko uređaja za čišćenje i kišnih rasterećenja.

- **Product Directives EU** su važne za kakvoću vode ispuštenog efluenta iz kanalizacijskih sustava budući da one zabranjuju ili ograničavaju korištenje u industriji supstanci čije se otpadne vode ispuštaju u kanalizaciju ili ulazak određenih supstanci u odvodni sustav, odnosno prijamnik kao raspršenih izvora zagađenja (npr. pesticidi).

3. MATEMATIČKI MODELI I KOMPJUTERSKA SIMULACIJA

Matematičko modeliranje i kompjuterska simulacija su sastavni dio procesa projektiranja, planiranja i donošenja odluka, pa samim tim i alat za postizanje željene kakvoće površinskih voda. Modeli i simulacije omogućuju brzu procjenu i ocjenu učinaka različitih mjera koje bi mogle doprinijeti postizanju željenog cilja, što im je prednost naročito kod dugoročnih akcija, odnosno pri odabiru aktivnosti i mjera koje su povezane s ograničenim investicijama. Ovdje će bit dan pregled popularnih modela koji se koriste za simulaciju glavnih elemenata sustava (Slika1) od utjecaja na kakvoću površinskih voda:

- modeliranje sustava odvodnje, kako količine tako i kvalitete - SWMM,
- čišćenje otpadnih voda s aktivnim muljem - ASM,
- modeliranje kvaliteta površinskih voda - QUAL.



Slika 1.: Glavni elementi urbanog sustava od utjecaja na kakvoću voda prijamnika [1]

3.1. MODELIRANJE SUSTAVA ODVODNJE

US EPA Stormwater Management Model - EPA SWMM je složeni hidrodinamički model koji može simulirati površinsko otjecanje, kakvoću vode i protok unutar kanalizacijskog sustava kontinuirano ili za određene kišne događaje. Komponenta otjecanja ovog modela temelji se na prihvaćanju oborina s podslivova i generiranja otjecanja, ali i njegovog opterećenja onečišćenjem. SWMM usmjerava i transportira otjecanje kroz sustav cijevi, kanala, uređaje za uskladištenje/čišćenje, pumpe i regulacijske uređaje. SWMM prati i simulira količinu i kakvoću otjecanja generiranog unutar svakog podsliva, kao i brzinu, protok, dubinu vode u svakoj cijevi i kanalu u razdoblju simulacije, za različite vremenske trenutke i podrazdoblja. SWMM je razvijen 1971. godine i od tada je više puta nadograđivan. On je široko primijenjivan širom svijeta za planiranje, analizu i projektiranje s obzirom na otjecanje kišnog razdoblja, mješovitog sustava odvodnje, razdjelnog sustava odvodnje (oborinskog i sanitarnog), i drugih odvodnih sustava u urbanim područjima, ali našao je primjenu i u neurbaniziranim područjima. Verzija programa EPA SWMM 5, radi u okviru Windows okruženja, te osigurava okruženje za editiranje ulaznih podataka samog projekta, za provođenje hidrološke, hidrauličke simulacije, te simulacije kakvoće vode, ali i prikazivanje rezultata tih simulacija u različitim oblicima. To uključuje i prikaz slivnih površina, sustava odvodnje, grafova vremenskih serija i tablica, plotanje profila, te statističku analizu.[3]

3.2. MODELIRANJE ČIŠĆENJA OTPADNE VODE

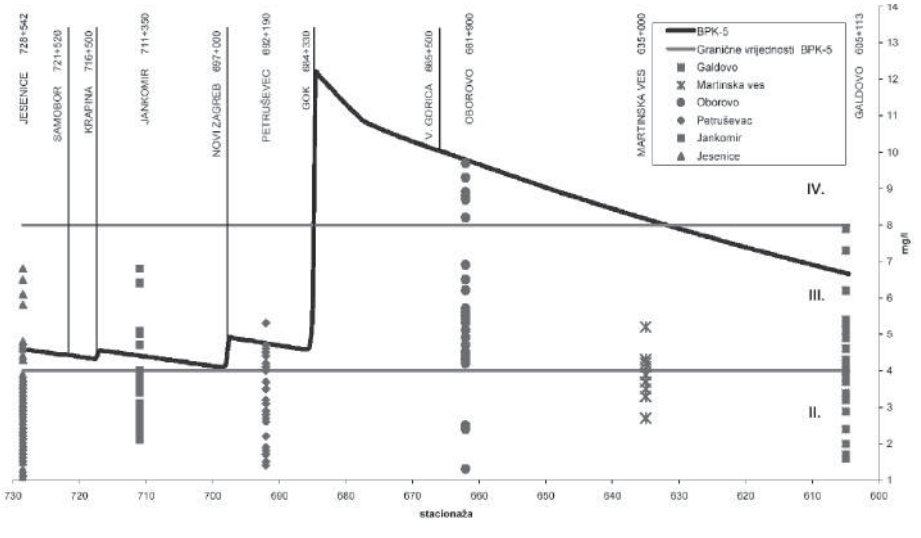
Usprkos znatnom interesu za modeliranjem pojedinih procesa čišćenja otpadne vode, sam postupak s aktivnim muljem izaziva najveću pažnju. To je lako razumljivo jer je rad reaktora s aktivnim muljem presudan za efikasnost cijelog uređaja za čišćenje otpadne vode, a njegova cijena i troškovi su najveći. Activated Sludge Models No. 1 (ASM1) i No.2 (ASM2) su razvijeni unutar IAWQ grupe. ASM1 predviđa rezultat biološkog čišćenja otpadnih voda, uključujući oksidaciju ugljika, nitrifikaciju i denitrifikaciju, dok je ASM2 proširen s reaktorom za uklanjanje fosfora. Od kada je ASM1 prvi put primijenjen 1987. godine, primjena originalne ili modificiranih verzija modela na brojnim pilot uređajima i na realiziranim objektima različitih konfiguracija procesa, potvrdila je njegovu sposobnost za predviđanje rada procesa pod stacionarnim i dinamičkim uvjetima. Međutim, za verziju ASM2 može se reći da je do danas je ograničeno verificirana. Na temelju prethodno spomenutih modela razvijeno je nekoliko kompjuterskih programa. Najčešće korišteni su SSSP, ASIM, EFOR i GSP-X. Osim prvog (SSSP), ostali modeli imaju sposobnosti za simulaciju uklanjanja fosfora. Međutim, program SSSM je od velikog značenja jer je on javno dostupan. Program je raspoloživ je na Clemson Univerisity (USA). Primjena ovog modela omogućuje unapređivanje uređaja za čišćenje, procjenu potrebe za kisikom, optimiziranje konfiguracija procesa, određivanje volumena reaktora, i osposobljavanje operatera. [1]

3.3. MODELIRANJE KVALITETE POVRŠINSKIH VODA

Model **QUAL-I** je razvijen u Texas Water Development Board početkom šezdesetih, a danas vjerojatno najpoznatiji i najrašireniji višeparametarski model kakvoće vode **QUAL2E** razvijen u Water Resources Engineers Inc. Californija, modificirana je verzija modela QUAL-II. QUAL2E je jednodimenzionalan, deterministički model ograničen na simulaciju u vremenskom razdoblju kada su uvjeti protoke stacionarni, ili

kvazi-dinamički. On omogućuje dinamičko modeliranje dnevnih promjena otopljenog kisika ali sa stacionarnim graničnim uvjetima za protok i kakvoću. Program simulira promjenu pokazatelja do 15 parametara kakvoće vode numeričkom integracijom sustava jednodimenzionalnih jednadžbi pronosa i raspršenja. Pri razvijanju programa pretpostavljeno je da su osnovni mehanizmi, pronošenje i raspršenje značajni samo duž glavnog pravca toka vode (longitudinalne osi riječnog korita). Osnovna namjena ovog programa je simulacija prostorne i vremenske promjene nekoliko osobitih pokazatelja kakvoće vode u vodotocima kao što su temperatura vode, dušik-klorofil, organski dušik, amonij, nitriti, nitrati, fosfor, ugljikov BPK, potreba za kisikom bentosa, otopljeni kisik, koliformne bakterije, radioaktivne i konzervativne tvari. Radi simulacije ponašanja pokazatelja kakvoće vode program obuhvaća osnovna međudjelovanja u ciklusu transformacije hranjivih sastojaka, razmnožavanja algi, potrebe za kisikom bentosa i ugljika i njihov utjecaj na promjenu koncentracije otopljenog kisika.[2]

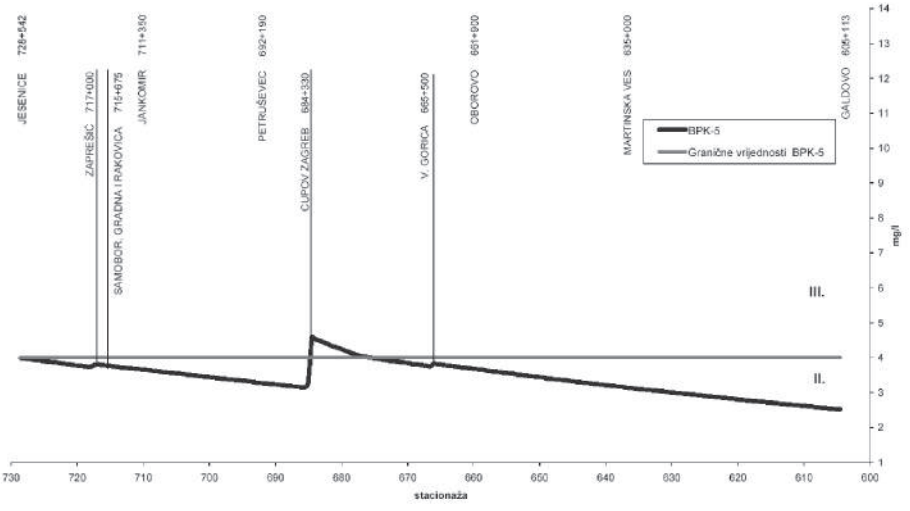
Na Slici 2 i 3 prikazani su rezultati analize kvalitete vode rijeke Save na gornjem dijelu toka kroz RH. Analizirano područje je između mjerne postaje Jesenice na granici s Republikom Slovenijom i mjerne postaje Galdovo (grad Sisak). Primijenjen je model QUAL2E, a analizirani su slijedeći pokazatelji kakvoće voda: BPK_5, koncentracija otopljenog kisika, zasićenje kisikom i temperatura vode. Simulirano je postojeće stanje kao i buduće stanje s izgrađenim centralnim uređajem za čišćenje otpadnih voda grada Zagreba



Slika 2.: Simulacija kakvoće vode rijeke Save na dionici od mjerne postaje Jesenice (granica sa Slovenijom) do mjerne postaje Galdovo (grad Sisak) - postojeće stanje - pokazatelj BPK_5

4. ZAKLJUČAK

Uočene su negativne posljedice urbanizacije na zagađenje voda. Zbog toga postaje nužan javni interesa za mjere i aktivnosti kontrole i ublažavanja ili otklanjanja takvog trenda. Da bi postigli željenu kakvoću vode vodotoka prijamnika otpadnih voda u vrijeme sve većih onečišćenja s urbanim otjecajima, potrebno je primjerenom kontrolom utjecati na urbano onečišćenje u svim fazama. U tom smislu potrebno je što prije uskladiti naše propise s propisima EU na tom području, djelovati u skladu s njima i tako upravljati urbanim



Slika 3.: Simulacija kakvoće vode rijeke Save na dionici od mjerne postaje Jesenice do mjerne postaje Galdovo - buduće stanje uz izgrađeni centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba - pokazatelj BPK_5

utjecajem. Uočena je podobnost numeričkih modela i kompjutorskih simulacija kod inženjerskog rješavanja problema upravljanja kakvoćom vode. Zbog jednostavnosti oni se nameću kao osnovni alat za gospodarenje kakvoćom vodnih sustava. Od velikog su značaja javno dostupni modeli. Na tom putu predstoji vrijeme popularizacije, demonstracija primjene modela, poboljšanja pristupa software-ima i organizacije obuke za pojedine modelske tehnike.

LITERATURA:

1. Makinia, J., Wells, S.A., Crawford, D., Kulbik, M.: Application of mathematical modeling and computer simulation for solving water quality problems.
2. Mijušković-Svetinović, T.: Matematičko modeliranje procesa promjene kakvoće vode u vodotocima, Hrvatska vodoprivreda, 2001., god.10., broj 103, str. 56-59.
3. SWMM User's manual, EPA, Version 5.0, 2005
4. Zabel, T., Milne, I., Mckay, G.: Approaches adopted by the European Union and selected Member State for the control of urban pollution, Urban Water 3 (2001), 25-32

AUTORI:

mr.sc.Tatjana Mijušković-Svetinović, dipl.ing.građ.
E-mail: tatjanam@gfos.hr

mr.sc.Siniša Maričić, dipl.ing.građ.
E-mail: smaricic@ gfos.hr
Građevinski fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku,
Drinska 16a, 31000 Osijek

mr.sc. Dražen Vouk, dipl.ing.građ.
E-mail: dvouk@grad.hr
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.10.

ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE KSENOESTROGENA U OTPADNIM VODAMA GRADA ČAKOVCA BIOTESTOM "YES"

Branka Pivčević, Ivana Skukan, Tvrtko Smital

SAŽETAK: Brojne raznovrsne kemikalije, poznate pod nazivom endokrini modulatori (eng. *endocrine disrupting compounds*, EDC) mogu narušiti homeostazu endokrinog sustava vodenih životinja. Među EDC posebna je pažnja posvećena tzv. ksenoestrogenima - kemikalijama koje narušavaju djelovanje hormona estrogena. U ksenoestrogene spadaju vrlo potentni hormoni, prirodni (17β-estradiol) i sintetički (etinilestradiol), ali i oni slabijeg djelovanja kao neki fitoestrogeni i industrijske kemikalije (alkilfenoli i njihovi metaboliti, ftalati, pesticidi, UV-filteri). Utvrđeno je da su otpadne vode glavni izvor zagađenja površinskih voda ksenoestrogenima. Cilj međunarodnog projekta «*Reduction of environmental risks, posed by emerging contaminants, through advanced treatment of municipal and industrial wastes*» (EMCO; 6thFWP INCO CT 2004-509188) jest ispitati novu tehnologiju pročišćavanja otpadnih voda kojom bi se poboljšalo uklanjanje tzv. novih zagađivala (eng. *emerginc contaminants*) uključujući i ksenoestrogene. Upotrebom biotesta YES (eng. *yeast estrogen screen*) mjerila se učinkovitost uklanjanja ksenoestrogena iz otpadnih voda grada Čakovca, čija je koncentracija izražena u ekvivalenatima estradiola (EEQ). Rezultati su pokazali da je prosječna količina EEQ u otpadnoj vodi nakon primarne obrade 8 ng/L, te da nakon sekundarne obrade padne na 2 ng/L. Međutim, dodatnom obradom s membranskim bioreaktorom koncentracija ksenoestrogena u ispustnoj otpadnoj vodi spustila se ispod 1 ng/L EEQ. Ovi rezultati pokazuju učinkovitost membranskog bioreaktora u uklanjanju ksenoestrogenih kemikalija iz otpadnih voda.

KLJUČNE RIJEČI: ksenoestogeni, EDC, biotest YES, otpadne vode, pročišćivač otpadnih voda

CONCENTRATION OF XENOESTROGENS IN EFFLUENTS OF THE ČAKOVEC CITY DETERMINED WITH YES BIOASSAY

SUMMARY: Endocrine system of aquatic animals can be disrupted by number of different chemicals classified as endocrine disrupting compounds (EDC). Among EDC special attention is focused on xenoestrogenic chemicals that selectively disrupts estrogen hormone pathway. Xenoestrogens can be very potent, like natural (17β-estradiol) and synthetic (ethynilestradiol) hormones, or week like phytoestrogens and industrial chemicals (alkylphenols and metabolites, phathalates, pesticides and UV-filters). It is established that WWTP effluents are major source of surface water pollution by xenoestrogens. Focus of international project «*Reduction of environmental risks, posed by emerging contaminants,*

through advanced treatment of municipal and industrial wastes» (EMCO; 6thFWP INCO CT 2004-509188) was to test new technologies for improved elimination of emerging contaminants including xenoestrogens from waste waters. Effectiveness of xenoestrogen elimination from waste waters of the Čakovec city was measured using "*yeast estrogen screen*" (YES) bioassay and expressed in 17β-estradiol equivalents (EEQ). Results showed that after primary treatment average concentration of xenoestrogens was 8 ng/L EEQ, while after secondary treatment it was around 2 ng/L of EEQ. However, by applying new technology using membrane bioreactor final concentration of xenoestrogens in effluents was below 1 ng/L of EEQ. These results indicate effectivenes of membrane technology in eliminating xenoestrogens from waste waters.

KEYWORDS: xenoestorgens, EDC, YES bioassay, effluents, waste water treatment plant

UVOD

Početkom devedesetih godina skupina znanstvenika je zaključila da morfološke deformacije, opisane u životinja koje žive u i oko vode (ribe, vodozemci i gmazovi), nastaju zbog oštećenja endokrinog sustava (1). Od tada pa do danas brojna su istraživanja potvrdila da su vodeni ekosustavi zagađeni određenim kemikalijama koje zbog svojstva da oponašaju hormone izravno narušavaju ravnotežu endokrinog sustava kralježnjaka (2). Ta relativno nova kategorija okolišnih zagađivala poznata je pod nazivom *endocrine disrupting compounds* (EDC) ili modulatori endokrinog sustava. Među EDC zagađivalima posebna je pažnja posvećena kemikalijama koje naročito narušavaju djelovanje hormona estrogena, poznatima pod nazivom ksenoestrogeni. Skupina ksenoestrogena je brojna i heterogena. Tako u ksenoestrogene spadaju vrlo potentni hormoni, prirodni (17β-estradiol) i sintetički (etinilestradiol), s jakim afinitetom za estrogeni receptor (ER), ali i oni slabijeg djelovanja kao što su to neki fitoestrogeni (genistein) i niz industrijskih kemikalija (alkilfenoli i njihovi metaboliti, ftalati, pesticidi, UV-filteri) (3). Pročišćivači otpadnih voda (POV) primaju veliki spektar kemikalija iz domaćinstva i industrije, koje se ne mogu potpuno ukloniti uobičajenim postupcima primarne i sekundarne (mikrobiološke) obrade. Stoga izlazna voda koja nakon POV obrade ide u vodotoke sadrži složenu mješavinu kemikalija, kao i brojne metabolite koje nastaju tijekom obrade u bioreaktorima. Rezultati brojnih studija su pokazali da su upravo otpadne vode iz POV-a glavni izvor zagađenja površinskih voda s ksenoestrogenim kemikalijama (4).

Zbog toga je Europska Unija pokrenula poznatu inicijativu pod nazivom Water Framework Directive (WFD; 2000/60/EC) kojom su se među ostalim utvrdili i propisali standardi za kvalitetu okoliša (eng. *environmental quality standards*, EQS), a u svrhu smanjenja emisije zagađivala u površinske, podzemne i morske vode. Druge dvije direktive usmjerene su specifično smanjenju zagađenja površinskih voda otpadnim vodama iz POV. Cilj Direktive 91/271/EEC je karakterizacija ulaznih i izlaznih otpadnih voda iz POV, te razvoj napredne tehnologije pročišćavanja. Dodatno, u Direktivi IPPC (Directive 96/61/EC) nalazi se prošireni popis zagađivala čija se koncentracija u otpadnim vodama iz POV treba pratiti. Ovaj popis pored konvencionalnih zagađivala također predviđa istraživnja koja se odnose na tzv. nova zagađivala, u koja spadaju i ksenoestrogeni.

Pojedinačna identifikacija ksenoestrogena u složenim uzorcima otpadnih voda analitičkim metodama je dugotrajna i skupa. Stoga se se razvili biotestovi (biološki sustavi sa specifičnim ciljnim molekulama) kojima se procijenjuje ksenoestrogeni potencijal uzoraka. Jedan od njih je tzv. biotest YES (eng. *yeast estrogen screen*), koji se uspješno koristi za mjerenje

agonističkog i antagonističkog potencijala prema estrogenom receptoru (ER) (5).

Cilj međunarodnog projekta «*Reduction of environmental risks, posed by emerging contaminants, through advanced treatment of municipal and industrial wastes*» (EMCO; 6thFWP INCO CT 2004-509188) jest procijeniti učinkovitost uklanjanja nove kategorije okolišno opasnih tvari (eng. *emerging contaminants*) ili tzv. novih zagađivala, tijekom procesa obrade otpadnih voda, upotrebom poboljšane tehnologije pročišćavanja. Koncentracija izabranih zagađivala mjerila se analitičko kemijskim metodama (LC-ESI-MS-MS), dok se biotestovima (YES, MXR, EROD, Alge-toksičnost) mjerio učinak raznih skupina biološki aktivnih tvari prije, tijekom i nakon pročišćavanja otpadnih voda.

Stanje oko skupljanja i pročišćavanja otpadnih voda u Hrvatskoj je prilično nesređeno. Mnogi gradovi nemaju suvremene kolektore i uređaje za pročišćavanje, dio uređaja ne radi optimalno, otpadne vode iz domaćinstva i industrije uglavnom miješaju i proces pročišćavanja je u najvećoj mjeri nedovoljan i zastarjeo. Međutim, zahvaljujući nedavnim ulaganjima neki gradovi kao npr. Čakovec, napravili su pomake u rješavanju tih problema. Zbog toga je POV grada Čakovca izabran za detaljnu analizu otpadnih voda kao i za pokus u kojem se ispitivala učinkovitost membranskog bioreaktora (MBR) na uklanjanju „novih“ zagađivala.

MATERIJALI I METODE

Uzorkovanje i ekstrakcija

Tijekom 2005. godine prikupljeni su uzorci od 200 i 300 ml otpadnih voda iz POV grada Velike Gorice, Bjelovara, Zagreba, Čakovca, Varaždina, Rijeke, Pule, Karlovca, Siska, Osijeka, Belišća, Splita, Zadra, Vinkovaca i Slavonskog Broda. U 2006. godini obavljena su dva uzorkovanja na POV-u grada Čakovca: a) dnevno uzorkovanje, po 300 ml svaka 2 sata (25. 04. 06.); te b) tjedno uzorkovanje, po 500 ml svaki dan (20.06. - 10. 07. 06.) prikupljano je u tamne boce koje su prethodno isprane s apsolutnim metanolom i Milli-Q vodom. Uzorci su odmah filtrirani kroz GF/D filtere (Whatman), te su podešeni na pH=2 dodatkom koncentrirane HCl. Uzorci su ekstrahirani kroz Oasis HLB 500 ml kolonice (Waters Corporation). Kolone su redom kondicionirane s po 5 ml *n*-heksana, 5 ml etil-acetata, 10 ml metanola i 10 ml Milli-Q vode. Kroz kolone su zatim propuštani uzorci otpadnih voda brzinom od oko 5 ml/min. Kolone su sušene u struji dušika 1 h i eluirane s po 10 ml metanola. Metanol je zatim u struji dušika uparen do suha te je eluat konačno otopljen u dimetilsulfoksidu (DMSO, Kemika, Zagreb) tako da je koncentracijski faktor za uzorake iz 2005. bio 3000 X, a za uzorke iz 2006., 10000 X. Za proceduralnu kontrolu uzeta je Milli-Q voda koja je ekstrahirana i koncentrirana istim postupkom.

Biotest „YES“

Koristili smo stabilno transfecirani soj kvasca (*Saccharomyces cerevisae)* s visokom ekspresijom humanog gena za estrogeni receptor (ERα) i ekspresijskim plazmidom koji nosi reporterski gen *lac*-Z, koji kodira za enzim β-galaktozidazu (soj je razvio P. Sumpter, Brunel University, UK). Princip biotesta je da kada dođe do vezanja liganda i receptora (ER) nastaje kompleks koji se tada veže na ERE (DNA) i uzrokuje ekspresiju reporterskog gena i konačno indukciju β-galaktozidaze, koja metabolizira kromogeni supstrat klorofenol-crveno-B-D-galaktospiranozid (CPRG) u klorofenol crveno. Test je rađen kako su ga opisali Routledge i Sumpter, 1996. U mikroploče s 96 jamica (TPP, Trasadingen, Switzerland) nasađeno je po 200 µl/jamici suspenzije kvasca (mediju je dodan supstrat CPRG (Boehringer Mannheim, Njemačka). Ekstrakti su dvostruko razrjeđeni (1:2) u

DMSO-u od čega je po 4 µl/jamici dodano na mikroploče u triplikatu, tako da je konačna koncentracija bila u rasponu od 7,5 do 0,006 ml ekvivalenta po jamici. Od 10 mM matične otopine standarda, 17β-estradiola (E2), napravljena su dvostruka razrjeđenja (u rasponu od 0,01 nM (0.5 pg/jamici) - 512 nM (277 pg/jamici) od čega je napravljena standardna krivulja unutar svakog pokusa. Konačna koncentracija otapala DMSO nije prelazila 2 % (v/v). S parafilmom je poklopac pričvršćen na mikroploče koje su potom inkubirane 3 dana na 32˚C, uključujući svakodnevno 3-min miješanje. Na spektrometrijskom čitaču (Anthos, Wiena, Austria*)* izmjerena je apsorbanca nastale crvene boje na λ 540 nm, od koje je oduzimana vrijednost za gustoću kvasca izmjerena na λ 620 nm. Usporedbom apsorbance uzorka i referentne vrijednosti (samo otapalo) izmjerene na 620 nm vidjelo se je li došlo do inhibicije rasta kvasca.

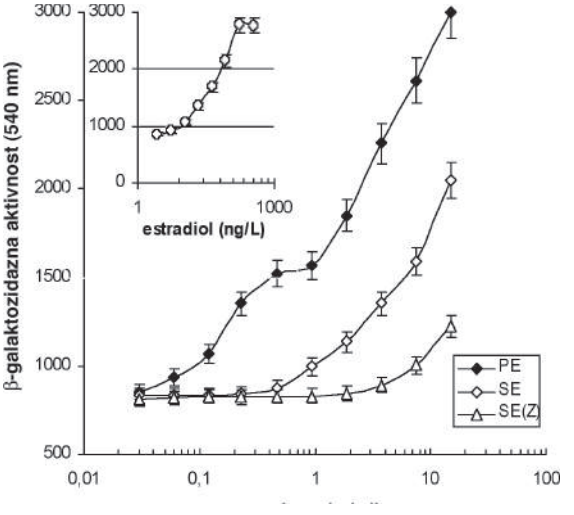
Izračun relativnog potencijala i estradiolskih ekvivalenata

Od ispravljenih podataka i log transformiranih koncentracija, dobivena je dobra sigmoidalna doza-odgovor krivulja koja opisuje aktivnost β-galaktozidaze inducirane s E2. Upotrebom softvera Prism (GraphPad Prism, San Diego, CA, USA) krivulja je podešena da najviši odgovor bude 100 % na osnovu čega je izračunata EC50 koncentracija (ona koncentracije koja uzrokuje polovicu najvišeg učinka) za E2. Na isti su način napravljene i sigmoidalne doza-odgovor krivulje za uzorke i izračunata ona količina uzorka (ml) koja izaziva 50 % učinak (EC50) od najvišeg dobivenog s E2. Koncentracija ksenoestrogena u uzorku je izračunata na osnovu EC50 vrijednosti za E2, te je konačno izražena u ng/L ekvivalenata estradiola (EEQ).

REZULTATI I RASPRAVA

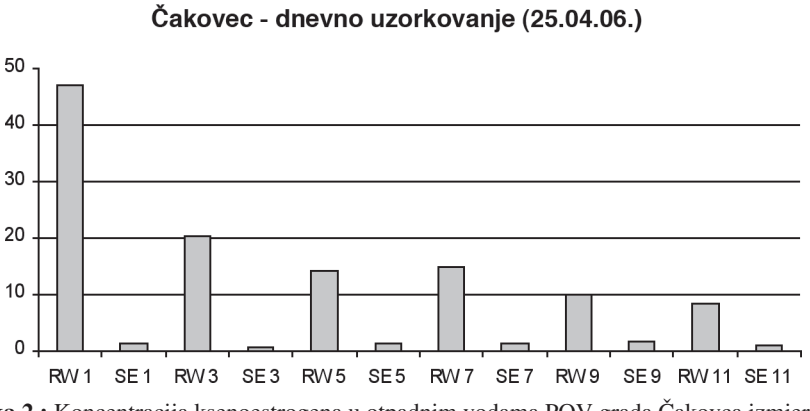
Osjetljivost i specifičnost YES detekcijskog sustava za mjerenje agonističkog učinka prema estrogenom receptoru (ER) odredila se preko standarda 17β-estradiola (E2). Estradiol je prirodni estrogeni hormon koji upravlja mnogim fiziološkim procesima upravo preko ER za koji ima jaki afinitet vezanja (Routledge i Sumpter, 1996.). Stoga se procesi koji narušavaju aktivnost ER (inhibicija sinteze receptora, agonizam i antagonizam vezanja na ER) smatraju ključnima za selekciju ksenoestrogena. Naime, mnogi ksenoestrogeni ispoljavaju svoj učinak tako da se vežu na ER i stimuliraju hormonski regulirane procese, te se na taj način upleću i ometaju normalnu regulaciju putem E2. Iz tog je razloga konstruiran relativno brz i jeftin biotest YES koji se često koristi za prvo pretraživanje ksenoestrogena i analizu velikog broja uzoraka.

Na slici 1. (unutarnji graf) prikazana je doza-odgovor krivulja za E2. Afinitet vezanja E2 na ER je u izravnoj korelaciji sa sintezom enzima β-galaktozidaze, čija se aktivnost mjeri kolorimetrijski. U koncentraciji od 5,4 ng/L (20 pM) E2 je dao najniži odgovor, dok je najviši odgovor postignut u koncentraciji od 173 ng/L (640 pM). Statističkom obradom pokazalo se da E2 u koncentraciji od 54,4 ng/L (200 pM) uzrokuje 50% (EC50) vezanje na ER što je u skladu s rezultatima drugih studija. Da bi se dobila doza-odgovor krivulja iz koje se može izračunati EC50, svi su uzorci testirani u najmanje deset razrjeđenja, od 15 ml - 0,01 ml ekvivalenata uzorka po jamici. Međutim u nekim slučajevima ekvivalent uzorka viši od 7,5 ml/jamici uzrokovali su inhibiciju rasta kvasca (nespecifični toksični učinak), zbog čega su izuzeti iz doza-odgovor krivulja. Također se pokazalo da je količina ksenoestrogena u uzorku manjem od 0,6 ml ekvivalenata nedovoljna da proizvede mjerljiv agonistički učinak.



Slika 1.: Agonistički potencijal uzoraka uzorkovanih 29.06.2006. na POV Čakovec prema ER receptoru. PE - nakon primarne obrade; SE - nakon sekundarne obrade; SE(Z) - nakon obrade s membranskim bioreaktorom „Zenon". Unutarnji graf prikazuje agonistički učinak standarda estradiola. Agonistički učinak je izražen kao aktivnost β-galaktozidaze izražene u jedinicama absorbance koje predstavljaju srednju vrijednost triplikata sa standardnim odstupanjem.

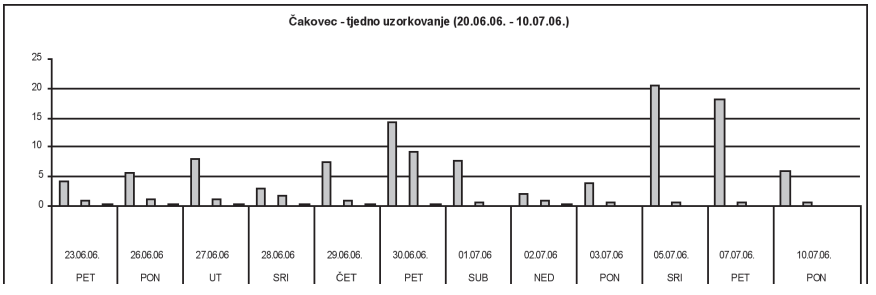
Na slici 1. je primjer doza-odgovor krivulja kojima je opisana reakcija vezanja ksenoestrogenih kemikalija iz uzoraka na ER i stimulacija ekspresije β-galaktozidaze. Statističkom obradom izračunata je količina uzorka (ml) koja uzrokuje EC50 učinak, te je ksenoestrogeni potencijal uzoraka preračunat i izražen u ekvivalentima E2 po litri uzoraka (EEQ, ng/L). Rezultati analize uzoraka koji su uzimani tijekom jednog dana iz POV grada Čakovca, pokazuju da je koncentracija ksenoestrogena u neobrađenoj otpadnoj vodi (RW) najviša ujutro. Količina ksenoestrogena postepeno opada tijekom dana, a najniža je u zadnjem večernjem uzorku, ispod 10 ng/L (Slika 2.). Međutim, nakon sekundarne obrade (SE) dolazi do pada koncentracije ksenoestrogena, prosječno za oko 90%. Očito je da su mikroorganizmi u bioreaktorima tijekom sekundarne obrade vode značajno razgradili većinu prisutnih ksenoestrogena.



Slika 2.: Koncentracija ksenoestrogena u otpadnim vodama POV grada Čakovca izmjerena biotestom YES. Uzorci, RW (neobrađena otpadna voda), SE (nakon sekundarne obrade) prikupljani su svaka 4 sata tijekom jednog dana i ekstrahirani kako je opisano u Materijalima i metodama. Koncentracija ksenoestrogena izražena je u ekvivalentima E2 (EEQ, ng/L).

U drugom dijelu istraživanja pratila se količina ksenoestrogena u otpadnim vodama POV grada Čakovca kroz dva tjedna. Rezultati pokazuju da ne postoji prepoznatljiva tjedna

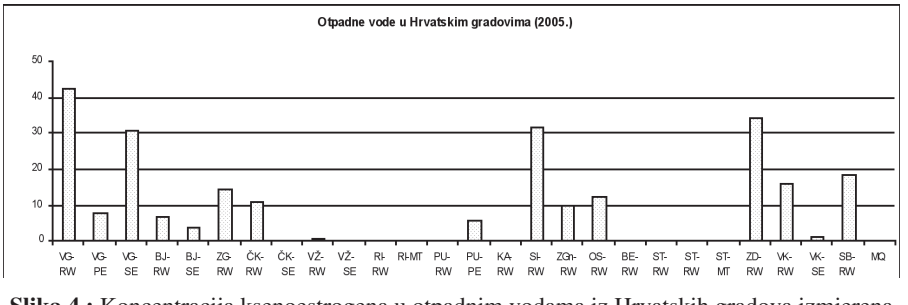
dinamika u kojem bi se isticali određeni dani. Ekotoksikološki značajne koncentracija ksenoestrogena smatraju se one iznad 10 ng/L EEQ, a tolike vrijednosti su izmjerene dva puta u uzorcima sakupljeima u petak i jednom u uzorku iz srijede (Slika 3.).



Slika 3.: Koncentracija ksenoestrogena u otpadnim vodama POV grada Čakovca izmjerena biotestom YES. Uzorci PE (nakon primarne obrade), SE (nakon sekundarne obrade), SE(Z) (nakon obrade kroz membranski bioreaktor „Zenon“) prikupljeni su kroz dva tjedna i ekstrahirani kako je opisano u Materijalima i metodama. MQ (Mili-Q voda) je kontrola procedure. Koncentracija ksenoestrogena izražena je u ekvivalentima E2 (EEQ, ng/L).

Međutim, na osnovu ovih rezultata može se dobro vidjeti kolika je učinkovitost uklanjanja ksenoestrogena tijekom procesa sekundarne obrade otpadnih voda. Rezultati pokazuju da u primarnoj otpadnoj vodi (PE) prosječno ima 8,3 ng/L EEQ, te da nakon sekundarne obrade (SE) koncentracija padne na prosječnih 1,6 ng/L EEQ. Kada se dodatno u proces sekundarne obrade stavio membranski bioreaktor ("Zenon") koncentracija ksenoestrogena pala je ispod 1 ng/L EEQ (Slika 3.). Na ovom se primjeru vidi da se gotovo 90 % ksenoestrogenih kemikalija iz otpadnih voda grada Čakovca razgradilo u bioreaktorima (sekundarna obrada, SE), ali i da je membranski bioreaktor dodatno poboljšao uklanjanje ksenoestrogena snizivši ih na razinu reda veličine pg/L.

Kakva je situacija s ksenoestrogenima u gradskim otpadnim vodama Hrvatske prikazuje Slika 4. Rezultati pokazuju da su koncentracije ksenoestrogena u neobrađenim otpadnim vodama (RW) grada Velike gorice (VG), Zagreba (ZG), Čakovca (ČK), Siska (SI), Osijeka (OS), Zadra (ZD), Vinkovaca (VK) i Slavonskog broda (SB) više od 10 ng/L. Učinkovitost pročišćavanja se može pratiti samo tamo gdje ima odgovarajućih uređaja za POV. Tako je u Čakovcu (96 %), Varaždinu (96 %) i Vinkovcima (91 %) najučinkovitije uklanjanje ksenoestrogena, a slabije u Bjelovaru (43 %) i Velikoj gorici (28 %).



Slika 4.: Koncentracija ksenoestrogena u otpadnim vodama iz Hrvatskih gradova izmjerena biotestom YES. Uzorci, RW (neobrađena otpadna voda), PE (nakon primarne obrade), SE (nakon sekundarne obrade), MQ (mili-Q voda) su ekstrahirani kako je opisano u Materijalima i metodama. Koncentracija ksenoestrogena izražena je u ekvivalentima E2 (EEQ, ng/L).

Međutim izmjerene koncentracije ksenoestrogena trebaju se kritički promatrati, jer zbog nepotpunog skupljanja otpadnih voda i slabe tehnologije pročišćavanja, ne prikazuju potpunu sliku o količini ksenoestrogenih kemikalija u otpadnim vodama, kao ni o učinkovitosti obrade. Za pretpostaviti je da značajna količina ksenoestrogena u Hrvatskoj „curi“ u vodeni ekosustav i iz drugih nekontroliranih izvora.

Za usporedbu, u nekim su industrijskim zemljama količine ksenoestrogena (mjereno YES biotestom) na izlazu iz POV dosta visoke, i do 100 ng/L što je vjerojatno rezultat jake gospodarske aktivnosti, ali i sustavnijeg skupljanja otpada. Što se tiče izlaznih voda, koncentracije ksenoestrogena se znatno razlikuju i ovisne su o tehnologiji obrade u POV.

ZAKLJUČAK

U ovom radu su prikazani rezultati YES biotesta kojim se određivala relativna koncentracija ksenoestogena u otpadnim vodama većih gradova Hrvatske. Rezultati pokazuju da je koncentracija u nekim neobrađenim otpadnim vodama ekotoksikološki relevantna (>10 ng/L). Međutim, nakon sekundarne obrade standardnim bioreaktorima ta koncentracija pada ispod 10 ng/L. Upotrebom nove tehnologije MBR-a na POV Čakovec, koncentracija u konačnom ispustu bila je jedva mjerljiva, čime se potvrdila učikovitost ove nove tehnologije u uklanjanju kemikalija s ksenoestrogenim potencijalom.

LITERATURA

1. Colborn, T., vom Saal, F.S., Soto, A.M. (1993): Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environ. Health. Perspect.*, **101**, 378-384.

2. Jobling, S., Nolan, M., Tyler, C.R., Brighty, G., Sumpter, J.P. (1998):Widespread sexual disruption in wild fish. *Environ. Sci. Technol.*, **32**, 2498-2506.

3. Arnold, S.F., Robinson, M.K., Notides, A.C., Guillette, L.J., McLachlan, J.A. (1996): A yeast estrogen screen for examining zhe relative exposure of cells to natural and xenoestrogens. *Environ. Health. Perspect.*, **104**, 544-548.

4. Pawlowski, S., Ternes, T.A., Bonerz, M., Rastall, A.C., Erdinger, L., Braunbeck, T. (2004): Estrogenicity of solid phase-extracted water samples from two municipal sewage treatment plant effluents and river Rhine water using the estrogen screen. *Toxicology in Vitro*, **18**, 129-138.

5.Routledge, E.J., Sumpter, J.P. (1996): Estrogenic activity of surfactants and some of their degradation products assessed using a recombinant yeast screen. *Environ. Toxicol. Chem.*, **15**, 241-248.

AUTORI:

dr. sc. Branka Pivčević,
Laboratorij za molekularnu ekotoksikologiju, Zavod za istraživanje mora i okoliša,
Institut ”Ruđer Bošković”, Bijenička c. 54, 10001 Zagreb,
tel: 01 4561039, fax: 01 4680243, e-mail pivcevic@irb.hr

Ivana Skukan, dipl. ing.,
Darkom d.o.o. za komunalnu djelatnost, J. Kozarca 19, 43500 Daruvar,
tel:043 440750, fax: 043 331357, e-mail: ivana.skukan@bj.t-com.hr

dr. sc. Tvrtko Smital,
Laboratorij za molekularnu ekotoksikologiju, Zavod za istraživanje mora i okoliša,
Institut ”Ruđer Bošković”, Bijenička c. 54, 10001 Zagreb, e-mail: smital@irb.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.11.

ODREĐIVANJE AGLOMERACIJA PREMA DIREKTIVI O PROČIŠĆAVANJU KOMUNALNIH OTPADNIH VODA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Ivica Popović, Sandra Šturlan Popović, Sanja Barbalić

SAŽETAK: Primjena Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (UWWTD) u velikoj mjeri temelji se na kvalitetnom definiranju područja dostatne koncentracije stanovništva i/ili gospodarstva na kojem se otpadne vode mogu organizirano prikupiti i transportirati prema uređaju za pročišćavanje otpadnih voda, odnosno krajnjoj točki ispuštanja - tj. područja aglomeracije. Premda je ova direktiva na razini EU donesena još davne 1991. godine i gotovo je u potpunosti primijenjena u većini starih zemalja članica, na razini EU još uvijek nije jasno definirana metodologija za određivanje aglomeracija. To pitanje se upravo sada intenzivno raspravlja, a sve kako bi se osiguralo kvalitetnije praćenje implementacije ove financijski zahtjevne direktive za nove zemlje članice, odnosno zemlje koje se trenutačno nalaze u postupku pridruživanja. Jedan od prvih dokumenata koje RH treba dostaviti EU tijekom pregovora o implementaciji UWWTD je registar - popis aglomeracija. Kao podloga za kvalitetnije planiranje razvoja sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, a što je u velikoj mjeri korišteno i u pripremama za pregovore, pripremljen je prvi preliminarni prijedlog podjele na aglomeracije koji je predložen vodeći računa o slijedećem:

- svako naselje u RH, bez obzira na veličinu, mora biti uključeno u sustav organizirane javne odvodnje
- postojeća tehnička rješenja u velikoj mjeri određuju konačan obuhvat sustava
- individualna odvodnja stavlja se u sustav organizirane javne odvodnje, odnosno u nadležnost komunalnog operatera koji upravlja sustavom javne odvodnje i pročišćavanja
- maksimalno moguće poštivanje administrativno - teritorijalnog ustroja kako bi se građanima pojednostavila komunikacija s operaterom
- okrupnjivanje podrazumijeva tehničko - ekonomski prihvatljive sustave vodeći računa o ekološkim ograničenjima.

Obveze prema UWWTD odnose se samo na one aglomeracije koje su veće od 2.000 ES (registar aglomeracija u RH daje popis svih aglomeracija bez obzira na veličinu, dok se prema EU pregovara samo o većim). Trenutačno se uz reviziju predloženih aglomeracija radi na provjeri i prikupljanju novih podataka. Ovaj rad daje pregled sadržaja i komentira osnovne pokazatelje vezane za trenutačni registar aglomeracija.

KLJUČNE RIJEČI: Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, aglomeracija, pročišćavanje komunalnih otpadnih voda

IDENTIFYING AGGLOMERATIONS IN THE REPUBLIC OF CROATIA IN ACCORDANCE WITH THE URBAN WASTEWATER DIRECTIVE

SUMMARY: Implementation of the Urban Wastewater Treatment Directive (UWWTD) is largely based on the adequate identification of areas where the population and/or economic activities are sufficiently concentrated for urban wastewater to be collected and conducted to a wastewater treatment plant or to a final discharge point - i.e. agglomerations. Even though this Directive was passed on the EU level back in 1991, and is implemented almost entirely in most of the initial Member Countries, the methodology of identifying agglomerations has still not been clearly defined on the EU level. This issue is currently intensely discussed in order to ensure a more efficient monitoring of implementation of this Directive, financially demanding for new Member Countries or countries currently in the process of Accession. One of the first documents that the Republic of Croatia must submit to the EU during negotiations on the implementation of UWWTD is the inventory - list of agglomerations. The first preliminary proposal of division into agglomerations, prepared as a basis for high-quality planning of development of wastewater sewage and treatment systems, and used to great extent in the preparations for the negotiations, was developed taking into account the following:

- Each and every settlement in the Republic of Croatia, regardless of its size, must be included in a system of organized public wastewater collection;
- The existing technical solutions largely define the final scope of the system;
- Individual sewerage shall be included in the system of organized public wastewater collection, i.e. under the competence of the utility operator that manages the public wastewater sewage and treatment system;
- The existing administrative-territorial organization was respected as much as possible, in order to simplify communication between the population and the operator;
- Agglomeration implies technically and economically acceptable systems, taking into account the ecological limitations.

The requirements of the UWWTD relate only to the agglomerations larger than 2000 P.E. (inventory of agglomerations in the Republic of Croatia contains a list of all agglomerations regardless of their size, while in the negotiations with the EU only the larger ones are discussed). Currently, parallel with a revision of the proposed agglomerations, old data is being revised and new data collected. This paper provides an overview of the contents and discusses the basic parameters related to the current inventory of agglomerations.

KEYWORDS: Urban Wastewater Treatment Directive, agglomeration, urban wastewater treatment

UVOD

U cilju ujednačavanja pristupa u zaštiti okoliša od štetnih utjecaja komunalnih otpadnih voda i otpadnih voda iz određenih industrijskih sektora zemlje članice Europske unije su 21.05.1991. godine usvojile Direktivu o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (Council Directive 1991/271/EEC concerning urban waste water treatment (amended by Commission Directive 98/15/EC)).

Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda odnosi se na:

- prikupljanje, pročišćavanje i ispuštanje komunalnih otpadnih voda,
- pročišćavanje i ispuštanje otpadnih voda iz određenih industrijskih sektora (prehrambena industrija),
- potrebu praćenja načina odlaganja mulja nastalog na uređajima za pročišćavanje i potrebi njegove ponovne upotrebe u svrhu smanjenja štetnih utjecaja na okoliš,
- potrebu sustavnog praćenja rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda,
- potrebu sustavnog praćenja kakvoće prijemnika u svrhu osiguranja zaštite okoliša od štetnih utjecaja ispuštanja otpadnih voda

Jedan od ključnih zahtjeva Direktive su vremenski rokovi u kojima bi države članice trebale osigurati:

- izgradnju sustava prikupljanja i transporta komunalnih otpadnih voda, s obzirom na veličinu aglomeracija i osjetljivosti područja,
- da se komunalne otpadne vode iz sustava prije ispuštanja podvrgnu odgovarajućoj razini pročišćavanja, ovisno o veličini aglomeracija i prijemniku, odnosno osjetljivosti područja u koje se ispuštaju otpadne vode,
- da biorazgradive industrijske otpadne vode određenih sektora koje prelaze 4.000 ES i ne ulaze u uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, prije ispuštanja budu u skladu sa uvjetima propisanim posebnim odobrenjima.

Vremenski rokovi ispunjenja određenih definiranih zahtjeva prema Direktivi o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda sistematizirani su u tablici 1:

Tablica 1: Rokovi osiguranja sustava javne odvodnje i tražene razine pročišćavanja otpadnih voda

(ES)	**0 - 2.000**	**2.000 - 10.000**	**10.000 - 15.000**	**15.000 - 150.000**	**> 150.000**
Osjetljiva područja	prikuplja li se 31 /12/ 05 odgovarajuće pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 05 sekundarno * pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 98 naprednije pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 98 naprednije pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 98 naprednije pročišćavanje
Normalna područja	prikuplja li se 31 /12/ 05 odgovarajuće pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 05 sekundarno * pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 05 sekundarno pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 00 sekundarno pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 00 sekundarno pročišćavanje
Manje osjetljiva područja (priobalne vode)	prikuplja li se 31 /12/ 05 odgovarajuće pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 05 odgovarajuće pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 05 primarno ili sekundarno pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 00 primarno ili sekundarno pročišćavanje	prikupljanje 31 /12/ 00 primarno (iznimno) ili sekundarno pročišćavanje

* ili odgovarajuće pročišćavanje ako se ispušta u priobalne vode

Kao što je i u Tablici 1 naznačeno, a što je potrebno dodatno istaknuti, Direktiva i njeni zahtjevi za traženom razinom pročišćavanja komunalnih otpadnih voda i s rokovima za ispunjenjem obveza, prvenstveno se temelje na veličini aglomeracije i na osjetljivosti područja u koje se otpadne vode ispuštaju. U usporedbi s domaćim zakonodavnim rješenjem uočljiva je sličnost u pristupu: zahtjevana razina pročišćavanja otpadnih voda, odnosno kvaliteta efluenta, kao i rokovi izgradnje, ovise o veličini opterećenja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i o kategoriji prijemnika.

SUSTAV ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA - AGLOMERACIJA

Aglomeracija kao jedan od temelja na koji se oslanja primjena Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, predstavlja, u smislu direktive, područje na kojem su stanovništvo i/ili gospodarske djelatnosti dovoljno koncentrirani da se komunalne otpadne vode mogu prikupljati i odvoditi do uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda ili do krajnje točke ispuštanja. U hrvatskom jeziku aglomeracija, prema definiciji u Rječniku stranih riječi autora Vladimir Anića i Ive Goldsteina, podrazumijeva cjelinu dobivenu nakupljanjem, gomilanjem ili naseljavanjem, te okrupnjivanje sitnozrnatog ili praškastog materijala, a u uobičajenoj govornoj praksi najčešće se kao pojam primjenjuje u domeni prostornog uređenja. Imajući u vidu navedena tumačenja pojma aglomeracije potrebno je posebno promotriti značenje ovog pojma u kontekstu djelatnosti odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda.

Samo određivanje aglomeracije u okviru primjene Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda u direktnoj je zavisnosti o razini informacije o području obuhvata, odnosno o provedenim analizama vezanim za obavljanje djelatnosti odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Logično je da će preciznost određenja aglomeracije rasti s detaljnošću raspoloživih informacija, te će se pristup pri njihovom određivanju u slučaju poznavanja samo osnovnih podataka (najčešće broja stanovnika i opterećenja od ostalih onečišćivača, te fizičkoj udaljenosti pojedinih naselja), značajno razlikovati u odnosu na slučaj kada se raspolaže dosljedno provedenim tehno-ekonomskim analizama za odabir optimalne varijante sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Takva analiza, pored procjene potrebnih financijskih sredstava za izgradnju i upravljanje sustavom odvodnje i sagledavanje koristi koje razmatranom području donosi izgradnja i razvitak sustava javne odvodnje, treba detaljno sagledati i realno ocijeniti ukupne financijske mogućnosti korisnika sustava. Prostorni obuhvat aglomeracija najvjerojatnije će se u budućnosti mijenjati sukladno promjenama stanja u prostoru, promjenama broja korisnika, ali i sukladno njihovim financijskim mogućnostima i razini životnog standarda. Naime, određivanje aglomeracija postaje kontinuirani proces, sastavni dio planiranja i upravljanja ovom djelatnošću, usklađen s opće prihvaćenim principima zaštite voda, a što ima za cilj postizanje maksimalnih učinaka za vode, i okoliš u širem smislu, uz minimalne troškove, usklađene s mogućnostima korisnika. Obzirom na bogatu povijest organiziranog vodnog gospodarstva, evidentno je da je rješavanje problema odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, već duži niz godina jedna od važnijih aktivnosti upravljanja vodama.

Sukladno trenutnim planovima za izradu studijske planske dokumentacije za potrebe Hrvatskih voda, u 2007. godini biti će završene sve županijske studije zaštite voda, čime bi cjelokupni prostor Republike Hrvatske bio obrađen na određenoj razini detaljnosti, odnosno Studijom će biti predloženi osnovni koncepti odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Time proces izbora odgovarajućeg načina zbrinjavanja otpadnih voda ne završava, budući je prijedlog zbrinjavanja razmatran na županijskoj razini. Uravnoteženi pristup u smislu zaštite voda u odnosu na zbrinjavanje komunalnih otpadnih voda na širem području sliva trebalo bi se odrediti u okviru izrade Planova upravljanja vodnim područjima, a imajući u vidu i zajednički pristup na cjelokupnom državnom teritoriju.

Na najvećem dijelu područja RH provedene su određene analiza i izbor koncepcijskog rješenja za većinu sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda većih od 2.000 ES, što predstavlja značajnu i vrlo upotrebljivu polaznu osnovu za definiranje prijedloga aglomeracija, koji će se u budućnosti sukladno novim spoznajama prilagođavati. Uzimajući u obzir prethodna obrazloženja, osobito u dijelu koji se odnosi na detaljnost

razrade i opseg raspoložive studijsko - tehničke dokumentacije, potrebu brzog reagiranja i hitnog donošenja planskih dokumenata, može se zaključiti da je u najvećem dijelu prostora RH razmatrani obuhvat sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, u užem smislu, dovoljno dobra aproksimacija obuhvata aglomeracije prema definiciji određenoj Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda.

PRISTUP ODREĐIVANJU OBUHVATA SUSTAVA, ODNOSNO AGLOMERACIJA U REPUBLICI HRVATSKOJ U OKVIRIMA PREGOVORA O PREUZIMANJU PRAVNE STEČEVINE EUROPSKE UNIJE

Načela pristupa

Republika Hrvatska sa 4.437.460 stanovnika, smještenih u 6.759 naselja i sa prosječnom naseljenošću od 78 stanovnika na km^2 ubraja se u rjeđe naseljene europske zemlje, s tim da je prostorni razmještaj stanovništva izrazito neravnomjeran. U 5.491 naselju veličine manje od 500 stanovnika, živi 18% ukupnog stanovništva Hrvatske, a 80% od njih tj. oko 690.000 stanovnika razmješteno je na području sa prosječnom naseljenošću od 24 stanovnika na km^2. Usitnjenost naselja posebno je izražena u brdskim i planinskim dijelovima: Lika, Gorski kotar, Hrvatsko zagorje, Požeština, te u unutrašnjosti Istre. S druge strane, posebno se izdvajaju četiri velika gradska središta: Zagreb (691.724), Split (175.140), Rijeka (143.800) i Osijek (90.411) koji zajedno sa pripadajućim gravitirajućim naseljima formiraju područja koja obuhvaćaju 30% ukupnog stanovništva Hrvatske.

Uzimajući u obzir sve navedeno, a imajući u vidu potrebu za postizanjem približno jednake razine usluga zbrinjavanja otpadnih voda za sve, odnosno za veliku većinu stanovnika, usvojen je pristup u kojem je uređena individualna odvodnja sastavni dio sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda.

U konceptu praćenja i planiranja razvoja sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda predlaže se da obuhvat sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda bude definiran kao područje prikupljanja i transporta otpadnih voda putem sustava kolektora i crpnih stanica, s pridruženim područjem uređene individualne odvodnje s konačnom jedinstvenom završnom točkom na kojoj se obavlja pročišćavanje i dispozicija otpadnih voda (odnosno jedan uređaj za pročišćavanje otpadnih voda s pripadnim ispustom u prijemnik).

Generalno, predloženi način određivanja obuhvata sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, može se sažeti u slijedećem:

- svako naselje u RH, bez obzira na veličinu, mora biti uključeno u sustav organizirane javne odvodnje
- individualna odvodnja stavlja se u nadležnost komunalnog društva nadležnog za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda, upravitelja sustava, odnosno u sustav organizirane odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, u širem smislu,
- postojeća tehnička rješenja i stanje izgrađenosti građevina, u velikoj mjeri određuju konačan obuhvat sustava,
- okrupnjivanje područja obuhvata podrazumijeva definiranje tehničko-ekonomski prihvatljivih - održivih sustava uz puno uvažavanje ekoloških ograničenja,
- uvažavanje administrativno-teritorijalnog ustroja kako bi se građanima pojednostavila komunikacija s komunalnim društvom koji obavlja uslugu odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda.

Jedno od osnovnih polazišnih točaka je da se za svako naselje odredi pripadni sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, čime bi zbrinjavanje otpadnih voda tog naselja postala obveza komunalnog društva, bez obzira da li je riječ o naselju koji je povezan sa sustavom izvedbom klasičnog kolektorskog sustava, ili je riječ o naselju čija se odvodnja otpadnih voda rješava izgradnjom septičkih ili sabirnih jama, odnosno ostalih vidova individualne odvodnje, s organiziranim odvozom i obradom otpadnog sadržaja na centralnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda. Krajnji cilj je postizanje ujednačene razine usluge bez obzira na način odvodnje, što uključuje potpunu skrb o otpadnim vodama na cjelokupnom području obuhvata, uz primjenu identične održive cijene usluge koja bi omogućila kvalitetno izvršenje usluge uz zadržavanje nužne razvojne komponente. Primjenom identične cijene usluga potpunog zbrinjavanja otpadnih voda izbjegao bi se pritisak na komunalno društvo i/ili su/financijera izgradnje sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda za rješavanjem pojedinačnih „lokalnih“ problema odvodnje otpadnih voda na pojedinim dijelovima sustava, a koji nisu u skladu s zahtjevima zaštite okoliša i ekonomskim interesima i mogućnostima cjelokupne zajednice. Za potpunu implementaciju navedenog pristupa, uz postizanje suglasnosti šireg kruga zainteresiranih sudionika, nužno je poduzimanje niza vremenski zahtjevnih aktivnosti, a što uključuje i promjenu dijela postojećih zakonskih i podzakonskih rješenja, te organizacijsku prilagodbu komunalnog sektora.

Postojeće planirane koncepcije odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, koje su razmatrane više ili manje detaljno, a osobito postojeće stanje izgrađenosti građevina sustava, bitno su utjecale na preliminarno razgraničenje aglomeracija. Postojeće građevine svakako je potrebno, koliko je to moguće, uklopiti u planirani koncept sustava odvodnje. Naime, svaka drastična promjena postojećih koncepata i u praksi prihvaćenih načina zbrinjavanja otpadnih voda, na velikom broju sustava, prouzročila bi značajno usporenje njihovog razvitka, posebice imajući u vidu složenost i dugotrajnost postupaka izmjene postojeće prostorno planske dokumentaciju, pripreme nove tehničke dokumentacije, rješavanja imovinsko pravnih odnosa, ishođenja neophodnih dozvola, te provedbe ostalih aktivnosti. To se osobito odnosi na sustave, odnosno aglomeracije koje se nalaze u visokom stupnju realizacije, s obzirom na izrađenu projektnu dokumentaciju i ishođene dozvole za građenje. Naravno za dio sustava, gdje se ne raspolaže dovoljno kvalitetnom i ažurnom studijsko-tehničkom dokumentacijom potrebno je razmotriti postojeće koncepcije i prilagoditi ih prihvatljivim suvremenijim rješenjima usklađenim s odabranim nacionalnim opredjeljenjima u zaštiti voda.

Okrupnjivanje šireg područja u jedan sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda podrazumijeva analizu svih prednosti i nedostataka takvog rješenja. Generalno gledajući jedan centralni uređaj je u odnosu na veći broj manjih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, financijski povoljnije rješenje u fazi izgradnje, kao i u upravljanju i pogonu. S druge strane, u takvim slučajevima, troškovi izgradnje i pogona sustava javne odvodnje su veći, a što je osobito izraženo u slučaju nepovoljnih terenskih uvjeta. Zbog toga se vrlo teško može unaprijed načelno opredijeliti za primjenu jednog koncepta, odnosno svaki se pojedinačni slučaj treba razmatrati zasebno uz uvažavanje svih tehničkih, ekonomskih i ekoloških prednosti i nedostataka različitih tehničkih rješenja.

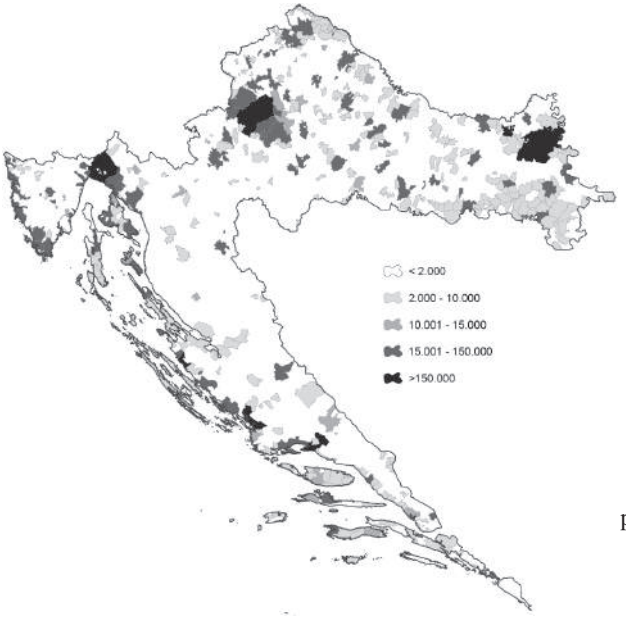
Aglomeracije u Republici Hrvatskoj

Primjenom prethodno opisanog pristupa, područje Republike Hrvatske podijeljeno je na područje obuhvata 1.014 sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, odnosno aglomeracija u širem smislu.

Tablica 2: Aglomeracije u Republici Hrvatskoj

VELIČINA SUSTAVA / AGLOMERACIJE		0-2.000	2.001-10.000	10.001-15.000	15.001-150.000	>150.000	**UKUPNO**
BROJ SUSTAVA		675	229	28	75	7	**1.014**
UKUPNA PLANIRANA VELIČINA [ES]		473.000	1.088.000	389.000	3.286.000	3.737.000	**8.973.000**
BROJ NASELJA	**SUSTAV**	1.418	2.218	704	2.253	174	**6.767**
	JAVNA ODVODNJA	864	614	129	611	137	**2.355**
	INDIVIDUALNA ODVODNJA	554	1.604	575	1.642	37	**4.412**
BROJ STANOVNIKA	**SUSTAV**	404.973	796.237	258.202	1.559.095	1.418.953	**4.437.460**
	JAVNA ODVODNJA	347.681	569.457	175.677	1.247.874	1.406.320	**3.747.009**
	INDIVIDUALNA ODVODNJA	57.292	226.780	82.525	311.221	12.633	**690.451**
	PRIKLJUČENI	15.368	98.231	69.708	698.175	1.014.086	**1.895.568**

Prema raspoloživim informacijama prikupljenim tijekom 2003 i 2004. godine kada je i izrađen prvi preliminarni prijedlog registra sustava odvodnje, odnosno aglomeracija, može se zaključiti da tek 1/3 ukupnog broja aglomeracija prema svojoj veličini, treba biti usklađena s zahtjevima Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, ali pri tome treba naglasiti da one obuhvaćaju gotovo 95% planiranog biokemijskog opterećenja koje iz sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda dospjeva u vode.



Slika 1: Kartografski prikaz obuhvata sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda prema administrativnom obuhvatu naselja uključenih u sustav javne odvodnje u klasičnom smislu plansko stanje 2003. godine

Pri sagledavanju, te eventualnom tumačenju tablično prikazanih podataka svakako je potrebno imati na umu da se iskazane veličine sustava odnose na, u to vrijeme, aktualna saznanja o navedenim sustavima, te da su korišteni podaci planiranih, a ne stvarnih - realiziranih opterećenja. Također, u određenom dijelu iskazane veličine su temeljene na informacijama korištenim prilikom izrade tehničke dokumentacije. Budući da je u određenim slučajevima riječ o dokumentaciji izrađenoj u 70-80-im godinama prošlog stoljeća, kada je projektantska praksa kao ulazne podatke koristila optimističnije prognoze demografskog i gospodarskog rasta, projektirane veličine opterećenja pokazala su se nerealno velikima, a što je rezultiralo nedovoljno iskorištenim kapacitetima i na već izgrađenim dijelovima sustava. Nadalje, s obzirom na razdoblje Domovinskog rata, u kojem je došlo do značajnih promjena u demografskoj slici ratom obuhvaćenih područja, te uslijed promjena uvjetovanih prestrukturiranjem industrijske proizvodnje i gospodarstva općenito, već sada se može zaključiti da su postojeće planske vrijednosti pojedinih sustava značajno precijenjene. S druge strane, kod manjeg dijela sustava planske veličine opterećenja su premašene, prvenstveno zbog uspješnog uspostavljanja novih gospodarskih poslovnih zona.

U skladu s objektivnim, navedenim nedostacima, postojeći registar aglomeracija, odnosno sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda je u postupku noveliranja u skladu s uočenim promjenama na terenu, te novim saznanjima i informacijama prikupljenim tijekom izrade županijskih studija zaštite voda i ostale projektne dokumentacije. Time se nastavlja kontinuirani rad na novelaciji samog registra, odnosno na aktualizaciji tehničkih rješenja i njihovim usklađivanjima s zahtjevima zaštite okoliša i ekonomskim mogućnostima područja.

UPOTREBA PODATAKA U PLANIRANJU RAZVOJA SUSTAVA ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA U REPUBLICI HRVATSKOJ

U okviru unapređenja obavljanja redovitih radnih zadataka u djelatnosti zaštite voda u Hrvatskim vodama, a do potpune uspostave jedinstvenog Informacijskog sustava voda, pristupilo se izradi aplikacije koja se, između ostalog, odnosi i na planiranje i praćenje razvitka sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Neophodnost usklađenog kontinuiranog praćenja sustava odvodnje, te ostalih određenih pokazatelja od interesa zaštite voda, na jednom centalnom mjestu, prema identičnom obrascu i usklađenoj metodologiji, nametnula je potrebu uspostave aplikacije, s konačnim ciljem korištenja prikupljenih podatka kao kvalitetne informacije u procesu donošenja upravljačkih odluka.

U do sada razvijenom dijelu aplikacije sadržani su osnovni podaci koji se odnose na postojeće i planirano stanje svih preliminarnom identifikacijom određenih sustava u Republici Hrvatskoj. Pored osnovnih podataka o samom sustavu, kao što su podaci o lokaciji, prijemniku, broju stanovnika, komunalnom društvu koje upravlja sustavom, prikupljeni su i podaci o naseljima uključenima u sustav odvodnje, bilo da je riječ o naseljima povezanim u sustav izvedbom klasičnog kolektorskog sustava (prema planu), odnosno sustava javne odvodnje, ili o naseljima čije se zbrinjavanje otpadnih voda i dalje planira obavljati individualnim građevinama odvodnje, s pražnjenjem otpadnog sadržaja na centralnom uređaju sustava. Također, prikupljeni su i podaci o planiranom razvoju sustava odvodnje, i to dijela sustava koji se odnosi na mrežu odvodnje (s podjelom na glavnu i sekundarnu) i na uređaj za pročišćavanje s pripadnim ispustom otpadnih voda, grupiranim u tri razvojne faze s procjenom potrebnih sredstava za njihovu izgradnju,

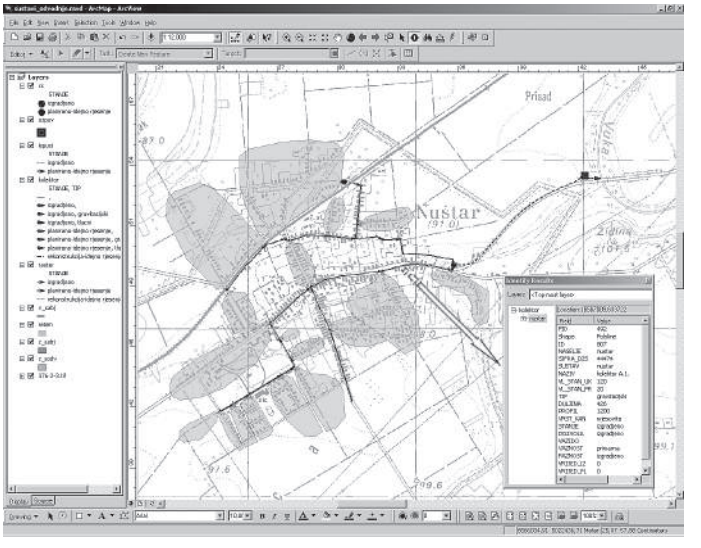
te osnovni podaci o uređajima za pročišćavanje otpadnih voda i ispustima pročišćenih otpadnih voda u postojećem, ali i planiranom stanju.

Slika 2: Pregledna kartica aglomeracije, odnosno sustava odvodnje otpadnih voda Vinkovci iz Aplikacije zaštite voda - razvojna radna verzija

U narednom koraku razvitka predviđa se dopuna baze širim krugom podataka i proširenje aplikacije na način da omogući praćenje podataka koji bi trebali dati potpuniju sliku o ukupnom opterećenju sustava (postojećem i planiranom), grupiranom u četiri osnovne podskupine: stanovništvo, industrija, turizam, te javne ustanove i ostale djelatnosti sa sadržajem otpadnih voda sličnim kućanskim otpadnim vodama.

Potrebno je napomenuti da je predmetna aplikacija u cijelosti razvijena od strane djelatnika Hrvatskih voda, uključivo i njegovo informatičko oblikovanje, te da je ovo tek početak sustavnog prilagođavanja i proširenja u skladu s usuglašenim potrebama korisnika sustava. Sam rad na aplikaciji je decentraliziran, odnosno unos i pregled podataka omogućen je sa svih računala uključenih u internu mrežu Hrvatskih voda, naravno samo za autorizirane korisnike s različitim dodijeljenim razinama prava na pristup. Po okončanju verifikacije sadržanih podataka za očekivati je da će se putem službenih internet stranica Hrvatskih voda omogućiti javni uvid u prikupljene podatke, pripremljene - interpretirane u skladu s pravilima izvješćivanja na nacionalnoj i međunarodnoj razini.

U narednom razdoblju u sklopu potpune implementacije Informacijskog sustava voda, a u cilju unapređenja postupaka planiranja i praćenja razvitka sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, organizirati će se dalje proširenje samog sustava i organizirano prikupljanje daleko većeg obima podataka o samim sustavima te o njegovim sastavnim građevinama (prema definiranom opisu). Osobito u ovom dijelu očekuje se intenzivna suradnja s komunalnim trgovačkim društvima kako bi prikupljeni podaci mogli biti od višestruke koristi.



Slika 3: GIS model prostornih podataka prema definiranom opisu sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda [3] - prikaz sustava Nuštar

IZVJEŠĆIVANJE

Za potrebe pripreme odgovarajućih usuglašenih podloga za donošenje odluka i praćenje stanja djelatnosti zaštite voda, kao i za potrebe redovitog izvješćivanja nadležnih tijela i javnosti potrebno je uspostaviti kvalitetan automatizirani sustav obrade podataka i izvješćivanja. Budući je izlazna informacija kao krajnji rezultat uređene baze podataka presudna za definiranje same strukture i sadržaja te baze podatka, osobito je značajno u početnoj fazi uspostave dovoljno kvalitetno definirati njen traženi oblik. Jedna od traženih izlaznih informacija je i redovito izvješće o nacionalnim programima provedbe Direktive Vijeća (1991/271/EEC) o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, prema obrascima za izvješćivanje definiranima Odlukom Komisije (93/481/EEC) od 28. srpnja 1993. godine. Upravo sagledavajući potrebu njegove stalne periodične izrade u okviru razvijene aplikacije predviđena je mogućnost njegovog automatiziranog ispisa, što će u svakom trenutku osiguravati njegovu aktualnost u odnosu na trenutačnu situaciju.

ZAKLJUČAK

U okviru procesa preuzimanja EU pravne stečevine neophodno je i usvajanje određene nove terminologije, te njena primjena u djelatnosti odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, uz uvažavanje svih dosadašnjih saznanja i iskustva. Kako je aglomeracija, pored osjetljivosti područja u koje se ispuštaju otpadne vode, jedan od temelja na koji se oslanja primjena Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, osobito je bitan ispravan pristup u njenom definiranju.

S obzirom na postojeće stanje, gdje su na većem dijelu područja već provedene određene analize u domeni planiranja odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, čini se najprimjerenija primjena načela u definiranju obuhvata aglomaracije da se otpadne vode područja

jedne aglomeracije pročišćavaju na jednom uređaju, odnosno da je jedna aglomeracija identična jednom sustavu odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda s centralnim uređajem za pročišćavanje. U skladu s tim načelom, prvi preliminarni prijedlog aglomeracija na području Republike Hrvatske identificirao je područje obuhvata 1.014 sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, odnosno aglomeracija. Sukladno promjenama stanja u prostoru, promjenama broja i zahtjeva korisnika, ali i financijskih mogućnosti, novelacija obuhvata aglomeracija postati će kontinuirani proces u okviru planiranja i upravljanja djelatnošću odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda.

Imajući u vidu dinamiku samog procesa, neophodnost usklađenog praćenja sustava odvodnje na jednom centalnom mjestu, prema identičnom obrascu i usklađenoj metodologiji, te obvezu pripreme odgovarajućih usuglašenih podloga za donošenje odluka i praćenje stanja djelatnosti zaštite voda, kao i za potrebe redovitog izvješćivanja nadležnih tijela i javnosti, pristupilo se izradi i uspostavi sustava obrade podataka i izvješćivanja.

ZAHVALA

Uspostava sustava prikupljanja, sistematizacije i analize podataka u skladu sa različitim lokalnim, nacionalnim i internacionalnim potrebama i standardima podrazumijevala je suradnju velikog broja djelatnika Hrvatskih voda. Najveći dio odgovornosti vezanih za koordinaciju i organizaciju poslova, pripremu aplikacije i uspostavu sustava, preuzeo je Sektor zaštite voda uz povremenu pomoć djelatnika Zavoda za vodno gospodarstvo.

Autori zahvaljuju svim djelatnicima službi zaštite voda Vodnogospodarskih odjela Hrvatskih voda koji su sudjelovali u prikupljanju podataka i koncipiranju metodologije za preliminarno određivanje aglomeracija i čiji je dalji rad neophodan preduvjet za kvalitetnu uspostavu sustava praćenja razvitka sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, te djelatnicima Ureda za informatiku Hrvatskih voda koji su sudjelovali u informatičkom oblikovanju, te uspostavi rada aplikacije.

LITERATURA

[1] Council Directive 1991/271/EEC concerning urban waste water treatment (amended by Commission Directive 98/15/EC) / Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, 91/271/EEZ

[2] Katalog sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda- radna verzija, Hrvatske vode, Zagreb, srpanj 2006

[3] Ivica Popović: Studija zaštite voda na području županija - Sustavi odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda - opis podataka, Zagreb, 2003.

[4] Studijsko-projektna i tehnička dokumentacija - Program zaštite od onečišćenja voda na priobalnom području, Hrvatske vode, Zagreb

[5] Projektna i studijska dokumentacija, Arhiva Hrvatskih voda

[6] Commission decision of 28 July 1993 concerning formats for the presentation of national programmes as foreseen by Article 17 of Council Directive 91/271/EEC, 93/481/EEC

[7] Okvirna Direktiva o vodama Europske unije, Vodnogospodarska osnova Hrvatske, izdanje II, Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Zagreb, 2002

[8] Vladimir Anić, Ivo Goldstein: Rječnik stranih riječi, Novi Liber, Zagreb, 1999

[9] Common Implementation Strategy for the Water Framework: Guidance document no 3, Analysis of Pressures and Impacts, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2003.

[10] CARDS 2003: Pilot River Basin Plan for Sava River Sub-Basin, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Serbia and Montenegro, Characterisation Report - Kupa, Hrvatske vode, Zavod za vodno, gospodarstvo, Zagreb, u pripremi.

AUTORI:

Ivica Popović, dipl.ing.građ.
Hrvatske vode, Sektor zaštite voda, ivicap@voda.hr

Sandra Šturlan Popović, dipl.ing.građ.
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, ssandra@voda.hr

mr.sc. Sanja Barbalić, dipl.ing.građ.
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, sanjab@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.12.

OPTIMIZACIJA KORIŠTENJA REGIONALNOG SUSTAVA VODOOPSKRBE U ISTARSKOJ ŽUPANIJI

Nenad Ravlić, Marijan Babić, Ivica Plišić, Branka Beović

SAŽETAK: U radu se prikazuje metodološki pristup optimizaciji korištenja regionalnog sustava vodoopskrbe u Istarskoj županiji (IŽ) koji je primijenjen tijekom izrade Vodoopskrbnog plana IŽ (VPIŽ). Predstavljeni su ažurirani podaci o potrošnji vode u IŽ koji su tvorili polaznu osnovu za određivanje i prognozu trenda povećanja potrošnje vode u planskom razdoblju VPIŽ-a (2020. godina), kao i za prognozu jedinične potrošnje za različite kategorije potrošača na tri vodoopskrbna područja (Istarski vodovod, vodovod Butoniga, vodovod Labin). Također, predstavljen je prikaz analize mogućnosti podmirenja potreba za vodom u IŽ u planskom razdoblju do 2020. godine, pri čemu je primijenjena slijedeća metodologija: u prvom koraku uspoređene su izdašnosti postojećih kaptiranih izvorišta s prognoziranom potrošnjom vode s ciljem utvrđivanja deficita zahvaćenih voda, da bi se u drugom koraku izvršile analize vodoopskrbnih mogućnosti višenamjenske akumulacije Butoniga, sve s ciljem provjere mogućnosti pokrivanja utvrđenog deficita, odnosno otkrivanja potrebe razvoja novih izvorišta i/ili akumulacija. Na osnovi kumulativnih razmatranja i tumačenja rezultata sprovedenih analiza, u radu je predstavljen plan racionalizacije korištenja postojećih resursa i vodovodnih sustava, utemeljen na autohtonim resursima i kapacitetima, dovoljnim za pokrivanje realnih vodoopskrbnih potreba u planskom razdoblju VPIŽ-a.

KLJUČNE RIJEČI: Istra, vodoopskrba, racionalizacija korištenja resursa, vodoopkrbni plan

OPTIMIZATION OF THE USE OF ISTRIAN REGIONAL WATER SUPPLY SYSTEM

SUMMARY: This paper presents methodological approach to Istrian Water Supply System optimization analysis, applied during preparation of the Istrian Water Supply Master Plan. Updated data on water consume in the Istrian County, which served as the basis for determination of unit water consumption, trend analysis and forecasts until the year 2020 are presented for all three water supply companies (Istarski vodovod, Butoniga, Labin) operating in the region. Further analysis, focussed on verifying the possibilities to cover water demands until the year 2020 were conducted in two steps: in the first step the capacities of existing underground water resources are confronted with forecasted water demands to determine water deficits for various design horizons, while in the second step the lake Butoniga's water supply potential is studied to examine the possibility of covering the deficits by using available surface waters stored in that multipurpose accumulation. On the basis of cumulative considerations and in view of revised future needs for water in the Istrian County, the rationalization master plan (based primarily on the use of existing local resources and water supply systems) was put forward, becoming an integral part of the Istrian Water Supply Plan.

KEYWORDS: Istria, water supply, resource use rationalization, water supply master plan

1. UVOD

Pri kraju je izrada Vodoopskrbnog plana Istarske županije (VPIŽ), temeljnog strateškog i razvojnog dokumenta za srednjoročno plansko razdoblje do 2020. g u sektoru vodoopskrbe u županiji koja pitanjima vodoopskrbe tradicionalno posvećuje visoki stupanj pozornosti. Istarska županija (IŽ) je među prvima u Hrvatskoj (2001. g) jasno definirala prostorne aspekte svojih srednjoročnih razvojnih vizija te ih artikulirala u vidu županijskog Prostornog plana [1], koji je iskoristio priliku da u svoj sadržaj uvrsti preporuke i zaključke studijskog elaborata po nazivom „Vodoopskrbni sustav Istre - idejno rješenje“, izrađenog 2000. godine [2].

Vrijeme je pokazalo da je taj, za hrvatske prilike rijedak primjer direktnog preslikavanja studijskog dokumenta u prostorno-plansku dokumentaciju predstavljao „zalogaj“ koji i dan-danas u svojoj cjelini nadmašuje kako mogućnosti IŽ, tako i potrebe u srednjoročnom planskom razdoblju za koje se izrađuje županijski vodoopskrbni plan.

U procjepu između realnog stanja i studijski zacrtanih dugoročnih razvojnih ciljeva ispostavilo se da trenutno u IŽ nedostaje elaborat koji bi planski sagledao optimalni stupanj razvoja regionalne vodoopskrbne infrastrukture u srednjoročnom razdoblju do 2020.g, pri čemu bi se optimalnim trebao smatrati onaj stupanj razvoja koji bi bio baziran na realnim potrebama, bez strogog usmjeravanja ili prejudiciranja razvoja u daljnjoj budućnosti.

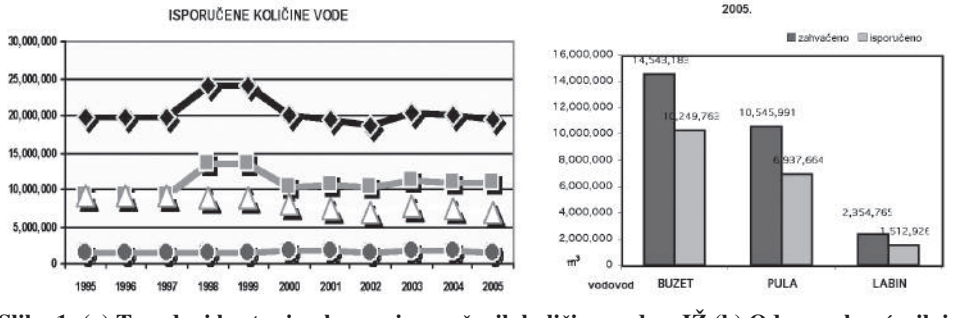
2. STRATEŠKA OSNOVA ZA PLANIRANJE U VPIŽ-u

Općenito, svaki vodoopskrbni plan mora korespondirati sa županijskim prostornim planom, ali i s ostalim planskim dokumentima koji sagledavaju problematiku vodoopskrbe u širem kontekstu. U tom smislu, glavne strateške razvojne odrednice u području vodoopskrbe u RH sadržane su u Programu prostornog uređenja RH [3] te u Strategiji upravljanja vodama [4], iz kojih su se tijekom izrade VPIŽ-a naročito koristile slijedeće smjernice o učinkovitijoj upotrebi sadašnjih izvorišta vode i planiranju temeljenom na dokazanim stvarnim potrebama i provedivim razvojnim programima.

3. POSTOJEĆA POTROŠNJA VODE U IŽ

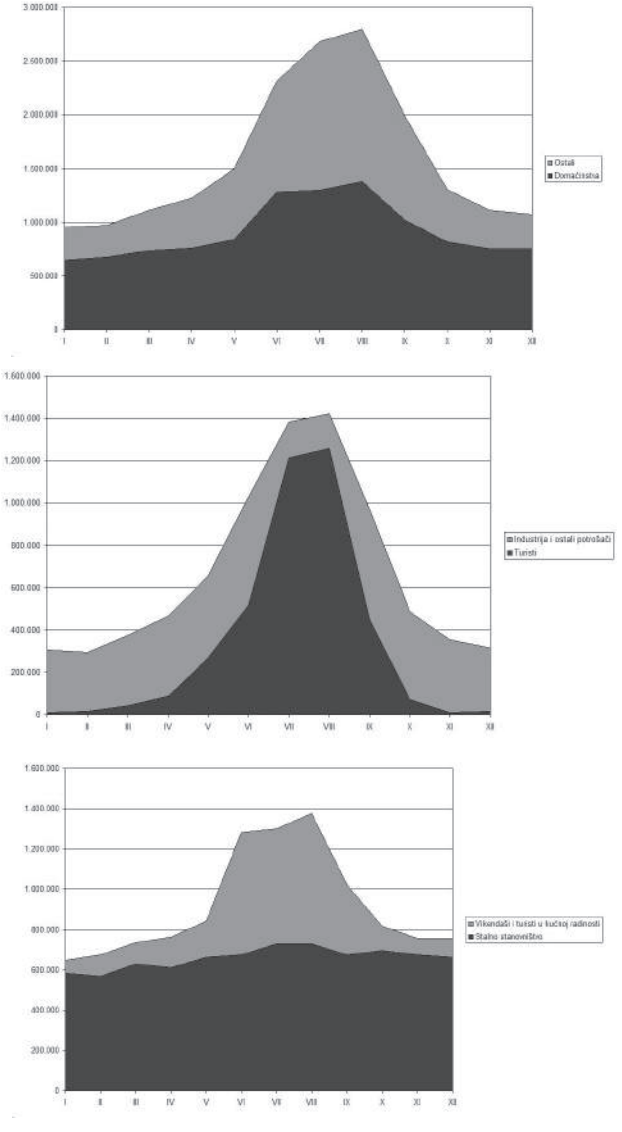
Trend kretanja ukupno isporučenih količina vode u IŽ u razdoblju 1995-2005. godina prikazan je na slici 1(a), koja otkriva da se u razdoblju 2002-2005. g. ukupna godišnja potrošnja u IŽ stabilizirala na približno 19 mil. m3/god. Odnos zahvaćenih i isporučenih količina u 2005. godini po pojedinim vodovodima prikazan je grafički na slici 1(b).

(a) (b)



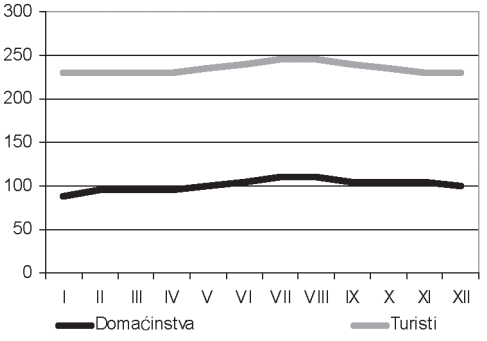
Slika 1: (a) Trendovi kretanja ukupno isporučenih količina vode u IŽ (b) Odnos zahvaćenih i isporučenih količina u 2005. g. po pojedinim vodovodima u IŽ

Slika 2(a) ukazuje na karakteristično snažno sezonsko povećanje potrošnje vode čemu najviše doprinose turisti u hotelima i autokampovima (slika 2(b)), a manje oni u kućnoj radinosti i tzv. „vikendaši“ (slika 2(c)).



Slika 2: Isporučena voda u IŽ u 2005. godini po kategorijama (u m3);

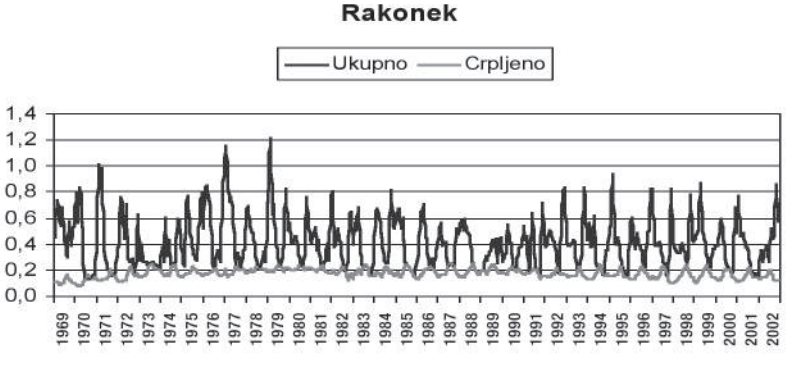
Rezultati iterativne razrade podataka o potrošnji različitih kategorija potrošača rezultirali su prosječnim županijskim potrošnim normama za domaćinstva i turiste (slika 3). Prema raspoloživim podacima za 2005. godinu, na županijskoj razini prosječna potrošna norma za domaćinstva iznosila je 101 l/st./dan, a za turiste 235 l/st./dan.



Slika 3: Vodoopskrbne norme za domaćinstva i turiste (2005. g)

4. PODMIRENJE POSTOJEĆIH POTREBA S RASPOLOŽIVIM RESURSIMA

Današnje potrebe za vodom u IŽ podmiruju se zahvaćanjem vode iz kaptiranih izvorišta podzemnih voda (Sveti Ivan, Bulaž, Gradole, Rakonek, Fonte Gaia/Kokoti, Kožljak i Plomin) za koje su razvijeni osrednjeni nizovi o mjesečnim izdašnostima i količinama



crpljenja (slika 4 - primjer izvora Rakonek).

Slika 4: Srednje mjesečne izdašnosti i količine crpljenja u m3/s na izvoru Rakonek.

Osim izvorišta podzemnih voda, u vodoopskrbi IŽ koristi se i akumulacija Butoniga, iz koje se u ljetnom razdoblju danas crpi približno 500 l/s, čime je osigurana normalna vodoopskrba u turističkoj sezoni. Zimi se iz tehnoloških razloga prosječno pročišćava i šalje u sustav oko 200 l/s.

5. VARIJANTE RAZVOJA UKUPNIH POTREBA ZA VODOM U ŽUPANIJI

U prvoj varijanti (tzv. varijanta 1) VPIŽ je pretpostavio povećanje ukupne potrošnje vode u IŽ uslijed povećanja broja potrošača, ali bez promjena u utvrđenim županijskim vodoopskrbnim normama. U drugoj varijanti (tzv. varijanta 2) pretpostavilo se i postupno

povećanje normi prema vrijednostima od 150 l/st.dan za stanovništvo, odn. 350 l/tur.dan za turiste. Prognoze razvoja potreba za obje varijante prikazane su u tablici 1.

Varijanta	Faktor	2005	2011	2021	2031	2041	2051
1	Domaćinstva	10,971,194	11,086,721	12,529,104	13,510,889	14,487,694	15,464,500
	Ostali potrošači	8,054,677	8,139,009	9,053,457	9,680,621	10,305,984	10,931,347
	Ukupno	19,025,871	19,225,730	21,582,560	23,191,510	24,793,679	26,395,847
2	Domaćinstva	10,971,194	12,101,227	14,108,955	16,260,061	18,569,445	21,031,720
	Ostali potrošači	8,054,677	8,827,926	10,189,166	11,650,417	13,209,583	14,866,632
	Ukupno	19,025,871	20,929,153	24,298,122	27,910,478	31,779,028	35,898,352

Tablica 1: Prognoze ukupne godišnje potrošnje vode u IŽ (varijante 1 i 2).

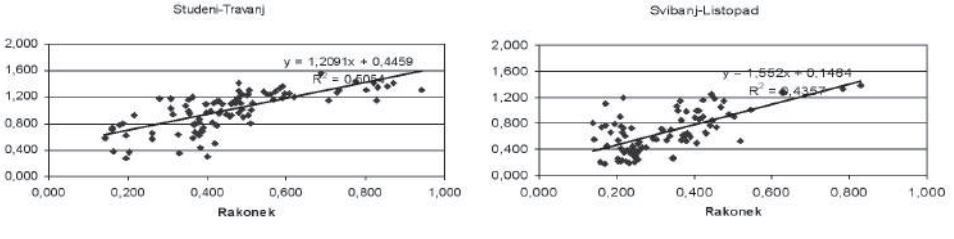
6. PODMIRENJE POTREBA ZA VODOM U PLANSKOM RAZDOBLJU VPIŽ-a

Analiza mogućnosti podmirenja potreba za vodom u razdoblju do 2020. godine provela se u dva koraka:

- u prvom koraku uspoređene su izdašnosti postojećih kaptiranih izvorišta s prognoziranom potrošnjom vode s ciljem utvrđivanja deficita vode
- u drugom koraku vršene su analize vodoopskrbnih mogućnosti akumulacije Butoniga s ciljem provjere mogućnosti pokrivanja utvrđenog deficita

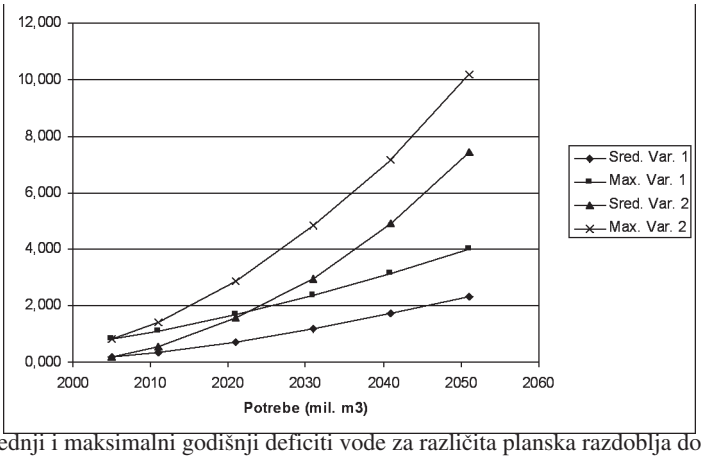
6. 1. Utvrđivanje deficita vode

Analiza deficita sprovedena je korištenjem mjesečnih nizova izdašnosti izvorišta. U cilju sprovedbe analize simultanog korištenja izvorišta u što duljem razdoblju izvršeno je produljenje nizova mjesečnih izdašnosti za izvore Sv. Ivan, Bulaž i Gradole, koristeći korelacije (slika 5) s izvorom Rakonek koji se osmatra u najduljem vremenskom razdoblju.



Slika 5: Korelacija mjesečnih izdašnosti izvora Sv. Ivan i Rakonek (u m^3/s) za razdoblje (a) studeni-travanj i (b) svibanj-listopad.

Koristeći te podatke, u VPIŽ-u je bilo moguće odrediti mjesečne deficite u odnosu na poznate potrebe za razdoblje od 1974-2002. g. Na slici 6 prikazan je primjer proračuna godišnjih deficita (godišnji deficit = suma mjesečnih deficita) dobivenih na osnovi mjesečnih analiza za slučaj prognozirane potrošnje u 2051. g. po varijanti 2 povećanja potrošnje vode.

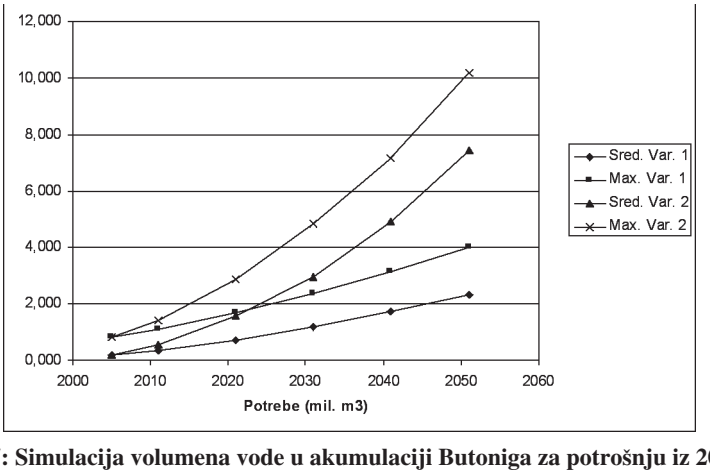


Slika 6: Srednji i maksimalni godišnji deficiti vode za različita planska razdoblja do 2051. g za dvije varijante povećanja potrošnje

Iz prezentiranih rezultata za scenarij planske potrošnje u 2051. godini vidljivo je da bi se bez korištenja alternativnih izvora prosjek deficita na razini IŽ kretao u rasponu od 6,2-10,2 milijuna m3/god, s prosjekom od 7,4 milijuna m3/god. U prosjeku, deficiti bi bili najveći u sustavu Buzet (22,3%), manji u sustavu Pula (17,9%), a najmanji u sustavu Labin (3,5%).

6. 2. Pokrivanje deficita iz akumulacije Butoniga

Procjena mogućnosti pokrivanja utvrđenih deficita izvršena je s pomoću matematičkog modela akumulacije Butoniga na kojem su sprovedene analize vodoopskrbnih mogućnosti na raspoloživom nizu (1974-2001. g) izdašnosti izvora, dotoka u akumulaciju i potrošnji za kritični scenario potrošnje u 2051. godini (varijanta 2), s uključivanjem minimalnog konstantnog cjelogodišnjeg crpljenja od 200 l/s radi tehnoloških razloga. Rezultat modeliranja volumena vode u akumulaciji za mjerodavni scenario prikazan je na slici 7.



Slika 7: Simulacija volumena vode u akumulaciji Butoniga za potrošnju iz 2051. g

Slika 7 pokazuje da bi akumulacija Butoniga mogla kvantitativno zadovoljiti i najveće

potrebe za vodom koje su razmatrane u VPIŽ-u, što upućuje na zaključak da Istra ima dovoljan vodoopskrbni potencijal za samostalno rješavanje vodoopskrbe do 2050. g, čak i uz poštivanje preporuka o poboljšanju upravljanja njezinim radom [5] u svrhu postizanja veće sigurnosti od poplava.

7. OPTIMIZACIJA KORIŠTENJA RESURSA - RAZVOJNI CILJ

Kumulativno tumačenje rezultata svih sprovedenih analiza usmjerilo je VPIŽ k slijedećim zaključcima na kojima je izgrađena strategija za razdoblje do 2020. godine:

- najatraktivnija mogućnost optimizacije rada istarskog regionalnog vodoopskrbnog sustava krije u racionalnijem korištenju postojećih vodnih resursa i izgrađenih vodovodnih sustava, pri čemu prioritetne intervencije do 2020. godine treba usmjeriti u integraciju vodnih resursa, umjesto u daljnju integraciju već dovoljno visoko kapacitiranih dijelova regionalnog distributivnog sustava.
- VPIŽ treba prioritetno usmjeriti k povećanju koristi od već izvedenih investicija u vodovodu Butoniga (akumulacija, zahvat, uređaj za pročišćavanje, transportni cjevovodi), pri čemu se njegovi vodni resursi trebaju učiniti stabilnijima s pomoću osiguranja dobave vode iz više izvorišta s različitim genezama svojih voda.
- Činjenica o sadašnjoj i očekivanoj važnosti vodoopskrbne funkcije akumulacije i vodovoda Butoniga za pazinsko, rovinjsko i najviše za pulsko područje već danas je u potpunom nesrazmjeru s rizicima i problemima s kakvoćom vode s kojima je suočena sama akumulacija Butoniga [6], što je glavni argument da se VPIŽ između dva glavna moguća razvojna pravca regionalnog vodoopskrbnog sustava Istre opredijelio za onaj koji rješava ugentniji problem - razvoj sigurnosti i stabilnosti regionalno značajnih vodnih resursa

Gornji zaključci prirodno su odveli VPIŽ prema slijedećem optimizacijskom prijedlogu:

- s obzirom na očekivano postupno približavanje punom iskorištenju kapaciteta postrojenja Butoniga u sezonskim mjesecima (1000 l/s), ograničenja u crpljenju izazvana neizbježnom sezonskom degradacijom kakvoće vode u akumulaciji nameću potrebu njezinog nadohranjivanja iz preljevnih voda susjednih izvorišta u trokutu Gradole-Bulaž-Butoniga potrebno je planirati spojne magistralne cjevovode Bulaž-Gradole i spojni cjevovod s akumulacijom Butoniga, čime bi se stvorili preduvjeti za ostvarivanje mogućnosti dvosmjenog tečenja iz bilo koje u bilo koju od destinacija u trokutu Gradole-Bulaž-Butoniga.

Dakle, sustavi Gradole i Butoniga bi se povezali dovoljno rano da se izbjegne njihova kasnija prostorna i visinska nekompatibilnost u morfološki razvedenim „nizvodnim“ područjima gdje bi prema [2] bilo potrebno izvesti više kontrolno-regulacijskih objekata (KRO-ova) na njihovim sučeljima. Ovim relativno jednostavnim potezom dobila bi se fleksibilnost u izboru resursa vode za pojedine regionalne pravce vodoopskrbe, minimalno u okvirima poznatih gornjih granica protočnosti postojećih vodovodnih sustava u gravitacijskom režimu rada, a on (barem kad je riječ o gradolskom magistralnom cjevovodu, a pogotovo o butoniškom) nije limitirajući razvojni faktor u dogledno vrijeme, dapače.

S druge strane, na istoku poluotoka u dolini rijeke Raše bitno je sužen prostor za planiranje regionalnog povezivanja labinskog vodovoda u smjeru vodovoda Butoniga do 2020. godine, pa preostaje planirati jedino veći stupanj objedinjavanja resursa u dolini Raše - prvenstveno s ciljem ojačanja i osiguranja resursne baze lokalnog vodovoda, ali i stvaranja osnovnih preduvjeta za bolju regionalnu valorizaciju tih resursa u daljnjoj budućnosti kada se za to pojavi objektivna potreba (iza 2020. godine).

8. ZAKLJUČAK

Ne opterećujući se studijski planiranim stupnjevima integriranosti regionalnog vodoopskrbnog sustava Istre za tzv. konačno stanje, VPIŽ je u planskom razdoblju do 2020. godine optimalnim smatrao onaj stupanj tehničko-tehnološke integriranosti istarskog regionalnog vodoopskrbnog sustava koji s najmanjim intervencijama unosi u postojeći temeljni sustav najveću funkcionalnu promjenu, odnosno otvara primjereno široki prostor toliko željenoj fleksibilnosti koju očito sputava postojeći neracionalni i nefleksibilni način korištenja velikih resursnih (vodnih) bogatstava Istre, koncentriranih u dolinama rijeke Mirne i Raše. Daljnjim ulaganjima u povezivanje resursa mogu se osjetno bolje iskoristiti već izgrađeni transportno-povezni kapaciteti temeljnog sustava, koji su već svladali impozantne prostorne udaljenosti između izvorišnih zona i područja najveće potrošnje vode.

9. LITERATURA

[1] Prostorni plan Istarske županije (SN IŽ 2/02), Izmjene i dopune (SN IŽ 1/05, 4/05)

[2] Vodoopskrbni sustav Istre - idejno rješenje, knjiga 3, Hidroprojekt-ing Zagreb“, 2000. g.

[3] Program prostornog uređenja RH (NN RH 50/99)

[4] Strategija upravljanja vodama - nacrt, Hrvatske vode, 2006. g.

[5] Akumulacija Butoniga - korištenje i upravljanje“, Hrvatske vode VGO Rijeka, 2005. g.

[6] B.H.Černeka: Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga - iskustva tijekom dosadašnjeg rada, Zbornik simpozija „Suvremene tehnologije i uređaji za pročišćavanje pitkih i otpadnih voda“, Poreč, 2006.

Autori:

dr. sc. Nenad Ravlić,[1]

dr. sc. Marijan Babić,[2]

mr. sc. Ivica Plišić, [2]

Branka Beović, dipl. ing. [2]

[1] IGH d.d. PC Rijeka, Slavka Tomašića 5, 51000 Rijeka,

E-mail: *nenad.ravlic@igh.hr* , tel.++385 51 206172, fax. ++385 51 206106

[2] IGH d.d. Zagreb, Rakušina 1, 10000 Zagreb,

E-mail: *marijan.babic@igh.hr*; *ivica.plisic@igh.hr*; *branka.beovic@igh.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.13.

HIDROLOGIJA KRŠKIH PRIOBALNIH IZVORA S PODRUČJA NOVOG VINODOLSKOG I PODVELEBITSKOG PRIMORJA

Josip Rubinić, Tatjana Travica, Igor Ružić, Maja Oštrić

SAŽETAK: Uslijed trenda sve veće litoralizacije, i korištenje priobalnih vodnih resursa u sve većoj mjeri karakteriziraju problemi - kako vezani uz negativne posljedice antropogenog utjecaja na vodne resurse, tako i vezani za potrebu da se zbog povećane potražnje voda eksploatiraju i neki manje pogodni izvori. Prije svega se to odnosi na problem zaslanjenja priobalnih krških vodonosnika i korištenja vodnih resursa koji imaju periodične ili stalnije pojave zaslanjenja njihovih voda. Zbog različitih rubnih uvjeta istjecanja podzemnih voda, različiti su i mehanizmi pražnjenja krških vodonosnika, kao i mogućnost i stupanj njihova zaslanjenja. U predloženom su radu, na primjeru nekoliko krških priobalnih izvora s područja Novi Vinodolski - Podvelebitsko primorje, analizirane osnovne hidrološke značajke njihova vodnog režima, kao i međuodnos dinamike istjecanja njihovih voda i mora. Radi se o izvorima koji su u eksploataciji (Klenovačka žrnovnica), ili su bili neko vrijeme eksploatirani pa napušteni zbog učestalih pojava njihova zaslanjenja (izvorište Bačvice, Duboka, Jurjevačka žrnovnica). Pojedinih se godina, kao npr. analizirane 2003., pojave prodora mora u krški vodonosnik zapažaju i na izvoru Klenovačka žrnovnica. Spomenuti izvori pripadaju drenažnom području s iznimno bogatim vodonosnim zaleđem jadranskog dijela slivova Gorskog kotara, kao i slivova Gacke i Like, s čijim je vodama u radu provedena i usporedba analiziranih priobalnih krških izvora.

KLJUČNE RIJEČI: priobalni zaslanjeni krški izvori, hidrogram, hidrološki režim

HIDROLOGY OF KARSTIC COASTAL SPRINGS IN THE AREA OFNOVI VINODOLSKI AND VELEBIT LITTORAL

SUMMARY: Due to intensifying urbanization of coastal areas, various problems arise regarding the exploitation of nearby water resources. The problems are related to negative anthropogenic impacts on water resources, as well as increased demand of water supply which is sometimes met from less reliable springs. In particular, karstic aquifers can be prone to intrusion of seawater, what renders the linked springs temporarily inapt for exploitation. Probability and severity of intrusions are unpredictable, since boundary conditions for outflow of ground waters allow a variety of aquifer flushing mechanisms. Within this work, we analyzed hydrological characteristics of several springs in the area of Novi Vinodolski and Velebit littoral. We compared the dynamics of spring outflow to seawater level in order to determine the significant intrusion events. All considered springs (Bačvice, Duboka, Jurjevačka žrnovnica) were exploited for some time and

later abandoned because of seawater intrusions, except Klenovačka žrnovnica which is still a part of water-supply. However, even the aquifer linked to Klenovačka žrnovnica occasionally becomes filled with seawater, what happened during the year 2003. (which is analyzed herein). Also, all mentioned springs belong to exceptionally rainy drainage basins of Gorski kotar and Gacka and Lika rivers, whose flows were compared to outflow from the springs.

KEYWORDS: brackish karst springs, hydrograph, hydrological regime

1. UVOD

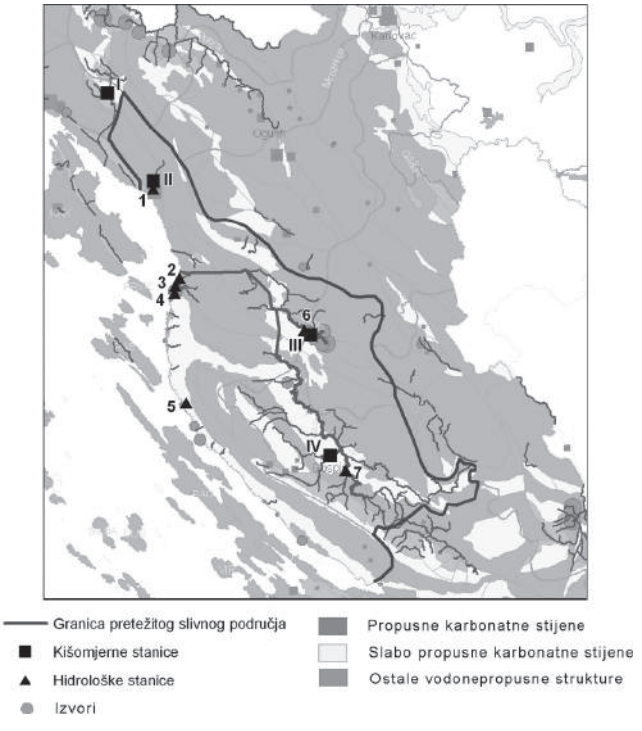
Prisutne globalne procese litoralizacije karakterizira sve više različitih aktivnosti, kao i sve više postojećih i budućih potrošača i onečišćivača na uskom priobalnom području. Raspoloživih i lako pristupačnih zaliha voda primjerene kakvoće ima u priobalju uglavnom malo, a u uvjetima zadovoljavanja pojačanih potreba za vodom većom razinom iskorištenja postojećih priobalnih izvorišta i vodonosnika, za očekivati je i probleme s pojavama zaslanjenja i na lokalitetima na kojima su takve pojave minorne ili se za sada još i ne manifestiraju. Stoga je sigurno da će se rješenja osiguranja dodatnih vodnih zaliha morati tražiti u većem korištenju takvih „prolematičnijih" priobalnih krških izvora i vodonosnika. Radi se o resursima iz kojih se, kombinacijom primjerenih strukturalnih rješenja i njima korespodentnih upravljačkih modela, mogu osigurati dodatne zalihe voda za različite vidove njihova korištenja.

U danom radu obrađeni su osnovni hidrološki aspekti vodnog režima nekoliko važnijih priobalnih izvora s područja Novog Vinodolskog i podvelebitskog primorja. Radi se uglavnom o izvorima koji su uključeni u vodoopskrbni sustav (Klenovačka žrnovnica) ili su pak nekada bili uključeni u takav sustav ili neki drugi vid korištenja njihovih voda (Jurjevačka žrnovnica, Duboka, Bačvice). Zajednička im je značajka utjecaj mora na režim istjecanja, te s time u svezi i rjeđe ili učestalije pojave zaslanjenja zbog kojih se i njihova eksploatacija u danim uvjetima više nije mogla odvijati. Zajednička im je značajka i vrlo slab monitoring stanja hidroloških prilika, tako da se zapravo svi rezultati u danom radu odnose na vrlo kratka i uglavnom nekompletna hidrološka osmatranja tijekom dijela 1989./90. na podvelebitskim izvorima, te dijela 2004./05. i cca 3 kritično sušna mjeseca 2003. na izvorištu Klenovačka žrnovnica. Kako se, kao u slučaju Klenovačke žrnovnice, radi o resursima koji su izuzetno važni pa i nezamjenjivi u postojećem vodoopskrbnom sustavu, ili se pak radi o izvorima koji redovito zaslanjuju ali predstavljaju indikatore stanja hidroloških prilika u široj drenažnoj zoni priobalnog krškog vodonosnika koja je potencijalno interesantna za planiranje novih zahvata voda.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Analizirano područje istraživanja obuhvaća široku zonu istjecanja brojnih priobalnih izvora na potezu Novi Vinodolski - Podvelebitsko primorje (Slika 1). Prema provedenom bilanciranju [3], sr.god. bilanca vodnih resursa toga područja iznosi 133,5 km^2 (Tablica 1), od čega samo 31 m^3s^{-1} voda slivova vodotoka Like i Gacke otječe u more uvjetno rečeno površinskim putem - hidrotehničkim sustavom HE Senj. Sve ostale vode, izuzev kratkotrajnih povremenih bujičnih vodotoka i manjeg dijela oborinskih voda priobalnih zona, dreniraju se podzemnim putem - u vidu niza lokaliziranih i nelokaliziranih priobalnih izvora i širokih zona istjecanja podzemnih voda. Radi se o specifičnom području s vrlo izraženim krškim reljefom i velikim količinama oborinama, a s, izuzev na području krških polja Like, Gacke

i nekim manjih polja na području Like) vrlo slabom razvijenom mrežom površinskih vodotoka, brzom infiltracijom oborinskih voda u podzemlje, velikom otvorenošću priobalnih vodonosnika ka moru kao i utjecajem mora na režim njihova istjecanja.



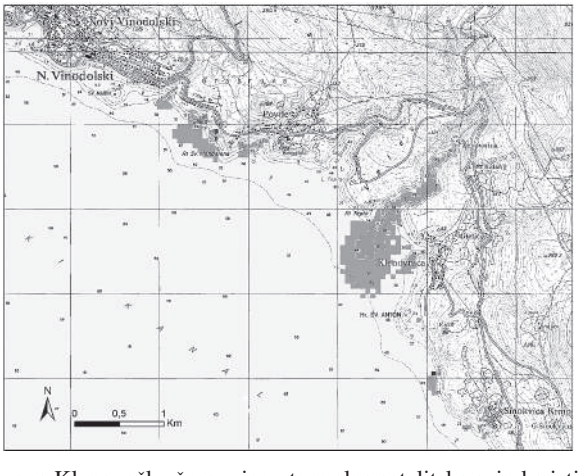
Slika 1: Situacijski prikaz položaja priobalnih izvora, hidrogeologija njihova pretežitog slivnog područja te analizirane kišomjerne i hidrološke stanice na odabranim lokalitetima (Kišomjeri: I - Vrelo Ličanke, II - Ledenice, III - Ličko Lešće, IV - Gospić; Hidrološka praćenja izvorišta: 1 - Klenovačka žrnovnica, 2 - Jurjevo, 3 - Jurjevačka žrnovnica, 4 - Duboka, 5 - Bačvice, Hidrološke stanice na vodotocima: 6 - Čovići Podgora - Gacka, 7 - Bilaj - Lika) - hidrogeološka podloga preuzeta iz radnih verzija VOH-a (Hrvatske vode, 2001)

Tablica 1: Procjena elemenata vodne bilance za slivno područje novljansko - podvelebitskih izvora

Okrupnjeni slivovi	Lika (VII), Gacka (VIII) i priobalje (IX)
Površina sliva (km^2)	3711,80
Srednja godišnja oborina (mm)	1789,00
Prosječni deficit otjecanja (mm)	662,00
Prosječni godišnji otjecajni koeficijent	0,63
Bilancni doprinos sliva (m^3/s)	133,50
Specifična srednja godišnja protoka ($l/s/km^2$)	32,60
Drenirano glavnim površinskim vodotocima (m^3/s)	48
Drenirano glavnim površinskim vodotocima (%)	36

Najvažnije grupe izvorišta su na području Klenovačke žrnovnice (u vodoopskrbnom sustavu za područje Crikvenice i Novog Vinodolskog) i Jurjevske žrnovnice (nekada služila za opskrbu vodom gradilišta HE Senj a susjedni izvor Duboka za napajanje vodonosca za potrebe Golog otoka), a ima i niz drugih južnije lociranih priobalnih izvora od kojih je značajnije izvorište Bačvice koje je nekada služilo za vodoopskrbu otoka Paga. Izuzev Klenovačke žrnovnice kod kojeg se izvorišta problemi sa zaslanjivanjem njegovih voda javljaju samo u izuzetno sušnim hidrološkim prilikama pa je i jedino koje je zahvaćeno za vodoopskrbu sustav, svi ostali spomenuti izvori, kao i niz drugih, imaju redovite pojave zaslanjivanja tijekom godine. Kako su zbog toga otežani uvjeti njihova eventualnog korištenja, unatoč značajne vodne bilance koja ih karakterizira, do sada je bilo vrlo malo organiziranih hidroloških praćenja.

U radu su analizirani podaci iz razdoblja 1989./90. koje je obuhvatilo vodokazna opažanja svih spomenutih izvora [4], i prema kojima je ukupna izdašnost svih koncentriranih dotoka priobalnih izvora Klenovačke žrnovnice 1,26 m^3s^{-1}, izvora Jurjevo 0,022 m^3s^{-1}, Jurjevačke žrnovnice 0,255 m^3s^{-1}, Duboke 0,038 m^3s^{-1}, te izvora Bačvice 0,023 m^3s^{-1}. Kod Klenovačke žrnovnice analizirani su i podaci iz razdoblja 1976.-1985. te ljeta 1993. tijekom kojih su razdoblja također provođena vodokazna opažanja na većini hidroloških profila, kao i iz razdoblja 2004./2005. [4] kada su uspostavljena cjelovita limnigrafska opažanja. No, hidrološkim praćenjima obuhvaćen je samo manji dio bilance istjecanja podzemnih voda na analiziranom području. To se, a što se, na primjeru Klenovačke žrnovnice, najbolje može vidjeti iz termalne satelitske snimke, iz koje je vidljivo da se osim u zoni uvale Žrnovnica, istjecanja podzemnih voda javlja i na niz drugih okolnih priobalnih izvora i vrulja, od kojih mnoga do sada nisu bila niti registrirana (Slika 2).

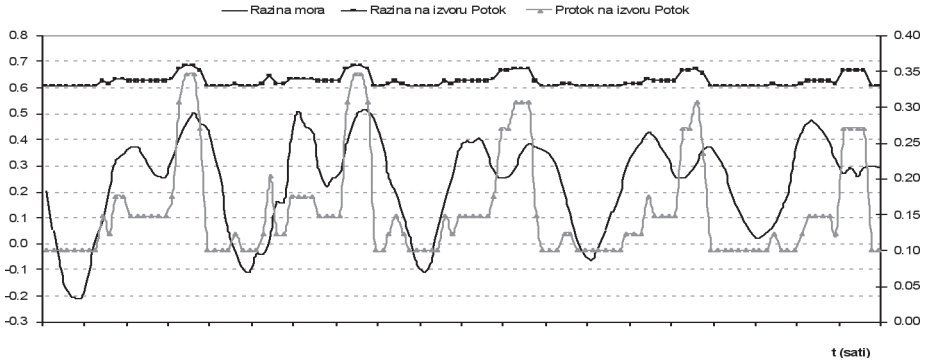


Slika 2: Izvorišna zona Klenovačke žrnovnice - termalna satelitska snimka istjecanja priobalnih izvora i vrulja

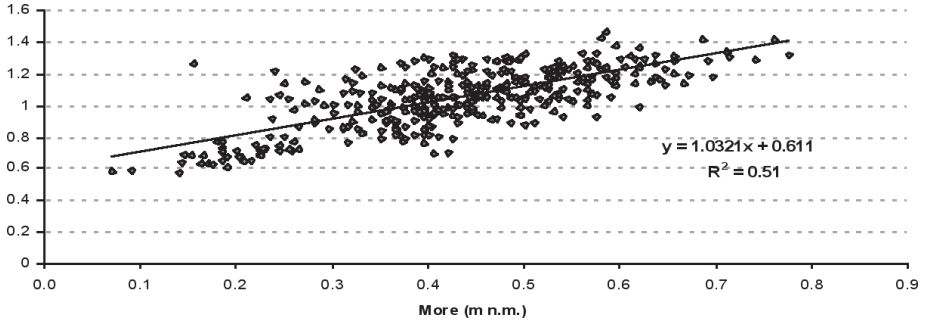
3. REŽIM ISTJECANJA I MEĐUODNOSI VODNE BILANCE PRIOBALNIH IZVORA

Unutardnevni promjenjivi uspor mora bitno utječe i na režim istjecanja svih analiziranih izvora. To je najbolje vidljivo iz Slike 3 na kojoj je dan prikaz hoda kolebanja razine mora, te razine vode i korespodentnih protoka na mjernom mjestu Potok koje obuhvaća

preljevne vode većine pojedinačnih mjesta izviranja i vodozahvata na području Novljanske žrnovnice. Kod nekih izvora, kao što je to slučaj izvora Bačvice (Slika 4), taj je utjecaj evidentan praktički u jednakoj mjeri po čitavoj amplitudi opaženih vodostaja [6].

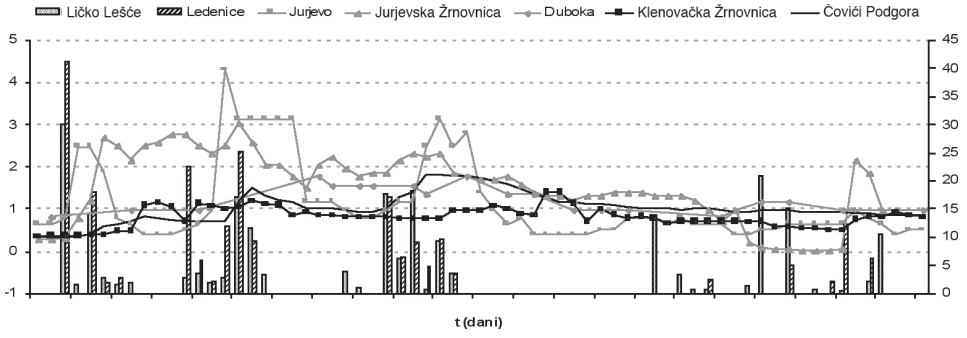


Slika 3: Izvorište Klenovačka žrnovnica - prikaz međuodnosa dinamike kolebanja razine mora, te razine vode i rezultirajućih protoka na lokalitetu Potok (22.7.-26.7.2005.)

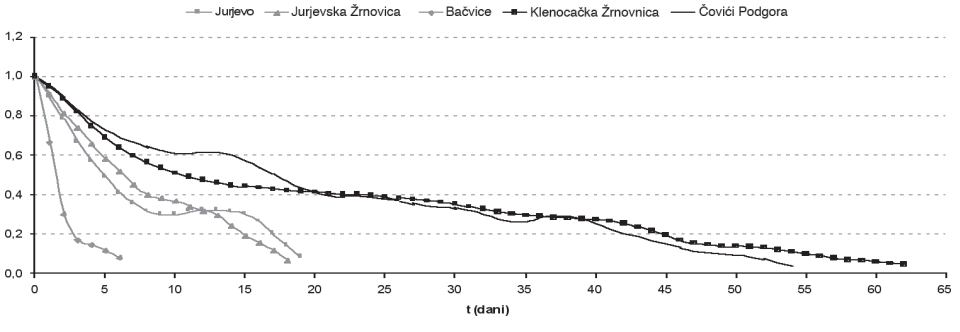


Slika 4: Analiza međuodnosa razina mora i vode na izvorištu Bačvice (1989./90.)

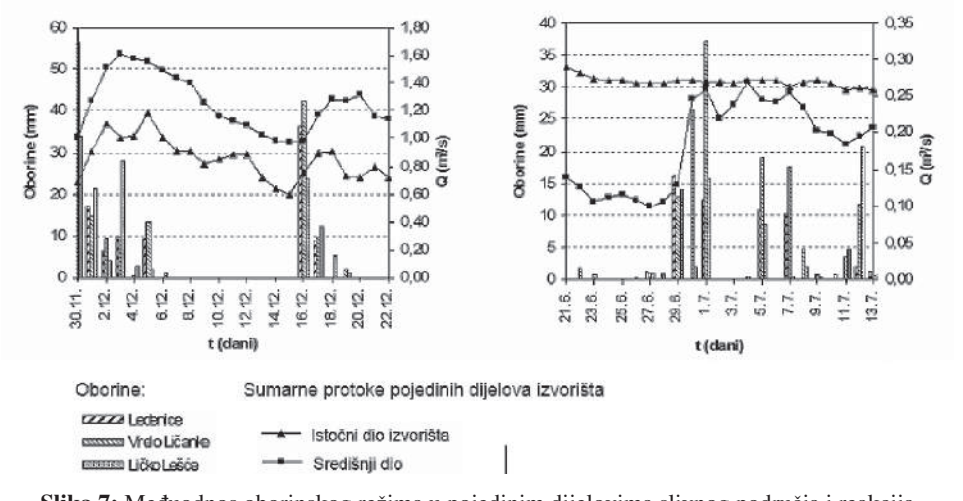
Interesantan je i odnos reakcija priobalnih izvora na promjene hidroloških prilika u slivu, odnosno pojavu značajnijih oborina. Taj je međuodnos, izražen u modularnim vrijednostima dnevnih protoka, dan na Slici 5. Iz njega je vidljivo da veći priobalni izvori, odnosno izvori s većim protokama, imaju i stabilniji režim istjecanja, kao i dulje vrijeme odgovora sustava njihova vodonosnika na pale oborine u slivu. Takvi zaključci proizlaze i iz provedene analize autokorelacijske funkcije (acf) dnevnih protoka pojedinih izvorišta (Slika 6). Ukoliko se usvoji pretpostavka da se kao donji prag značajnosti uzima vrijednost acf = 0,2 [5], utvrđeno je da analizirani izvori imaju vrlo različit režim istjecanja i prihranjivanja voda iz njihovih vodonosnika. Prema tim rezultatima, potvrđeno je da izvor Klenovačka žrnovnica kod koga vrijednost acf pada ispod 0,2 tek nakon cca 45 dana ima vrlo značajne rezerve podzemnih voda u vodonosniku iz koga se prihranjuje, te je po tom režimu vrlo sličan izvorišnoj zoni rijeke Gacke na profilu Čovići Podgora. Izvori Jurjevo i Jurjevska žrnovnica ne da su samo prostorno relativno bliski, nego im je slična i dinamika istjecanja (acf pada ispod 0,2 nakon 15, odnosno 17 dana). Kod izvora Bačvice acf pada ispod 0,2 nakon svega 2-3 dana, a što ukazuje da je režim istjecanja tog izvora pod velikim utjecajem lokalnih prilika, prije svega o razinama mora i utjecaju koga te razine imaju na preraspodjelu istjecanja u široj izvorišnoj zoni.



Slika 5: Međuodnos oborinskog režima (Ličko Lešće, Ledenice) i modularnih vrijednosti protoka analiziranih izvorišta (Jurjevo, Jurjevska žrnovnica, Duboka, Klenovačka žrnovnica) i rijeke Gacke (Čovići Podgora)



Slika 6: Usporedni prikaz autokorelacijskih funkcija (acf) analiziranih izvorišta i rijeke Gacke (Čovići Podgora)

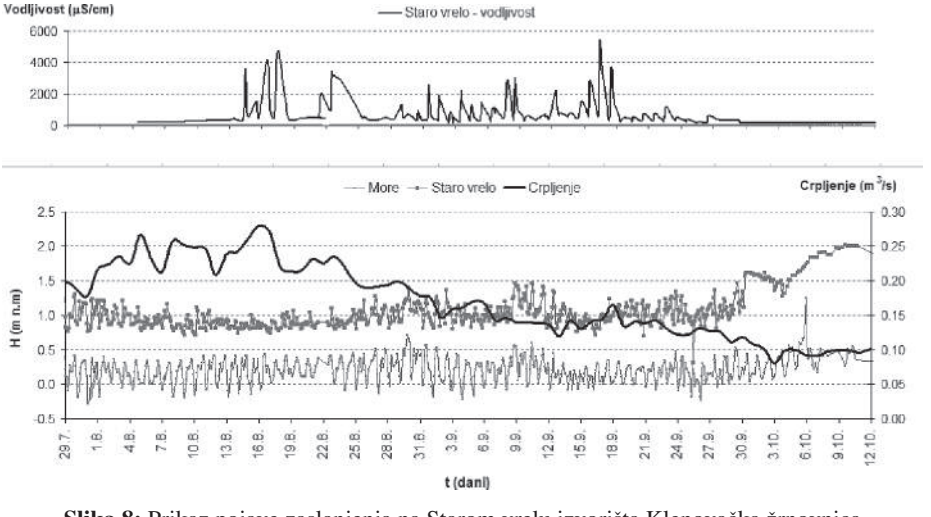


Slika 7: Međuodnos oborinskog režima u pojedinim dijelovima slivnog područja i reakcija pojedinih dijelova izvorišne zone Klenovačke žrnovnice - a) vodno razdoblje (30.11.-22.12.2005.); b) sušnije razdoblje (21.6.-13.7.2005.)

Interesantno je da i pojedini dijelovi izvorišta Klenovačka žrnovnica različito reagiraju na promjene hidroloških prilika u različitim dijelovima sliva. Radi takve ocjene, grupirane su registrirane protoke u središnjoj izvorišnoj zoni toga izvora gdje su kaptaže Staro i Novo vrelo kao i povremeni izvor Sušica, te protoke registrirane na istočnom dijelu izvorišne zone - stalnom izvorišnom ogranku Čardak te povremenom Mlinica. Vidljivo je da tijekom vodnoga razdoblja postoji vrlo sličan hod njihovih hidrograma, kao i reakcije na pale oborine (Slika 7a). No, tijekom sušnog razdoblja, vidljivo je da postoje i različite reakcije u pojedinim dijelovima izvorišta na pale oborine. Tako (Slika 7b) središnji dio izvorišne zone vrlo brzo reagira na pale oborine u zaleđu (Ledenice) i slivu Ličanke (Vrelo Ličanke), dok istočni dio ne samo da ne reagira na njih, nego nisu vidljive niti reakcije na (nešto manje) oborine registrirane u slivu Gacke (Ličko Lešće). Vidljivo je da dotoke registrirane na istočnom dijelu izvorišne zone karakterizira stabilnost, odnosno sporije pražnjenje vodonosnika.

4. POJAVA ZASLANJENJA IZVORIŠTA

Zaslanjenja priobalnih izvora ograničavaju mogućnost njihova korištenja za vodoopskrbu. Eklatantan primjer toga je izvorište Bačvice, gdje je unatoč izvedenom kaptiranju, injektiranju pa i izgrađenom podvodnom cjevovodu ka otoku Pagu, eksploatacija nakon nekoliko godina morala biti prekinuta početkom devedesetih prošlog stoljeća zbog učestalih pojava zaslanjenja višestruko većih od dozvoljenih za pitke vode.



Slika 8: Prikaz pojave zaslanjenja na Starom vrelu izvorišta Klenovačka žrnovnica (29.7.-12.10.2003.)

Različiti izvori, s obzirom na različit režim pražnjenja njihova krška vodonosnika, kao i različite uvjete istjecanja u priobalju, imaju i različit režim zaslanjivanja. Kako svi osim Klenovačke žrnovnice redovito zaslanjuju, ali nisu uključeni u vodoopskrbni sustav, razumljivo je da su s aspekta korištenja voda najinteresantnija zaslanjenja na tom izvorištu. Ona se događaju samo tijekom izuzetno sušnih prilika kakve su karakterizirale i 2003.g., kada su takva zaslanjenja i posljednji put registrirana. Karakter suše je na temelju analize pojava oborina u slivu ocijenjen s vjerojatnošću pojave od 20-50 godišnjeg

povratnog perioda. Radi se o izvoru kojemu je koncesijski kapacitet 0,410 m3s-1, a kojemu je izdašnost tijekom sušnog razdoblja te godine prepolovljena, a gdje je povećanje količina crpljenja s oko 0,200 na 0,250 m3s-1 koincidiralo s prvom pojavom zaslanjenja u središnjoj izvorišnoj zoni - vodozahvatima Staro i Novo vrelo. Na slici 8 dan je prikaz zaslanjenja na Starome vrelu kod kojega je el. vodljivost od početnih 205 µS/cm, nakon nekoliko oscilacija vodljivosti povezanih s hidrološkim prilikama i količinama crpljenja, dne 16.9.2003. poprimila maksimalnih 5430 µS/cm (Slika 8). Slično, ali s vremenskim pomakom, zaslanjenje je zabilježeno i na lokaciji vodozahvata Novog vrela. Očito je da u središnjoj izvorišnoj zoni, gdje su i niže razine istjecanja podzemnih voda jače izražen kontakt slatkih i slanih voda, odnosno labilnija njihova ravnoteža. Nasuprot tome, istočni dio izvorišne zone (izvor Čardak) pokazuje stabilniju ravnotežu u zoni njegova istjecanja.

5. ZAKLJUČCI

Provedene analize priobalnih izvorišta na području Novi Vinodolski - podvelebitsko primorje ukazuju na svu složenost režima njihova prihranjivanja i istjecanja. Utvrđen je naglašen utjecaj mora na uvjete istjecanja, ali i režim njihova zaslanjivanja. Najveće izvorište - Klenovačka žrnovnica ima vrlo široko područje prihranjivanja, a što se manifestira i u različitim ponašanjima - odzivima u smislu promjena i režima istjecanja protoka pojedinih dijelova izvorišne zone na promjenu hidroloških prilika u različitim dijelovima sliva. Isto tako, utvrđeno je i da na različitim dijelovima izvorišta postoje različiti uvjeti ravnoteže slanih i slatkih voda.

6. LITERATURA

1. Građevinski fakultet Rijeka (2005): Hidrološki radovi na izvorištu Žrnovnica (nos. zad. Rubinić, J.), Rijeka, nepubl.
2. Hrvatske vode (2001): Vodnogospodarska osnova Hrvatske (radni materijali). Zagreb, nepubl.
3. Hrvatske vode VGO Rijeka (2002): Vodnogospodarska osnova Hrvatske - Hidrološka studija za vodno područja primorsko-istarskih slivova - knj.1 (nos. zad. Rubinić, J.), Rijeka, nepubl.
4. JVP istarskih slivova (1991): Akumulacija Kosinj - registracija nultog stanja korespodentnih izvora u priobalju /1989.-90./ (nos. zad. Rubinić, J.), Labin, nepubl.
5. Mangin, A. (1994): *Karst hydrogeology.* In: Stanford, J., Gilbert, J., Danielopol, D., ed. Groundwater Ecology. Academic Press, 43-67.
6. Travica, T. (2006): Hidrološka analiza izvora Klenovačka žrnovnica i priobalnih podvelebitskih izvora. Diplomski rad. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci. Rijeka, nepubl.

AUTORI:

Rubinić Josip[1], Travica Tatjana[2], Ružić Igor[1], Oštrić Maja[3]

[1] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci,
51.000 Rijeka, V.C.Emina 5, jrubinic@gradri.hr

[2] Hidro consult d.o.o. 51.000 Rijeka, Franje Čandeka 23b 51.000 Rijeka, tatjana.travica@ri.t-com.hr

[3] Hrvatske vode, VGO Rijeka, 51.000 Rijeka, Đ.Šporera 5, Maja.Ostric@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.14.

PRIMJENA GEOSTATISTIČKIH ANALIZA NA PRIMJERU KRŠKE AKUMULACIJE PONIKVE

Josip Rubinić, Maja Oštrić, Bojana Horvat

SAŽETAK: Akumulacija Ponikve ima posebno značenje za vodoopskrbu otoka Krka i predstavlja najznačajniji raspoloživi otočki vodni resurs. Zbog stalnih potreba za novim količinama vode postoje planovi o povećanju mogućnosti korištenja voda na lokalitetu Ponikava koji su vezani uz nadvišenje postojeće brane kao i nove zahvate podzemnih voda po obodu akumulacije. Pri tome je pitanje odnosa akumulacije Ponikve i podzemnih voda na njenom širem prostoru ključno za pridobivanje novih eksploatabilnih vodnih zaliha. U ovom radu napravljen je pokušaj da se raspoloživi podaci o razinama podzemnih voda na postojećem sustavu piezometarskih osmatranja generaliziraju na širem utjecajnom prostoru, te na taj način osiguraju dodatne podloge koje će omogućiti primjerenu interpretaciju funkcioniranja akumulacije Ponikve. Pri tome je korišten softverski programski paket ArcGis 8.3., odnosno njegova ekstenzija Geostatistical Analys. Na osnovu provedenih analiza utvrđeno je da su za velikih voda piezometri uz obod akumulacije pod njezinim neposrednim utjecajem. U uvjetima dugotrajnijih sušnih razdoblja postoji izražena zona gubitaka prema aktivnoj ponornoj zoni i po većem dijelu lijevoga boka akumulacije. To je posebno važna činjenica, posebno iz razloga što je zbog planiranog nadvišenja kote praga preljeva u akumulaciji moguća i promjena hidrauličkog potencijala u odnosu na sadašnje stanje, a što bi u određenim hidrološkim uvjetima moglo izazvati bočno otjecanje i povećane gubitke vode iz akumulacije.

KLJUČNE RIJEČI**:** geostatističke analize, razine podzemne vode, akumulacija Ponikve, gubitci vode

APPLICATION OF GEOSTATISTICAL ANALYSIS ON THE PONIKVE KARST RESERVOAR

SUMMARY: Ponikve reservoir has a special significance in water supply of Krk Island, presenting the most important water resource of the island. Due to constant needs for new quantities of water there exist plans for increasing possibilities of using Ponikve waters. These plans are related to superelevation of the existing dam as well as new intakes of groundwaters in the boundary of the reservoir. The key issue of gaining new exploitable water supplies is the relationship between the Ponikve reservoir and the groundwaters in its broader area.

This paper presents an attempt to generalize existing data of groundwater levels in the broader drainage area, thus ensuring additional basis that would facilitate appropriate interpretation of the functioning of the Ponikve reservoir. Software used in the process

was ArcGis 8.3. program package, namely Geostatistical Analyst extension.

Results of performed analysis showed that piezometers in the perimeter of the reservoir are under its direct influence during high water levels. In the conditions of long-term arid periods losses are expressed towards the active swallow hole zone and in the most part of the left boundary of the reservoir. This fact is of particular importance due to planned superelevation of the dam and possible change in hidraulic potential in comparison to present state, which could lead to lateral drainage and increased losses of water in the reaservoir.

KEYWORDS: geostatistical analysis, groundwater levels, Ponikve reservoir, water losses

1. UVOD

Akumulacija Ponikve jedna je od prvih akumulacija na regionalnim krškim prostorima koja je formirana za regulaciju otjecanja podzemnih voda kako bi se tijekom kritičnih ljetnih sušnih razdoblja moglo osigurati veće količine podzemnih voda u odnosu na prirodno raspoložive u kaptažnoj galeriji Vela Fontana izgrađenoj u neposrednoj blizini akumulacije - u zaleđu istoimenog izvora.

Postojećim se zahvatima vode na otoku Krku osigurava oko 60% - 70% trenutnih zahtjeva za vodom. Akumulacija Ponikve ima posebno značenje za vodoopskrbu otoka i predstavlja najznačajniji postojeći raspoloživi otočki vodni potencijal (prema koncesiji, dozvoljeno korištenje iz zahvata u Ponikvama iznosi do vrijednosti sr.god. protoke od ukupno 85 l/s). Vodoopskrbni sustav otoka Krka iz vlastitih izvora koristi u prosjeku oko 130 l/s godišnje, pri čemu je tijekom ljeta potrošnja nekoliko puta veća od zimske [1]. Potrošnja je danas u graničnim uvjetima mogućnosti izvorišta pitke vode na otoku. Radi rješavanja tog problema, u tijeku je realizacija planiranog dovoda vode s kopna od 125 l/s preko postojećeg industrijskog cjevovoda, ali se istovremeno traže i rješenja povećanja eksploatabilnih otočkih rezervi koje se sada koriste svega oko 1,5% u odnosu na ukupne potencijale [9].

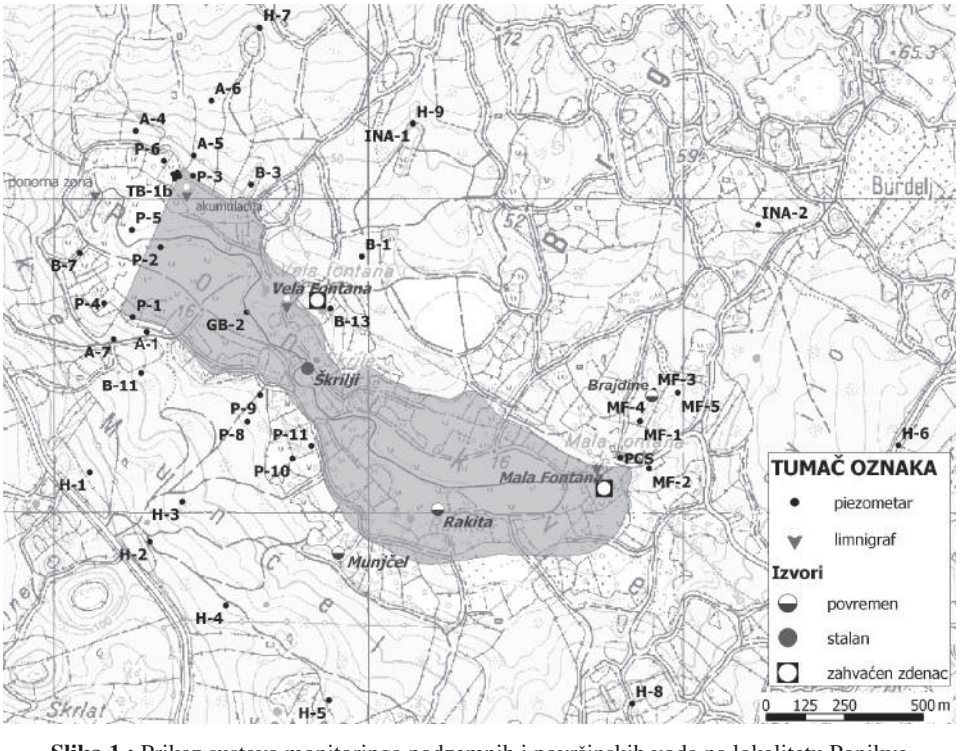
2. OPĆE GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE OTOKA KRKA I MONITORING PODZEMNIH VODA

Otok Krk izgrađuju karbonatne stijene kredne i eocenske starosti, kao dijelom i klastične eocenske naslage i kvartarne naslage. Središnji dio otoka izgrađen je od vapnenaca, vapnenačkih breča i dolomita donjokredne starosti, na kojima je nakon zone prelaznih dolomitnih breča taložen karbonatni kompleks gornjokredne starosti, koji se sastoji od izmjene vapnenaca, dolomita i rudistnih vapnenaca. Prijelaz u tercijar je transgresivan s taloženjem vapnenaca, koji postepeno prelaze u klastite i puni razvoj fliških stijena. Ima i pojava gruboklastičnih breča eocen - oligocenske starosti dok su kvartarne naslage uglavnom nanosi krških polja kao što su Ponikve i Njivice. Osnovno obilježje tektonske građe predstavljaju strukture dinarskog smjera pružanja s izmjenom antiklinalnih i sinklinalnih formi. Izrazita antiklinalna struktura s donjokrednim brečama u jezgri izgrađuje teren šireg područja Ponikve (Malinska-Ponikve-Punat), a dominantna sinklinalna struktura je uzdužna flišna dolina koja se u jednom dijelu potpuno suzuje, a na području Bašćanske doline širi.

Reljef je odraz karakteristika zastupljenih naslaga, strukturne građe, hidrogeoloških

osobina stijena te hidroloških i klimatskih prilika. Dominira tipični krški reljef u kojem se ističu dvije depresije: Ponikve i Njivice, gdje se nalaze sadašnje najznačajnije vodne pojave i izvorišta vodoopskrbe - Jezero kod Njivica te akumulacija Ponikve. One dreniraju središnji karbonatni dio otoka s jugozapadne strane uzdužne fliške doline koja razbija ovu dominaciju krškog reljefa. Bitna značajka karbonatnih terena je i dobra upojnost pa se oborine u potpunosti infiltriraju u podzemlje i dreniraju prema moru podzemnim putem, dok se površinski, bujični tokovi javljaju u flišnoj dolini.

Lokalitet Ponikava (Slika 1) je prostor na kojem su u zadnjih dvadesetak godina provođena najopsežnija praćenja dinamike kolebanja razina podzemnih voda, vezano uz formiranje akumulacije i optimalizaciju izbora mjesta zahvata podzemnih voda. Vidljivo je da postoji velik broj piezometarskih bušotina, posebice na lokaciji pregradnog profila i ponorske zone gdje su i promjene gradijenta podzemnih voda relativno najveće. Uz razine podzemnih voda, limnigrafski se prate i razine vode u akumulaciji, ponorskoj zoni, kao i u vodozahvatima Vela i Mala fontana. Opažanja piezometara u uvali Ponikve započela su 1965. godine, a kasnije je opažačka mreža sukcesivno i proširivana, ovisno o napredovanju radova na ostvarenju akumulacije Ponikve. Problem je što dinamika praćenja uglavnom nije imala stalni kontinuitet i učestalost, pa je bilo i dugotranijih prekida motrenja, ili su se ona provodila u nekom reduciranom opsegu, bez međusobne usklađenosti.



Slika 1.: Prikaz sustava monitoringa podzemnih i površinskih voda na lokalitetu Ponikve

Od 1986. uspostavljen je stalni sustav monitoringa od strane Vodovoda Ponikve koji se i dalje postupno širi vezano uz uspostavu novih piezometara. Naime, pokazalo se da je nekadašnji sustav praćenja (prije izgradnje akumulacije) bio nedostatan u novim uvjetima

jer su piezometri iz tog razdoblja preblizu same akumulacije. Zbog toga je najnovija grupa piezometara (H i MF serije) formirana na nešto značajnijoj udaljenosti od akumulacije kako bi se bolje sagledali generalni gradijenti podzemnih voda na tom prostoru. Učestalost opažanja razina podzemnih voda varira, i uglavnom iznosi između jednom tjedno do jednom u petnaestak dana. To je nedovoljno za preciznije analize osjetljivosti reakcije vodonosnika na trenutne lokalne hidrološke prilike, ali ipak vrlo korisno za globalna razmatranja dinamike kolebanja razina podzemnih voda.

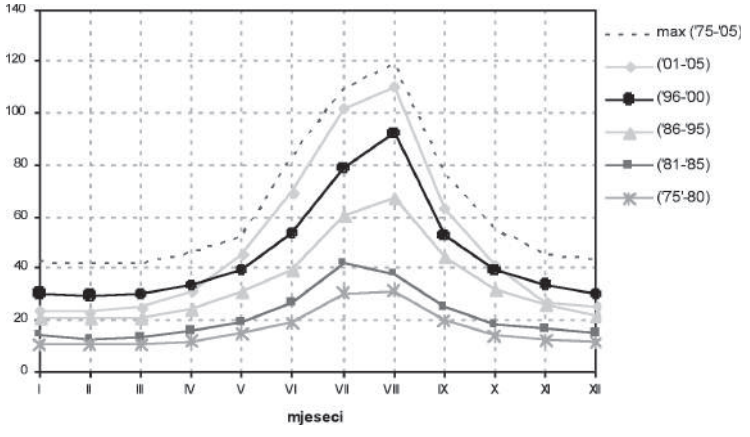
3. FORMIRANJE I RAZVOJ IZVORIŠTA I AKUMULACIJE PONIKVE

Područje Ponikava predstavlja kršku uvalu dugačku oko 2000 m, a široku između 150 i 450 m (*Slika 1*). Dno te depresije izgrađeno je od kvartarnih naslaga debljine do oko 44 m [2]. Obzirom na takav geomorfološki oblik i visinski položaj, lokalitet Ponikava predstavlja bazu lokalnog tečenja prema kojoj dotječu podzemne i površinske vode s okolnog slivnog područja. Na najnižem dijelu uvale je izrazita ponorska zona s najnižom kotom od oko 7 m n.m. Provedenim trasiranjima je utvrđeno da se vode koje tu poniru javljaju na cca 5 km udaljenim pripadajućim priobalnim izvorima na području Malinske. Pojava boje u podzemnoj vodi uzduž cijelog sjeveroistočnog oboda polja potvrđuje postojanje prirodne podzemne retencije uvjetovane tektonskom razlomljenošću i okršenošću karbonatnih stijena.

U Ponikvama je prvi, još 1938. godine, kaptiran izvor Mala Fontana, a 1961. na ovu crpnu stanicu priključeni su izvori Vela Fontana i Škrilji. Godine 1967. izgrađen je galerijski zahvat Vela Fontana u središnjem dijelu depresije Ponikava - neposredno u zaleđu izvora Vela Fontana. Za visokih vodostaja zbog većih dotoka od kapaciteta odvoda (ponora) u dolini se je prije izgradnje brane i ostvarenja akumulacije stvarala prirodna retencija, koja je ovisno o hidrološkoj godini trajala od 3 do 6 mjeseci. Da bi se usporilo otjecanje površinskih voda prema ponorskoj zoni, te time dulje vrijeme zadržale više razine podzemne vode tijekom ljetnih mjeseci, započelo se s odvajanjem ponorne zone. 1982. formirana je privremena pregrada s razinom preljeva na koti od 16, a 1987. dovršena je izgradnja I faze nove brane, s kotom preljeva od 19,10 m n.m. pri kojoj joj volumen iznosi oko 2,1 milijun m^3.

Razvoj površinske akumulacije Ponikve, imao je utjecaj na povećanje količine crpljenja zahvata Vela fontana (s početnih 25 l/s prije izgradnje brane na 84 l/s neposredno nakon izgradnje), ali i pogoršanje kakvoće zahvaćene vode zbog sve veće infiltracije vode iz akumulacije u vodozahvat tijekom sušnih razdoblja. Takav način forsiranog korištenja vodozahvata Vele fontane doveo je do povećanja količine crpljenja, čak i do dnevnoga prosjeka od 143 l/s, odnosno mjesečnog prosjeka od 119 l/s koliko je zabilježeno u kolovozu 2004 (*Slika 2*), ali i pogoršanje kakvoće vode u vodozahvatu inače prvotno planiranom samo za zahvat podzemnih voda, bez naknadnog kondicioniranja. Dodatni je problem razvijeni proces eutrofikacije i pogoršanje kakvoće vode u površinskoj akumulaciji [5], koji međuodnos površinskih i podzemnih voda na tom prostoru dodatno osložnjava. Tijekom 2005. pušten je u rad novi uređaj za kondicioniranje vode na Ponikvama.

Postoje i planovi [2,3] o povećanju mogućnosti korištenja voda na lokalitetu Ponikava koji su vezani uz nadvišenje postojeće brane (do kote 23,15 m n.m.) kao i novim zahvatima podzemnih voda po obodu akumulacije. No, prisutne su i dvojbe u pogledu uspješnosti ostvarenja takv(og)ih koncepta, kao i osiguranja tako predvidivih povećanja količina crpljenja [8].



Slika 2.: Povećanje količina crpljenja vode iz vodozahvata na Ponikvama

4. METODOLOGIJA PROSTORNIH OBRADA HIDROGEOLOŠKIH PODATAKA

Iz danih prethodnih konstatacija, vidljivo je postoji vrlo izražen međuodnos podzemnih voda i akumulacije na analiziranom prostoru. Budući da problematika dinamike kolebanja podzemnih voda u ovako složenim i nehomogenim uvjetima, kao što je analizirani prostor, prelazi okvire ovog rada, namjera je bila da se na primjeru Ponikava pokažu samo neke od pogodnosti primjene geostatističkih prostornih metoda za analizu podzemnih voda. Naime, do sada su u analizama podzemnih voda na tom prostoru korištene standardne metode profilskih sagledavanja za karakteristične presjeke na osnovu podataka o razinama podzemnih voda u piezometarskim bušotinama i iz njih izvedenih gradijenata podzemnih voda. Prostorna sagledavanja gubitaka bila su pak uglavnom ograničena na pribransku zonu akumulacije [2, 3, 4]. Obzirom na nedostatnu prostornu pokrivenost podacima o kolebanjima razina podzemnih voda u široj zoni akumulacije Ponikve, do sada se takve analize nisu mogle primijeniti već su iste ograničene na neposredno okruženje akumulacije. Stoga je, na osnovu postavki iz rada Oštrić [7] u nastavku napravljen pokušaj da se raspoloživi podaci o razinama podzemnih voda prostorno interpretiraju na širem utjecajnom prostoru. Pri tome je korišten je softverski programski paket ArcGis 8.3., odnosno njegova ekstenzija Geostatistical Analyst - Geostatistički analizator. No, valja naglasiti, da se radi samo o inicijalnoj konceptualno postavljenoj prostornoj interpretaciji, a koja se na prostornoj skali sigurno ne poklapa sa stvarnim međuodnosima razina podz. voda u danim nehomogenim uvjetima, i za takve prilike nedostatnim brojem piezometarskih podataka.

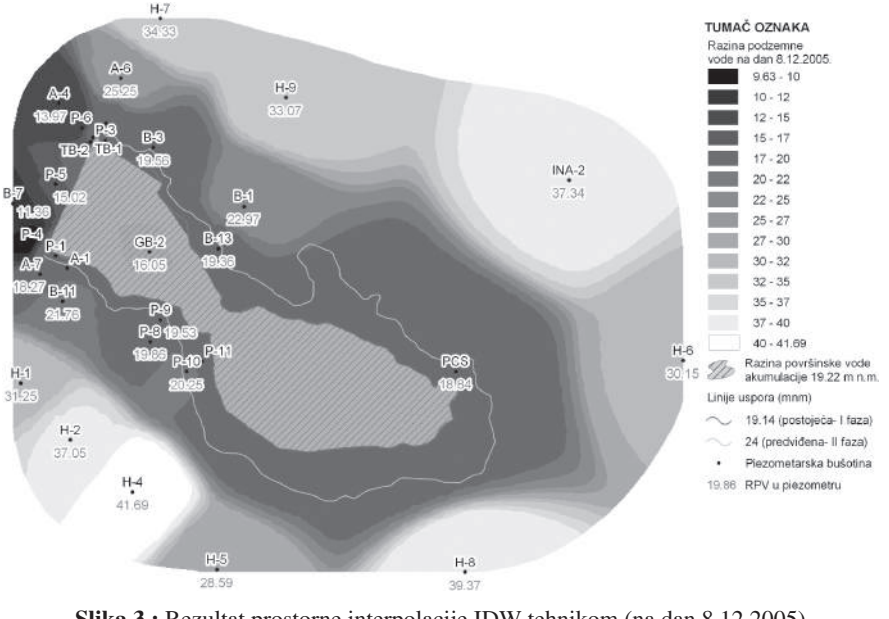
Geostatistički analizator koristi točke uzorkovanja uzete na različitim lokacijama i interpolira kontinuiranu plohu. Točke uzorkovanja predstavljaju mjerenja nekih svojstava (u ovom slučaju RPV). Postoje dvije grupe tehnika interpolacije: determinističke i geostatističke. Determinističke tehnike koriste matematičke funkcije prilikom interpolacije, dok se geostatističke metode dominatno oslanjaju na statistička svojstva izmjerenih vrijednosti u točkama.

U ovom radu rađena je prostorna interpolacija podataka o razinama podzemnih voda IDW tehnikom.

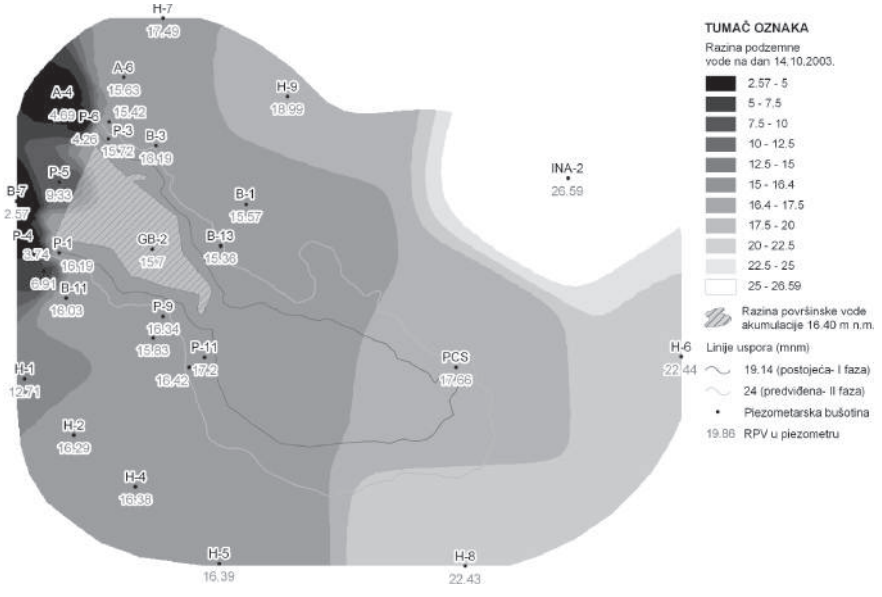
IDW (Inverse Distance Weight) tehnika temelji se na pretpostavci da su točke koje su bliže jedna drugoj sličnije od onih koje su udaljenije. Da bi predvidio vrijednost na neizmjerenoj lokaciji IDW koristi poznate vrijednosti koje okružuju lokaciju predviđanja. One izmjerene (poznate) vrijednosti bliže lokaciji predviđanja imat će više utjecaja (IDW im daje veću težinu) na predviđenu vrijednost od onih udaljenijih. Postoji nekoliko parametara modela koje je potrebno odabrati, a to su:

- Potencijalna funkcija (power function)- optimalna vrijednost potencijala određena je minimiziranjem srednje kvadratne greške predviđanja (RMSPE). RMSPE je sumarni statistički podatak koji kvantifcira grešku predviđene plohe. Geostatistički analizator koristi više različitih potencija u IDW-u da bi identificirao vrijednost koja rezultira minimalnim RMSPE- om.
- Okolina pretraživanja (The search neighborhood). Uobičajena je praksa da se ograniči broj izmjerenih podataka koji se koriste za predviđanje nepoznate vrijednosti na nekoj lokaciji. Ograničavanje broja radi se definiranjem okoline pretraživanja. Okolina pretraživanja definira se oblikom (kružnica- za podatke kod kojih nije bitan smjer ili pravac, elipsa- za one podatke gdje je važan smjer), i brojem točaka koje će se koristiti za interpolaciju.

Na temelju raspoloživih podataka o praćenjima razina podzemnih voda u nekoliko karakterističnih hidroloških situacija napravljena je prostorna interpolacija determinističkom tehnikom IDW-a. Korišteni su podaci o razinama podzemne vode nakon formiranja akumulacije u dvije karakteristične hidrološke situacije - u uvjetima visokih i niskih razina podzemnih voda. Pri tome su uzeti slijedeći parametri modela (okolina pretraživanja definirana je krugom i brojem točaka: 15 ili najmanje 10; i optimizirane vrijednosti potencijalne funkcije za koje je srednja kvadratna greška najmanja). Optimizirana vrijednost potencijalne funkcije za podatke o razinama podzemne vode u uvjetima visokih razina podzemnih voda (na dan 8.12.2005) p=9.55 (*Slika 3*), a pri stanju niskih razina podzemnih voda (na dan 14.10.2003) iznosi p= 7.7 (*Slika 4*).



Slika 3.: Rezultat prostorne interpolacije IDW tehnikom (na dan 8.12.2005)

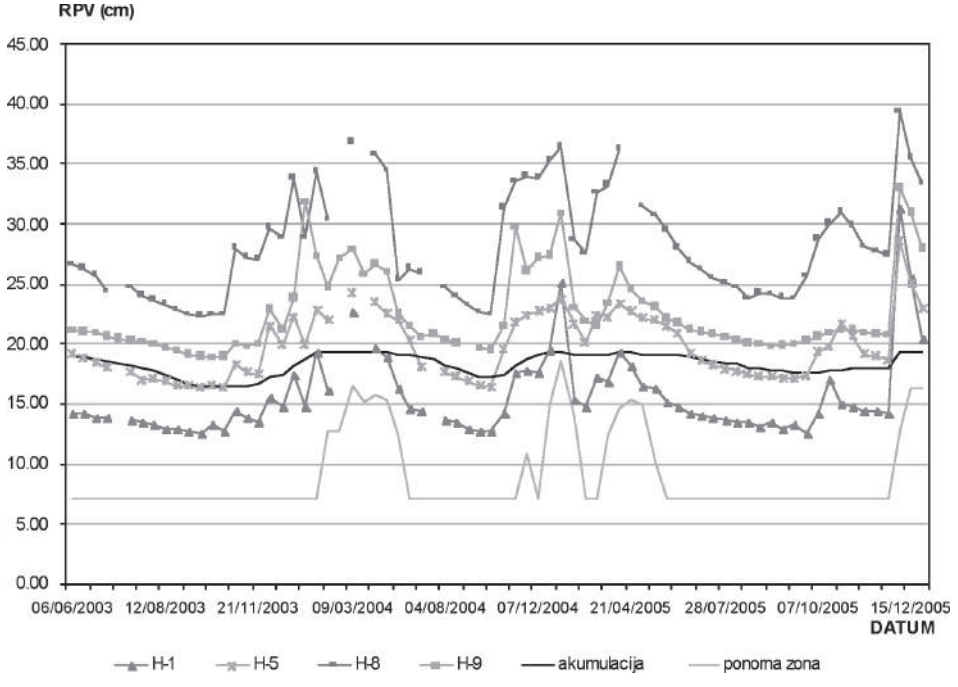


Slika 4.: Rezultat prostorne interpolacije IDW tehnikom (na dan 14.10.2003)

5. INTERPRETACIJA GEOSTATISTIČKIH PROSTORNIH ANALIZA I REZULTATI ANALIZA KOLEBANJA RAZINA PODZEMNIH VODA

Razine podzemnih vode u Ponikvi su općenito porasle nakon formiranja stalne akumulacije u odnosu na prirodno stanje. Piezometri uz obod akumulacije i njenu ponorsku zonu su pod njezinim neposrednim utjecajem. Dakle akumulacija ih direktno prihranjuje, što znači da postoji neposredna veza izmedu razine vode u akumulaciji, u tim piezometrima, podzemnoj galeriji Vela fontana, kao i ponorskoj zoni. Provedena preliminarna analiza promjene režima podzemnih voda koje je nakon 1986. tj. nakon izgradnje I faze brane, prouzročila akumulacija provedena su na osnovu osmotrenih nizova podataka o podzemnim vodama do tada izvedenih piezometara, tj. prije izgradnje akumulacije [6, 10]. U tim je radovima ukazano da se glavna područja prihranjivanja nalaze u zaleđu kaptaža Mala i Vela fontana, gdje su i locirani piezometri B-4, B-1, B-13 i B-3. Glavna zona otjecanja nalazi se u morfološki vrlo izraženoj ponorskoj zoni na sjeverozapadnoj rubu doline (grupa piezometara A-4, B-2, B-7, B-8, P-5, P-6), kao i na području lijevog boka pregradnog profila (grupa piezometara A-7, GF-1, P-4). No, upozoreno je da je moguće očekivati i postojanje gubitaka po puno širem prostoru lijevog boka akumulacije i uzvodnije od pregradnog profila, a što u slučaju planiranog nadvišenja brane nosi i nove rizike od povećanja gubitaka i u toj zoni, kao i preusmjeravanja tokova podzemnih voda u široj zoni prihranjivanja i otjecanja iz akumulacije.

Rezultati praćenja novouspostavljenih piezometara H-grupe, potvrdili su takve pretpostavke. Na *Slici 5.* dan je prikaz kolebanja razine vode na odabranom broji tih novijih i od akumulacije udaljenijih piezometara (Piezometri H i MF serije). Vidljivo je da u uvjetima dugotrajnijih sušnih razdoblja postoji vrlo izražena zona gubitaka, i to ne samo s gradijentima iz zone pregradnog profila ka aktivnoj ponorni u obližnjoj depresiji, već i po velikom dijelu lijevoga boka akumulacije (piezometri H-1, H-2, H-4, H-5).



Slika 5.: Prikaz kretanja razina podzemnih voda u akumulaciji Ponikve i odabranim piezometrima tijekom razdoblja 2003-2005.

Takva je sagledavanja dinamike kolebanja razina podzemnih voda puno zornije i prostorno vizualizirati u okviru prikazanih geostatističkih analiza za odabrane situacije visokih (*Slika 4*) i niskih (*Slika 5*) voda. Vidljivo je da u vrijeme visokih voda gradijenti dreniranja podzemnih voda ka akumulaciji postoje uokolo čitavog prostora akumulacije izuzev ponorske zone. No, u sušnim razdobljima vidljivo je da su dotoci ograničeni na područje sjeveroistočno i istočno od akumulacije, a da sama akumulacija svojim usporom diktira razinu podzemnih voda u vodonosniku južno od akumulacije gdje se, posebno u jugozapadnom dijelu, javljaju i gradijenti koji ukazuju na pražnjenja voda i iza akumulacije na širokom frontu uzvodnije od pregradnog profila. To potvrđuje da je prije planirane odluke o podizanju razine brane potrebno provesti detaljnija hidrogeološka sagledavanja mogućih gubitaka na širem prostoru akumulacije.

6. ZAKLJUČAK

Provedene analize u danom radu potvrdile su dvije okolnosti - da je primjena geostatističkih metoda vrlo korisna prilikom provedbe analiza dinamike kolebanja podzemnih voda, kao i da se na širem prostoru jugozapadnog dijela analizirane akumulacije Ponikve tijekom sušnog razdoblja javlja šira, i do sada nedovoljno respektirana zona gubitaka vode iz akumulacije. Ta bi se činjenica trebala uzeti u obzir, posebno iz razloga što je zbog planiranog nadvišenja kote praga preljeva u akumulaciji moguća i promjena hidrauličkog potencijala u odnosu na sadašnje stanje, a što bi u određenim hidrološkim uvjetima moglo izazvati bočno otjecanje i povećane gubitke vode iz akumulacije.

Akumulacija i njezin krški vodonosnik predstavljaju respektabilan vodni resurs na kome su postojeći zahvati na usporavanju otjecanja površinskih i podzemnih voda omogućili veći stupanj iskorištenja. No, za realizaciju planiranih zahvata na podizanju praga preljeva akumulacije u cilju zahvata iz akumulacije, kao i planiranih zahvata voda na lokacijama uokolo akumulacije, nužno je provesti i puno kompleksnija sagledavanja međuodnosa dinamike kolebanja podzemnih voda i akumulacije. Pri takvim razmatranjima od velike pomoći može biti i primjena geostatističkih metoda.

7. LITERATURA

1. Geotehnički fakultet u Varaždinu (2003): Istraživanja zaštite izvorišta vodoopskrbe na području Primorsko-Goranske županije (voditelj projekte: Biondić B.), Varaždin, nepubli.
2. Hidroinženjering (1996): Akumulacija Ponikve - Procjena sigurnosti I faze brane i zavjese, (nositelj zadatka: Štefanek Ž.), Zagreb, nepubl.
3. Hidroinženjering (2002): Vodoopskrbni sustav Krka, Podsustav Ponikve - Studija vodozahvata (voditelj studije Štefanek Ž.), Zagreb, nepubl.
4. Hidroinženjering (2004): Vodoopskrbni sustav Krka - akumulacija Ponikve, elaborat o obavljenim tehničkim promatranjima s procjenom sigurnosti 1. faze brane i zavjese za 2003. godinu (glavni projektant: Štefanek Ž.), Zagreb, nepubl.
5. Hinić V. (2001): Studija optimalnog vodozahvata na području Ponikava - Kakvoća voda, Rijeka, nepubl.
6. Hrvatske vode VGO Rijeka i VGI Labin (1997): Hidrologija akumulacije Ponikve na otoku Krku - rezultati hidroloških istraživanja (1996.-1997.) - dokumentacija pripremljena za stručni savjet Hrvatskih voda (nositelji zadatka Rubinić J. i Ožanić N.), Rijeka-Labin, nepubl.
7. Oštrić, M. (2006): Analiza dinamike kolebanja razina podzemnih voda na primjeru krške akumulacije Ponikve (otok Krk), Rijeka, nepubl.
8. Rubinić, J.(2002): Preliminarna ocjena koncepta preloženog nastavka istražnih radova u studiji vodozahvata vodoopskrbnog sustava Ponikve, Rijeka, nepubl.
9. Rubinić, J. (2005): Hidrološke značajke izvorišta vodoopskrbe na području otoka Krka - hidrološka analiza u svrhu novelacije zaštitnih zona izvorišta vodoopskrbe. Izvještaj za Vodovod Ponikve, Rijeka, nepubl. 51 str.
10. Rubinić, J. i Ožanić, N. (1998): Hidrologija akumulacije Ponikve na otoku Krku. Građevinar 50(2): 81-89.

AUTORI:

mr.sc.Josip Rubinić,dipl.ing.građ.[3],

Maja Oštrić,dipl.ing.geol.[1],

mr.sc.Bojana Horvat, dipl.ing.građ.[2]

[1]Hrvatske vode, VGO primorsko- istarskih slivova, Đ. Šporera 3, Rijeka

[2]Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Zagreb

[3] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Zavod za Hidrotehniku i geotehniku

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.15.

FARMACEUTSKI SPOJEVI - ZANEMARENA KATEGORIJA ZAGAĐIVALA U KOMUNALNIM OTPADNIM VODAMA

Ivan Senta, Senka Terzić, Marijan Ahel

SAŽETAK: Osim klasičnih prioritetnih tipova zagađivala čije je unošenje u okoliš ograničeno propisima, postoji velik broj nereguliranih antropogenih spojeva za koje još nisu donešeni kriteriji za procjenu okolišnog rizika te nije predviđeno njihovo stalno praćenje u okolišu. Jedan od najvažnijih oblika unošenja antropogenih zagađivala u sustav prirodnih voda su komunalne otpadne vode koje sadrže na tisuće različitih sastojaka od kojih pretežan udio pripada upravo kategoriji nereguliranih onečišćenja. Među najzanimljivije vrste novih zagađivala pripadaju farmaceutski spojevi. Ti se sastojci odlikuju visokom biološkom aktivnošću, a količine koje se unose u otpadne vode, bilo izlučivanjem nakon propisane terapije bilo odbacivanjem neiskorištenih lijekova, uspoređuju se s onima pesticida. U ovom je radu predstavljen problem zagađenja okoliša farmaceutskim spojevima općenito, ali je načinjen i pokušaj da se važnost tog problema sagleda i iz hrvatske perspektive te su prikazani rezultati istraživanja rasprostranjenosti triju važnih tipova antimikrobnih sredstava (sulfonamida, fluorokinolona i makrolida) u otpadnim vodama hrvatskih gradova. Određivanja su provedena primjenom visokospecifičnih metoda koje uključuju upotrebu vezanog sustava tekućinska kromatografija-tandem spektrometrija masa (LC/MS/MS). Poseban naglasak stavljen je na procjenu stupnja uklanjanja odabranih skupina antibiotika u postojećim uređajima za obradu otpadnih voda.

KLJUČNE RIJEČI: nova zagađivala, farmaceutski spojevi, komunalne otpadne vode, okoliš

PHARMACEUTICAL COMPOUNDS - NEGLECTED CATEGORY OF CONTAMINANTS IN MUNICIPAL WASTEWATER

SUMMARY: Besides classical priority pollutants, whose release into the environment has been regulated by the existing environmental protection directives, there is a number of non-regulated anthropogenic compounds for which environmental risk criteria have not yet been established neither has their systematic monitoring been prescribed as mandatory. One of major routes how pollutants enter the aquatic system is through municipal wastewaters, which contain thousands of different constituents, mainly belonging to the group of non-regulated pollutants. Among the most interesting classes of emerging water pollutants are the compounds having pharmaceutical origin. These highly biologically active substances reach aquatic environment either through excretion after the therapy or by disposal of the unused medications, and their inputs are comparable to those of pesticides. This paper

addresses the issue of water contamination by pharmaceutical compounds in general but makes also an effort to assess the problem from the Croatian prospective by presenting the results of our investigations into the distribution of three important types of antimicrobials (sulfonamides, fluoroquinolones and macrolides) in municipal wastewaters of major Croatian cities. All determinations have been made applying highly specific methods based on liquid chromatography - tandem mass spectrometry (LC/MS/MS). Special emphasis has been on the assessment of removal rates of selected pharmaceuticals in the existing wastewater treatment plants.

KEYWORDS: non-regulated pollutants, pharmaceutical compounds, municipal wastewaters, environment

UVOD

Problem antropogenih zagađivala u okolišu aktualan je već nekoliko desetljeća. Sustavnom detekcijom antropogenih spojeva u okolišu, te proučavanjem njihovih ekotoksikoloških svojstava, utvrđen je veći broj kemijskih sastojaka koje treba smatrati potencijalno opasnima za okoliš, te su sačinjeni popisi tzv. prioritetnih zagađivala. Međutim, osim takvih 'klasičnih' tipova zagađivala, u novije vrijeme pozornost sve više privlače nove skupine antropogenih zagađivala, od kojih posebno mjesto zauzimaju farmaceutski spojevi. Neki su autori [7], analizirajući moguće nepovoljne učinke farmaceutskih spojeva na okoliš, uočili analogiju s pesticidima. Obje skupine spojeva, naime, po svojoj definiciji pripadaju u tvari koje karakterizira vrlo visoka biološka aktivnost, a njihove proizvedene količine sličnog su reda veličine. I dok su za pesticide i njima srodne skupine zagađivala odavno utvrđeni kriteriji za ograničavanje njihova otpuštanja u okoliš, za farmaceutske spojeve zasad uglavnom nema nikakve zakonske regulative.

U humanoj i veterinarskoj medicini upotrebljava se velik broj farmaceutskih spojeva koji imaju vrlo različitu terapijsku primjenu. U zemljama Zapadne Evrope za ljudsku upotrebu dopušteno je približno 3000 lijekova, a prema farmakoterapijskoj klasifikaciji mogu se podijeliti u nekoliko glavnih skupina kao što su regulatori lipida, antiepileptici, sedativi, analgetici, antireumatici, β-blokatori, bronhodilatori, antibiotici, antiseptička sredstva, citostatici, kontrastni mediji za rentgensko snimanje i sintetski hormoni [2]. Količine nekih vrsta lijekova su znatne. Tako je godišnja proizvodnja antibiotika u Sjedinjenim Američkim Državama procijenjena na oko 22.5 tisuća tona, od čega se 50 % upotrebljava u veterinarstvu, a druga polovica u humanoj medicini. Treba naglasiti da se mnogi lijekovi mogu danas naručiti bez recepta, uključujući i prodaju preko Interneta, te je vrlo teško raspolagati vrlo točnim statistikama o njihovoj upotrebi.

Problemu zagađenja okoliša farmaceutskim spojevima posvećeno je u posljednjih desetak godina nekoliko evropskih projekata, a za procjenu važnosti ovog tipa zagađenja u Hrvatskoj posebno je važno spomenuti FP 6 projekt EMCO (puni naziv: «Reduction of environmental risks posed by emerging contaminants through advanced treatment of municipal and industrial wastes»; http://www.cid.csic.es/emco/) koji je u tijeku i u kojem sudjeluje nekoliko istraživačkih skupina iz Hrvatske.

PUTEVI UNOŠENJA U OKOLIŠ

Farmaceutski spojevi dospijevaju u okoliš iz različitih izvora uključujući proizvodne pogone, distribuciju, terapijsku upotrebu i odlaganje. Procijenjeno je da su gubici iz proizvodnih pogona srazmjerno mali te iznose 1-5 % ukupno proizvedene količine.

Međutim, proizvodni se pogoni mogu smatrati vrlo važnim točkastim izvorima kontaminacije okoliša i taj je aspekt, zbog razvijene farmaceutske industrije, vrlo važan i za Hrvatsku. Ipak, najvažniji način ulaska farmaceutskih spojeva u okoliš su komunalne otpadne vode (Slika 1). Naime, premda određena količina uzetog lijeka u tijelu pacijenta prolazi kroz različite metaboličke procese, određen postotak izlučuje se iz organizma u nepromijenjenom obliku. Nadalje, istraživanja pokazuju da je uklanjanje mnogih farmaceutskih proizvoda u sustavima za obradu otpadnih voda često nepotpuno, što osobito vrijedi za polarnije spojeve. Važan način ulaska farmaceutskih spojeva u okoliš predstavlja i nepropisno odlaganje neiskorištenih lijekova. Treba naglasiti i sve raširenju upotrebu farmaceutskih spojeva, posebno antibiotika, u veterini, i to ne samo za liječenje i preventivu, nego i za ubrzavanje rasta životinja [1].

Intenzitet unošenja farmaceutskih spojeva u okoliš ovisi o nekoliko čimbenika kao što su proizvedena količina, propisane terapeutske doze i način primjene. Odnos između terapijski propisane količine i količine koja se konačno, u originalnom obliku ili u obliku metabolita ili konjugata, izlučuje iz organizma ovisi o farmakokinetici koja je vrlo specifična za svaki lijek. Nadalje, nakon što dospiju u okoliš, koncentracija nekog lijeka u pojedinim odjeljcima ekosustava ovisi o njegovoj biogeokemijskoj reaktivnosti, tj. afinitetu vezanja na krute čestice i otpornosti na mikrobiološku i fotokemijsku razgradnju. U razvijenim zemljama većina otpadnih voda prije ispuštanja u prirodne vode prolazi kroz uređaje za pročišćavanje otpadnih voda gdje se odigravaju intenzivni biološki i fizičko-kemijski procesi koji mogu znatno smanjiti opterećenje prirodnih voda ksenobiotskim spojevima. Međutim, u ekonomski manje razvijenim zemljama, uključujući i Hrvatsku, najveći dio otpadnih voda još se uvijek ispušta u vodotoke bez ikakve prethodne obrade. Što se tiče unošenja lijekova u prirodne vode iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, može se reći da se ono uglavnom odvija putem ispusta biološki obrađenih otpadnih voda, dok se, zbog znatne polarnosti i srazmjerno slabog vezanja većine lijekova na čvrste čestice, mnogo manji postotak unosi u okoliš odlaganjem aktivnog mulja. Kod razmatranja potencijalnog utjecaja farmaceutskih spojeva na okoliš treba, svakako, uz početne spojeve, uzeti u obzir i eventualne stabilne razgradne proizvode te konjugate za koje je pokazano da predstavljaju glavni rezervoar iz kojeg se aktivni spojevi mogu kasnije osloboditi u okoliš. Farmaceutski spojevi mogu ući u okoliš i nakon odbacivanja na deponije otpada. Holm i suradnici [5] su među prvima objavili podatke o prijenosu farmaceutskih spojeva kao što su sulfonamidi, barbiturati i fenazonski analgetici iz deponija otpada u podzemne vode.

RASPROSTRANJENOST U VODENOM OKOLIŠU I MOGUĆI ŠTETNI UČINCI

Sustavna istraživanja farmaceutskih spojeva u okolišu započela su tek sredinom devedesetih, a koincidirala su s intenzivnijom upotrebom novih identifikacijskih analitičkih tehnika, a posebno vezanog sustava LC/MS. Zahvaljujući naglom razvoju analitičke instrumentacije danas je, uz antibiotike i steroide, koji pripadaju među skupine lijekova koji su najranije detektirani u okolišu, poznato još nekoliko stotina različitih farmaceutskih spojeva, odnosno njihovih metabolita koji su identificirani u okolišnim uzorcima [2].

Antibiotici su jedna od najpopularnijih skupina lijekova u humanoj i veterinarskoj medicini, te se mogu pronaći u svim komunalnim otpadnim vodama. U svom pionirskom radu, Hirsch i suradnici [4] analizirali su neobrađene i obrađene otpadne vode, podzemne i površinske vode te su identificirali 18 različitih antibiotika iz skupina makrolida, sulfonamida, penicilina i tetraciklina. Maksimalne koncentracije najzastupljenijih

antibiotika u ispustima uređaja za obradu otpadnih voda dostizale su i do nekoliko μg l^{-1}, a istraživanja njihova ponašanja tijekom obrade otpadnih voda ukazala su da je njihovo uklanjanje klasičnim postupcima s aktivnim muljem nepotpuno.

Što se tiče učinaka farmaceutski aktivnih tvari u okolišu, njihova akutna toksičnost je malo vjerojatna, jer koncentracije najčešće nisu dovoljno visoke za izazivanje takvih učinaka. U novije vrijeme, međutim, sve više prevladava mišljenje da provjerena visoka tolerancija ciljnih organizama u terapeutskoj primjeni lijekova ne može poslužiti kao isključivi temelj za procjenu ekotoksikološkog rizika nakon njihovog odbacivanja u okoliš. Naime, za većinu lijekova potpuno je nepoznato kako utječu na biološke receptore u neciljnim organizmima, pa se pretpostavlja da bi dugotrajno izlaganje niskim razinama kompleksnih smjesa farmaceutskih zagađivala u vodenom okolišu moglo uzrokovati teško prepoznatljive, ali značajne efekte na vodenu faunu.

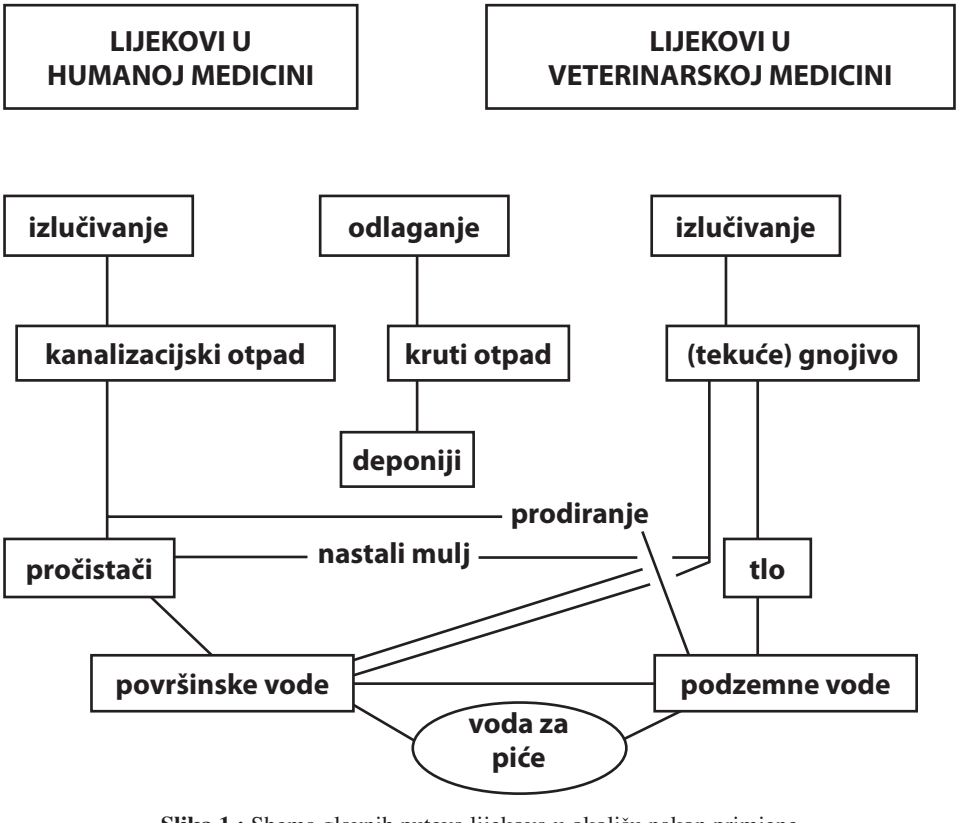
Među brojnim pojedinačnim skupinama farmaceutskih spojeva posebnu pozornost zbog rizika od nepovoljnih učinaka privlače estrogeni hormoni i antibiotici. Efekti estrogenih hormona u okolišu, uključujući prirodni estrogeni hormon estradiol te njegov sintetski surogat etinilestradiol, dolaze do izražaja kroz fenomen feminizacije populacija riba u vodotocima koji su izloženi velikom opterećenju otpadnim vodama, dok su nepovoljni učinci antibiotika vezani prije svega za mogući razvoj rezistentnih bakterijskih sojeva [8]. Vodeće mjesto u pogledu potrošnje pojedinih skupina antimikrobijskih lijekova zauzimaju β-laktamski antibiotici, no za njih je dokazano da ne predstavljaju veću opasnost za okoliš zbog brze razgradnje. Za razliku od njih, sulfonamidi, fluorokinoloni i makrolidi pokazuju znatnu otpornost na mikrobiološku razgradnju u uređajima za obradu otpadnih voda te se smatraju potencijalnom prijetnjom za okoliš.

RASPROSTRANJENOST ANTIBIOTIKA U OTPADNIM VODAMA HRVATSKIH GRADOVA

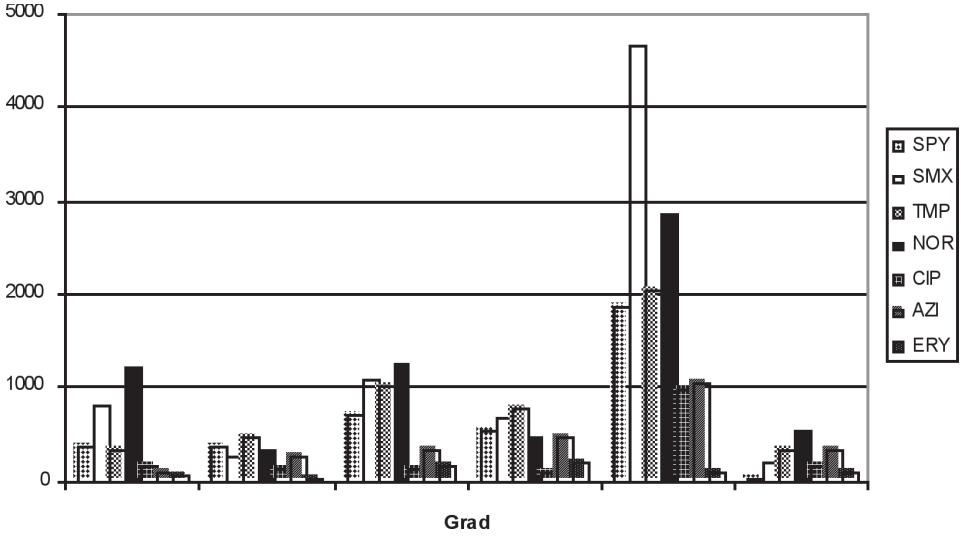
Tijekom istraživanja, koja su imala za cilj rasvijetliti problem zagađenja voda farmaceutskim spojevima u Hrvatskoj, u našem je laboratoriju na temelju metode Goebel i suradnika [3] razvijena visokospecifična LC/MS/MS metoda za određivanje sulfonamida, fluorokinolona i makrolida u otpadnim vodama. Uzorci sirovih otpadnih voda prikupljeni su iz kanalizacijskih sustava gotovo svih većih hrvatskih gradova, a u gradovima u kojima postoje uređaji za obradu komunalnih otpadnih voda prikupljeni su i uzorci obrađene otpadne vode (efluenti). Odmah po pristizanju u laboratorij uzorci su profiltrirani kroz filtar sa staklenim vlaknima promjera 0.45 μm. Obogaćivanje i pročišćavanje opterećenih uzoraka otpadnih voda provedeno je primjenom ekstrakcije na polimernoj hidrofilno-lipofilnoj čvrstoj fazi Oasis HLB. Ekstrakti su analizirani primjenom vezanog sustava tekućinska kromatografija - tandem masena spektrometrija (LC/MS/MS) s ionizacijom elektrorasprsenjem u pozitivnom načinu rada. Za razdvajanje analita korištena je tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti s obratnom fazom (C_{18}). Primijenjeno je gradijentno eluiranje u sustavu metanol-voda s dodatkom 0.1 % koncentrirane mravlje kiseline, a za detekciju i kvantitativno određivanje analita korištena je tehnika praćenja višestrukih tranzicijskih reakcija (engl. multiple reaction monitoring, MRM). Koncentracije pojednih antibiotika u uzorcima određene su metodom internog standarda. Razvijena metoda pokazala se vrlo selektivnom i osjetljivom za određivanje niskih koncentracija odabranih antibiotika u jako opterećenim uzorcima otpadnih voda. Iskorištenja metode bila su iznad 50 % za sve analite, bez obzira na stupanj opterećenja uzoraka, s vrlo dobrom ponovljivošću (RSD = 2 - 14 %). Postignute su i vrlo niske granice detekcije (0.02 do 6.7 ng/L).

Tipične koncentracije analiziranih antibiotika u hrvatskim komunalnim otpadnim vodama bile su između 100 i 5000 ng/L (Slika 2.), što je u skladu s koncentracijama kakve se obično susreću i u većini drugih zemalja za koje postoje odgovarajući podaci [6]. Najčešće detektirani antibiotici s pripadajućim maksimalnim izmjerenim koncentracijama bili su sulfametoksazol (SMX) - 11555 ng/L, sulfapiridin (SPY) - 931 ng/L, trimetoprim (TMP) - 2551 ng/L, norfloksacin (NOR) - 2937 ng/L, ciprofloksacin (CIP) - 2610 ng/L, azitromicin (AZI) - 1139 ng/L, klaritromicin (CLA) - 996 ng/L, te eritromicin (ERY) - 420 ng/L. Ostali antibiotici detektirani su znatno rjeđe, a njihove koncentracije bile su niže od 100 ng/L. Dobiveni rezultati pokazuju vrlo dobro slaganje s podacima o potrošnji pojedinih antibiotika u Hrvatskoj.

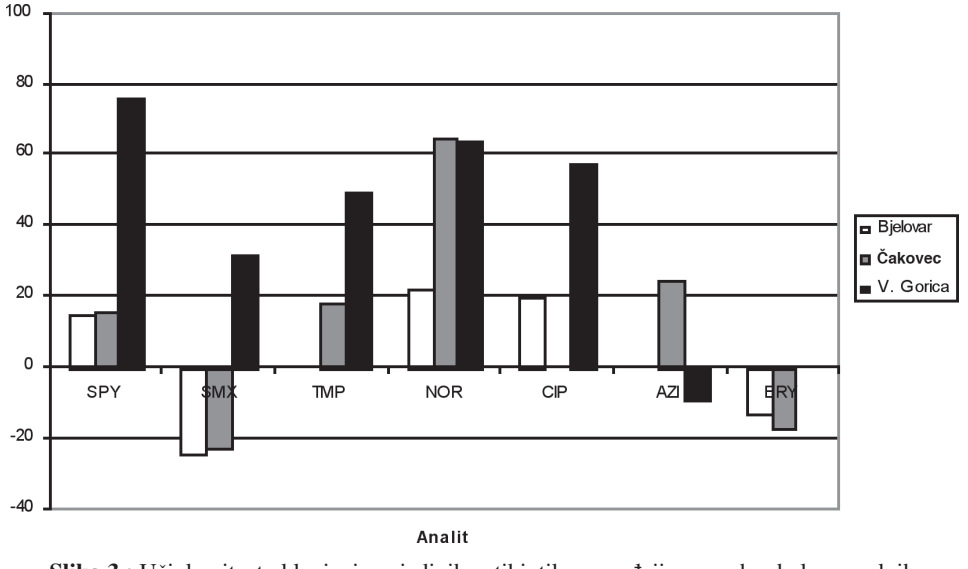
Određivanjem odabranih antibiotika u efluentima uređaja za obradu komunalnih otpadnih voda utvrđeno je njihovo nepotpuno uklanjanje. Učinkovitost uklanjanja bila je redovito niža od 70 % (Slika 3.). U nekim slučajevima izmjerene su čak i više koncentracije pojedinih antibiotika u izlaznoj nego u sirovoj vodi, što bi, među ostalim, moglo biti posljedica pretvorbe metabolita u originalne spojeve tijekom obrade otpadnih voda. Stoga je jedan od naših slijedećih koraka upravo proširenje metode na određivanje metabolita najvažnijih antibiotika, kako bi se dobila potpunija slika o njihovom ponašanju i sudbini u uređajima za obradu otpadnih voda, te kasnije i u okolišu.



Slika 1.: Shema glavnih puteva lijekova u okolišu nakon primjene



Slika 2.: Koncentracije najznačajnijih antibiotika u sirovim otpadnim vodama nekih hrvatskih gradova



Slika 3.: Učinkovitost uklanjanja pojedinih antibiotika u uređajima za obradu komunalnih otpadnih voda

LITERATURA

1. Boxall, A. B. A, Kolpin, D. W., Halling-Sorensen, B., Tolls, J. (2003): Are veterinary medicines causing environmental risks? *Environmental Science & Technology,* **37** (15), 286A-294A.

2. Daughton, C. G., Ternes, T. A. (1999): Pharmaceuticals and personal care pruducts in the environment: Agents of subtle change? *Environmental Health Perspect*ives, **107** (6), 907-938.

3. Goebel A., McArdell, C., Suter, J., Giger, W. (2004): Trace determination of macrolide and sulfonamide antimicrobials, a human sulfonamide metabolite, and trimethoprim in wastewater using liquid chromatography coupled to electrospray tandem mass spectrometry. *Analytical Chemistry,* **76** (16)**,** 4756-4764.

4. Hirsch, R., Ternes, T. A., Haberer, K., Kratz, K.-L. (1999): Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. *Science of the Total Environment,* **225** (1-2) 109-118.

5. Holm, J. V., Rügge, K., Bjerg, P. L., Christensen, T. H. (1995): Occurrence and distribution of pharmaceutical organic compounds in the groundwater downgradient of a landfill (Grinsted, Denmark). *Environmental Science & Technology,* **29** (12), 1415-1420.

6. Petrović, M, Gros, M., Barcelo, D. (2006): Multi-residue analysis of pharmaceuticals in wastewater by ultra-performance liquid chromatography- quadrupole-time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, **1124** (1-2), 68-81.

7. Stan, H-J., Heberer, T. (1997): Pharmaceuticals in the aquatic environment. *Analusis*, **25** (7), 20-23.

8. Tambić Andrašević, A., Tambić, T, Kalenić, S., Janković, V. (2002): Surveillance for antimicrobial resistance in Croatia. *Emerging Infectious Deseases*, **8** (1), 14-18.

AUTORI:

Ivan Senta, dipl. inž., znanstveni novak
Dr. sc. Senka Terzić, viši znanstveni suradnik
Prof. dr. sc. Marijan Ahel, znanstveni savjetnik

Zavod za istraživanje mora i okoliša
Institut Ruđer Bošković
Bijenička cesta 54, 10002 Zagreb, Hrvatska
Tel. 01/4560-940, 4561-042, Fax. 01/4680-242
e-mail: isenta@irb.hr, terzic@irb.hr, ahel@irb.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.16.

AMMONIA REMOVAL FROM WASTEWATERS OF ZAGREB IN A PILOT SCALE CONSTRUCTED WETLAND

Božidar Stilinović, Jasna Hrenović, Goran Gjetvaj, Vladimir Andročec, Nikola Ružinski, Aleksandra Anić-Vučinić

SUMMARY: The article discusses the treatment of municipal waters of city of Zagreb by pilot scale constructed wetlands (PSCW) with horizontal subsurface flow during 2004. Particular attention is devoted to the macrophytes role in ammonia (NH_4-N) removal from spring to late autumn in a moderate climate. PSCW is designated in three parallel lines of basins using river gravel as a substrate. Two lines of basins were planted with autochthonous hydrophitic macrophytes (*Scirpus sylvaticus, Typha latifolia, Phragmites communis, Carex sp.*) and control line was unplanted. The PSCW system is designed to all three lines be fed with equal influent discharge characterized by NH_4-N concentrations of average 16 mg/L. The highest removal percentages of NH_4-N were in planted basins (75-81%), towards 23% in the unplanted line, at the summer water temperatures (18-21°C). As the weather cools, treatment levels of PSCW decreased. The effluent values of NH_4-N from planted lines, but not from unplanted line, were through the all investigated period within the permit limits of Croatian Standards for discharging effluents in the surface waters of second class.

KEYWORDS**:** ammonia, constructed wetland, continental climate, municipal wastewater.

UKLANJANJE AMONIJAKA IZ OTPADNIH VODA ZAGREBA U PILOT BILJNOM PROČISTAČU

SAŽETAK: U radu se prezentira pročišćavanje komunalne otpadne vode grada Zagreba u pilot biljnom pročistaču (PBP) s horiznotalnim potpovršinskim tokom tijekom 2004 godine. Posebna pažnja je posvećena ulozi makrofita u uklanjanju amonijaka (NH_4-N) od proljeća do kasne jeseni u kontinentalnoj klimi. PBP se sastoji od tri paralelne linije bazena s riječnim šljunkom kao supstratom. Dvije linije bazena zasađene su s autohtonim vodenim makrofitima (*Scirpus sylvaticus, Typha latifolia, Phragmites communis, Carex sp.*) a kontrolna linija je nezasađena. Sve tri linije PBP su bile opterećene jednakim influentom karakteriziranim prosječnom koncentracijom NH_4-N od 16 mg/L. Najveći postoci uklanjanja NH_4-N bili su u zasađenim linijama (75-81%), prema 23% u nezasađenoj liniji, kod ljetnih temperatura vode (18-21°C). Kako je vrijeme zahladilo, učinkovitost PBP je opala. Koncentracije NH_4-N u efluentu u zasađenim linijama, ali ne i u nezasađenoj liniji, bile su kroz cijeli period praćenja unutar dozvoljenih granica Hrvatskih standarda za ispuštanje efluenata u površinske vode druge klase.

KLJUČNE RIJEČI: amonijak, biljni pročistač, kontinentalna klima, komunalna otpadna voda.

1. INTRODUCTION

Constructed wetlands (CW) as a bioremediation technology are being increasingly used worldwide to treat domestic and industrial wastewater. CW have many unique benefits, including the ability to operate on ambient solar energy, self-organize and increase treatment capacity over time, create wildlife habitat, produce oxygen, consume carbon dioxide, and achieve high levels of treatment with minimal maintenance (13). Horizontal subsurface flow CW using gravel bed planted with wetland macrophytes, are commonly employed as an onsite natural treatment of domestic sewage, especially in the regions under good climate conditions. The removal efficiency of CW, particularly the potential to remove ammonium by simultaneous nitrification / denitrification processes as a result of microbial activity, should be affected in a complex mode by annual cycles, type of vegetation and numerous hydrochemical and hydrological parameters. Thus, it is necessary to investigate every system as a single unit for long-term operation of several years with short sampling intervals. The very heterogeneous data about the removal of nitrogen published may be the result of the neglected different annual cycles and the insufficient statistical evaluation of the CW (6).

All wastewater treatment processes primary take place as a result of microbial activity, what is strongly a temperature dependent biological process (3, 14). Wetland macrophytes through the vegetative period influence the microbial activity and other treatment processes, so they are an indispensable component of CW ecosystems (2, 14). Obvious problems that must be dealt with are the different rates of plant growth, because in moderate climate temperature areas, there is no plant growth in the winter and the microbial activity is at minimum (3).

Rural areas, single-family homes, touristic camps, hotels, public toilets, gasoline pumps, farms, in southern protected Karst region (main natural reservoirs of non-polluted groundwater) covers around 55% of the territory of Croatia and often have problems meeting today strict effluent standards because of the lack of sewer network and wastewater treatment systems. CW in southern Karst region of Croatia with mild climate, favourable for prolonged vegetative period and microbial activity, could be a technology friendly for the nature and a good solution for of the treatment of domestic wastewater from non point sources of pollution. Mild climate will ensure a successive year round operation of CW, as attractive ecological systems, especially in peak of touristic season in summer months.

The treatment efficiency of domestic wastewater by CW in northern parts of Croatia, under the continental, temperate climate is practically unknown, therefore lacking of CW in this regions. Up to date, only the efficiency of some pilot scale CW in the treatment of landfill leachate was investigated (10, 11).

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Design and construction

Figure 1 presents the schematic layout of the pilot horizontal subsurface flow based on the rooted emergent macrophyte system. System contains the three treatment series each consisted of two equally constructed horizontal beds of 5 m length, 2 m wide and effective depth of 0.5 m. Beds were filled with three layers of the washed river gravel uniformly.

The top layer was 4-8 mm pea gravel (15 cm in depth) and below layer was the gravel of particle size 8-16 mm (50 cm in depth). The inlet and outlet zone in each bed consists of coarse gravel 32-64 mm in size, 65 cm depth, length 0.5 cm from both sides, and represented a plant free zone with covered inlet and outlet perforated plastic pipes. Each unit of system was equipped before inlet in first bed with a vertical flow basin (trickling filter of height 1.7 m and diameter 0.5 m) filled with gravel layer of particle size 8-16 mm (height of 1.2 m), contained to provide pre-treatment of septic tank effluent.

The PSCW was built near the collector of the municipal wastewaters near Zagreb. The wastewater was poured into septic tank of PSCW by means of electric pump directly submerged in collector. Hydraulic loading rates (HLR) were 0.02-0.06 m/day and influent flow rate varied from 100 to 2000 mL/min respectively.

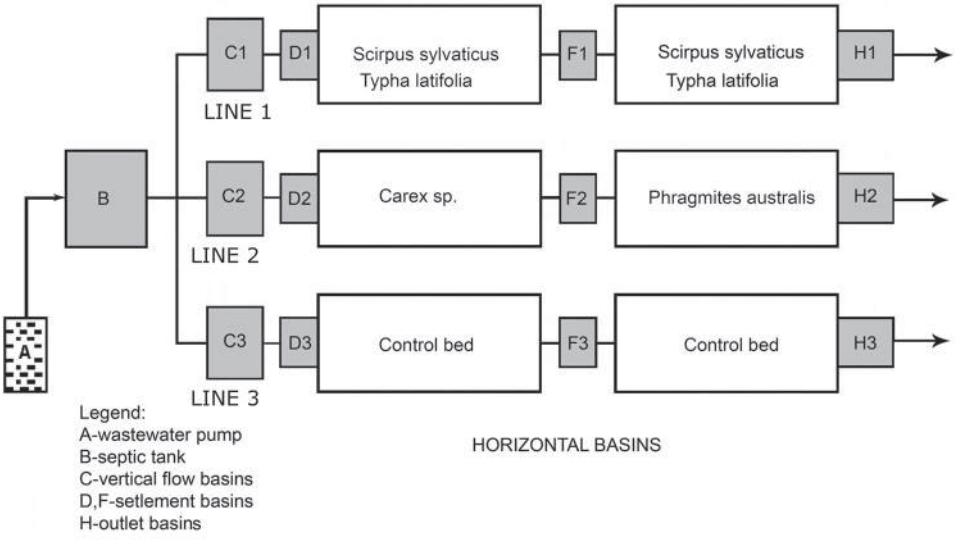


Fig. 1.: Schematic layout of the pilot horizontal subsurface flow constructed wetland.

2.2. Plants and planting

Autochthonous plant species of hydrophitic macrophytes with regenerative capabilities growing naturally around PSCW were used. The general criteria of these plants are that they are fast and luxuriant growing. Our investigations have focused on the mixed culture of plant used (1). Young wetland plants with the root-rhizomes were planted in scooped out holes (15-20 cm depth) directly into the pea rock at the surface of beds during the beginning of March 2004. Line 1 (both beds) was planted with cattail (*Typha latifolia*) and bulrush (*Scirpus silvaticus*), the first bed of line 2 with sedges (*Carex sp.*) and second bed with reed (*Phragmites australis*). Line 3 was left unplanted and served as a control line in estimation of the role of macrophytes in treatment. Vegetative period for all tested macrophytes continue from March to November.

2.3. Analytical methods

The temperature of the wastewater was measured with a WTW 330 SET. The samples were filtered before ammonia (NH_4-N) measurements using Sartorius nitrocellulose filters, with

a pore diameter of 0.45 μm. The NH_4-N concentration in the wastewater was measured in a DR/2500 Hach spectrophotometer using the salicylate method (Hach method 342 and 343). The chemical oxygen demand (COD) in the wastewater was measured using the reactor digestion method (Hach method 430). The total suspended solids (TSS) in the wastewater were measured spectrophotometrically (Hach method 630). The biological oxygen demand in five days (BOD_5) was measured by measuring the oxygen concentration at the beginning and after 5 days of sample incubation at 21°C.

2.4. Data analysis

The statistical analyses were done using the program Statistica (9). The results were set up as variables containing the results of the 3 lines of PSCW. Data of this type are independent; therefore ordinary Student's *t*-test was performed. The null hypothesis tested by the analysis was that the reactors with different wastewaters showed no difference in performance. Results were taken to be significant at the 5 % level (p=0.05). The correlation between variables was estimated using the Pearson linear correlation.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The average inflow concentrations of some hydrochemical parameters in wastewater treated in the pilot-scale CW (March-November, 2004) and the efficiency in their removal are presented in table 1. High purification efficiency for sewage waste water in existing climate conditions can be achieved with the use of tested PSCW system (Table 1).

Table 1.: Average removal efficiency by pilot scale constructed wetland with subsurface flow during the operation in spring, summer and autumn 2004.

Parameter	Influent	Removal efficiency (%)		
		Line 1 (H1)	Line 2 (H2)	Line 3 (H3)
March-June				
NH_4-N (mg/L)	13.48	37.04*	22.13*	7.35
COD (mg /L)	125.8	83.53*	80.81*	76.58*
BOD_5 (mg O_2/L)	96.9	81.11*	75.29*	67.40*
TSS (mg/L)	81	80.25*	83.54*	83.73*
July-September				
NH_4-N (mg/L)	16.50	81.29*	75.33*	23.29*
COD (mg /L)	160.0	87.80*	87.90*	88.75*
BOD_5 (mg O_2/L)	106.0	94.69*	92.26*	91.84*
TSS (mg/L)	128	92.19*	89.84*	96.88*
October-November				
NH_4-N (mg/L)	21.38	51.82*	46.60*	11.71
COD (mg /L)	676.0	96.75*	96.89*	95.86*
BOD_5 (mg O_2/L)	169.0	95.27*	94.97*	92.90*
TSS (mg/L)	143	90.21*	90.11*	90.41*

*Statistically significant (p<0.05)

During the spring-summer-autumn treatment in 2004 a pilot system proved efficient in reducing the input levels of physical and hydrochemical parameters. The best performance of the system occurs during full growing season of plants from June to September, with decreased performance observed during spring. The COD, BOD_5 and TSS were significantly reduced especially in summer and autumn after passage through the CW regardless of vegetation. The NH_4-N annual course of municipal wastewater is characterized by decreasing treatment efficiency in the spring, but increasing it in summer. In spring-time, lower removal rates were caused by lower temperatures but during summer and autumn high removal intensities were not strongly dependent on the NH_4-N inflow, what coincidence with the results from Kuschk et al. (6).

Statistically significant removal of NH_4-N required the presence of macrophytes. Plants showed excellent growth in the first year, with good root and rhizome development. The NH_4-N removal rate in control line was in all investigated seasons lower towards the removal rate in planted lines. There was no significant difference in the performance of the line 1 and 2 planted with different autochthonous macrophytes. Tanner (12) found that planted systems consistently displayed significantly high rates than non-planted systems when compared on a mass basis, although plant biomass uptake was measured to be a small portion of the increase in the nitrogen removal rate. The beneficial role of macrophytes has been confirmed by other researches as well (5). The greatest removal of NH_4-N was expressed in both planted lines 1 and 2, with maximum observed in summer season (Fig. 2). The removal efficiencies of NH_4-N depended on the temperature of water. The final values of NH_4-N in effluents from planted lines were within the permitted limits (below 10 mg/L NH_4-N) of the standards of the Regulation of water classification of Republic of Croatia (7) for effluents discharging in the surface waters of second class (Fig. 3).

The HLR is a very important factor in controlling the efficiency of the CW (4). The removal efficiencies of the NH_4-N change are in the correlation with the HLR through the period of investigation. The correlation of the percent of NH_4-N elimination and the influent flow rate was significantly negative for all three lines (Line 1: r =-0.498; p=0.000; Line 2: r = -0.375, p= 0.003; Line 3: r = -0.302, p = 0.017). Removal percentages of NH_4-N were significantly higher by the lower influent flow rate up to 1000 mL/min (Fig. 4).

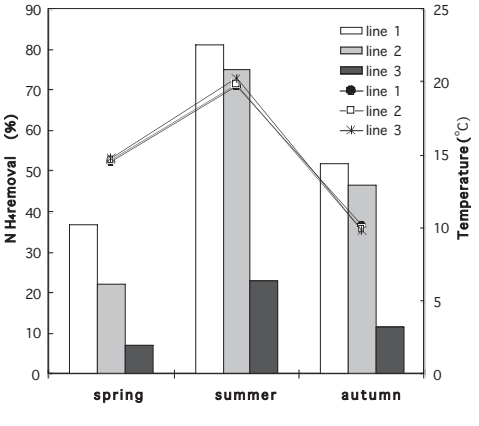


Fig. 2.: Relationship between the average temperature and the percent of the ammonium (NH_4-N) removal in the pilot scale constructed wetland for effluent of the planted lines 1 and 2 and unplanted control line 3 in the spring, summer and autumn 2004. Temperature values are given in lines and ammonium values in boxes.

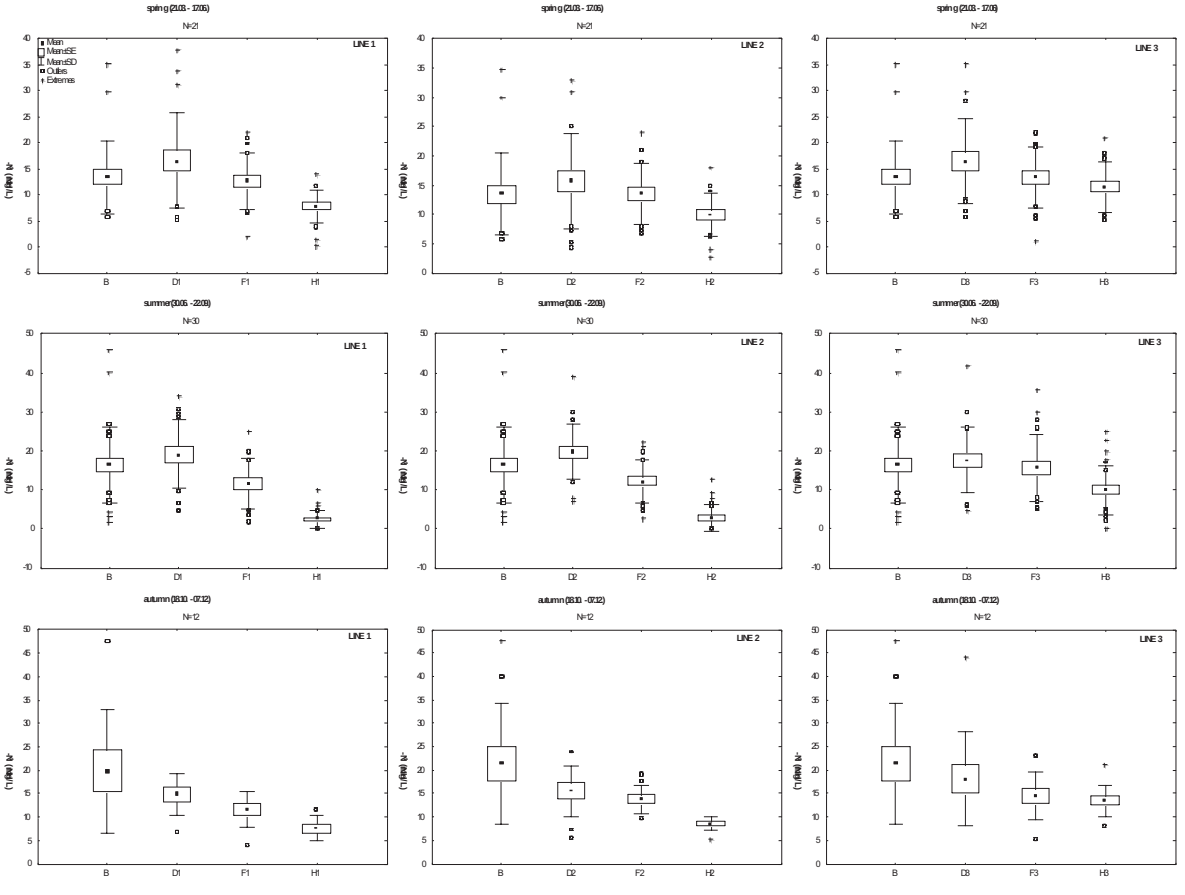


Fig. 3.: The seasonal profile (spring, summer and autumn 2004) of the ammonium (NH_4-N) concentration in the planted lines 1 and 2 and the unplanted control line 3 of the pilot scale constructed wetland.

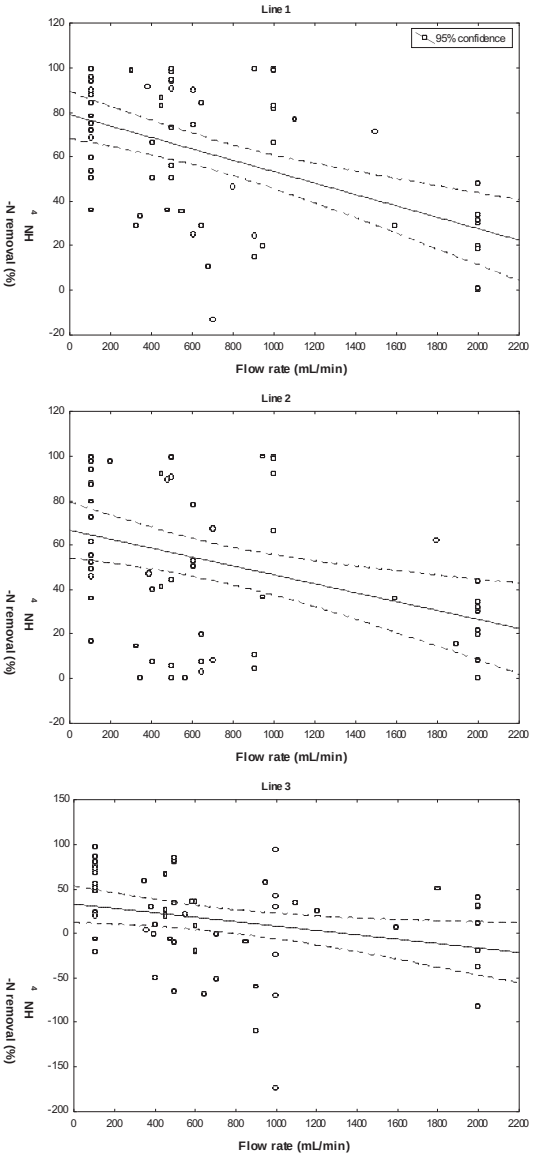


Fig. 4.: Relationship between the percent of ammonium (NH_4-N) removal in the effluent and the influent flow rate in the planted lines 1 and 2 and unplanted control line 3 of the pilot scale constructed wetland.

The diminished capacity of NH_4-N removal in spring could be the fact that this process is not just a temperature-dependent phenomena, but also seasonal. Vegetation that died off in the fall and accumulates over the winter on the bed surface releases ammonium in the spring. Instead of metabolizing this NH_4-N, the CW releases it in the spring (3). Nitrogen removal is a temperature-dependent process highly sensitive to cold temperatures. Once

wintertime water temperatures drop below 5°C, nitrogen removal is problematic (3, 6). Although there are also numerous references that even in cold climate areas the advance of CW technology is successful (8, 15). Nevertheless, the contaminant successful treatment of wastewater based on the complex man made ecosystems where the unique required driving force - the Sun. It is certainly that the decision for the choice of CW technology for wastewater treatment depends above all on the good climate characteristics of the area.

A better understanding of the ammonium removal occurring in the subsurface flow CW systems is necessary. This should lead to the seasonally dependent design of CW for successful treatment of municipal wastewater in the area with moderate climate.

4. CONCLUSIONS

The results demonstrate the effect of seasonal temperatures, wastewater flow-rates and macrophytes on the NH_4-N, COD, BOD_5 and TSS elimination rates in a pilot scale CW in northern part of Croatia with moderate climate from March to November 2004.

The oscillations of the removal rates in general suggest the seasonal specific effects caused by the vegetation metabolisms and plant physiology. The effluent values of NH_4-N from planted lines, but not from control line, were through the all investigated period within the permitted limits of standards of the Regulation of water classification of Republic of Croatia (7) for discharging effluents in the surface waters of second class. The effluent values of COD, BOD_5 and TSS from all lines also met the mentioned standards of the Regulation of water classification of Republic of Croatia (7). Since autochthonic plants do improve nutrient removal, and low-cost, natural system components, especially through the enhancing the aesthetic qualities and ecological values of CW ecosystem, it makes sense to apply CW technology in solving the problems of municipal wastewater treatment from non-point sources of pollution in northern parts of Croatia.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express our appreciation to the Ministry of Science, Education and Sports of Croatia (Project number STIRP-22, 2002) for funding support for this project. We would also like to thank Renata Horvat for their hard work in both the field and laboratory studies.

REFERENCES

1. Breen, P.F., Chick, A.J. (1995): Rootzone dynamics in constructed wetlands receiving wastewater: a comparison of vertical and horizontal flow systems. Wat. Sci. Tech. 32, 281-290.
2. Brix, H. (1997): Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? Wat. Sci. Tech. 35, 11-17.
3. Campbell, C.S., Odgeon, M. H. (1999): Constructed Wetlands in the Sustainable Landscape. John Wiley & Sons Inc., New York, 265 pp.
4. Garcia, J., Aguirre, P., Barragan, J., Mujeriego, R., Matamoros, V., Bayona, J. M. (2005): Effect of key design parameters on the efficiency of horizontal subsurface flow constructed wetlands. Ecol. Eng. 25, 405-418.
5. He, Q., Mankin, K.R. (2002): Performance Variations of COD and Nitrogen Removal by Vegetated Submerged Bed Wetlands. JAWRA, 38, 1679-1689.

6. Kuschk, P., Wiessner, A., Kappelmayer, U., Weissbrodt, E., Kästner, M., Stottmeister, Z. (2003): Annual cycle of nitrogen removal by a pilot-scale subsurface horizontal flow in a constructed wetland under moderate climate Wat. Res., 37, 4236-4242.

7. Regulation of water classification of Republic of Croatia (1998): Narodne Novine, 77, Zagreb.

8. Smith, I. D., Bis, G. N., Lemon, E. R., Rozema, L. R. (1997): A thermal analysis of a sub-surface vertical flow constructed wetland. Wat. Sci. Tech., 35, 55-62.

9. StatSoft, Inc. (2005): Statistica (data analysis software system) *Version 7.1*. Tulsa.

10. Stilinovic, B., Hrenovic, J., Shalabi, M. (2000): Nitrification and denitrification in the pilot reedbeds fot the purification on the leachate from dump site Jakusevec. 6th International Symposium Waste Management, Zagreb, pp. 393-396.

11. Stilinovic, B., Milanovic, Z., Vrhovsek, D., Shalabi, M. (2002): Waste management and constructed wetlands. 7th International Symposium Waste Management, Zagreb, pp. 161-168.

12. Tanner, C. C. (2001): Plants as ecosystem engineers in subsurface-flow treatment wetlands. Wat. Sci. Tech., 44, 9-17.

13. Wallace, S. D. (1998): Putting wetlands to work. Civil Eng.-ASCE, 68, 57-59.

14. Wallace, S. D. (2002): Use of constructed wetlands for nitrogen removal. Proceedings of the NOWRA Annual Meeting. National Onsite Wastewater Recycling Association, Laurel Maryland, pp. 227-295.

15. Wallace, S. D., Parkin, G., Cross, C. (2001): Cold climate wetlands: design and performance. Wat. Sci.Tech., 44, 259-265.

AUTHORS:

Božidar Stilinović[a], Jasna Hrenović[a], Goran Gjetvaj[b], Vladimir Andročec[b], Nikola Ružinski[c] and Aleksandra Anić-Vučinić[c]

[a] University of Zagreb, Faculty of Science, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

[b] *University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Fra Andrije Kacica-Miosica 26, 10000 Zagreb, Croatia*

[c] University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Ivana Lucica 5, 10000 Zagreb, Croatia

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.17.

USPOREDBA REŽIMA IZVORA HUBELJ I GRADOLE I MOGUĆNOSTI RAZVOJA KORIŠTENJA

Branka Trček, Josip Rubinić, Tatjana Travica, Mladen Nežić

SAŽETAK: Krški izvori Hubelj i Gradole se nalaze na sjevernojadranskom području Slovenije i Hrvatske. Iako imaju različit karakter i režim istjecanja, usporedbom saznanja o dinamici istjecanja voda mogu se osigurati dodatne informacije nužne za daljnje planiranje istraživanja vezana uz optimalizacije njihova korištenja. Izvor Hubelj izvire kod Ajdovšćine koju i opskrbljuje vodom. Izdašnost mu se kreće se između 0.2 i 60 m^3s^{-1}, a srednji godišnji protok mu iznosi 3.0 m^3s^{-1}. Izvor Gradole izvire u dolini Mirne, te opskrbljuje vodom značajan dio Istre u hrvatskom, ali i slovenskom priobalju. Ima sličan srednji godišnji protok (2.0 m^3s^{-1}), ali s puno uravnoteženijim vodnim režimom - izdašnosti mu se kreću između cca 0.3 i 19 m^3s^{-1}. Gradole su jedan od rijetkih krških izvorišta na kome je, tijekom više sušnih godina u razdoblju nakon 1988.g., provođeno umjetno prihranjivanje (vodom iz akumulacije Butoniga) u cilju povećanja protoka izvora tijekom malovodnih razdoblja. Prilikom takvih prihranjivanja prikupljene su vrijedne informacija o ponašanju izvora, ali za čije bi puno vrednovanje, kao i prognozu ponašanja u uvjetima eventualnih budućih novih rješenja njegova umjetnog prihranjivanja (potencijalna akumulacija iznad ponorske zone Čiže), bilo nužno da se provedu i izotopna istraživanja. Takva su istraživanja provedena pak na izvoru Hubelj, te je dat prikaz osnovnih dobivenih rezultata.

KLJUČNE RIJEČI: krški izvori, vodni režim, dinamika istjecanja podzemnih voda, izotopna istraživanja

COMPARISON OF THE HUBELJ SPRING AND GRADULE SPRIN HYDRAULIC BEHAVIOR AND EXPLOITATION POSSIBILITIES

SUMMARY: The karst springs of Hubelj and Gradole are located in the North Ardiatic region of Slovenia and Croatia, respectively. In spite of the fact that the sprigs have different characters and discharge properties, a comparison of their hydraulic behaviour provides additional information that is essential for planning an optimal exploitation of the springs. Hubelj springs near Ajdovščina and it is captured for the water supply of this town. The Hubelj discharge ranges between 0.2 and 60 m^3s^{-1}, with its mean at 3.0 m^3s^{-1}. On the other side Gradole springs in the Mirna valley. The Gradole spring has the similar mean discharge as the Hubelj spring, however its discharge regime is much more balanced - the discharge ranges between 0.3 and 19 m^3s^{-1}. Gradole is one of the rare karst springs where the artificial recharge is performed. Since 1988 water from the Butoniga accumulation is used to increase the Gradole discharge during dry periods and low water conditions,

respectively. The spring hydraulic behaviour was investigated during these processes. The results are very important and necessary for planning the future exploitation and artificial recharge possibilities (a potential location of the accumulation is near the sink zone Čiže). However, these plans require also addition research methods and techniques, such as indirect methods, based on natural tracers (isotope etc.) that were applied in the studies of the Hubelj spring hydraulic behaviour. The most significant results are presented in this paper.

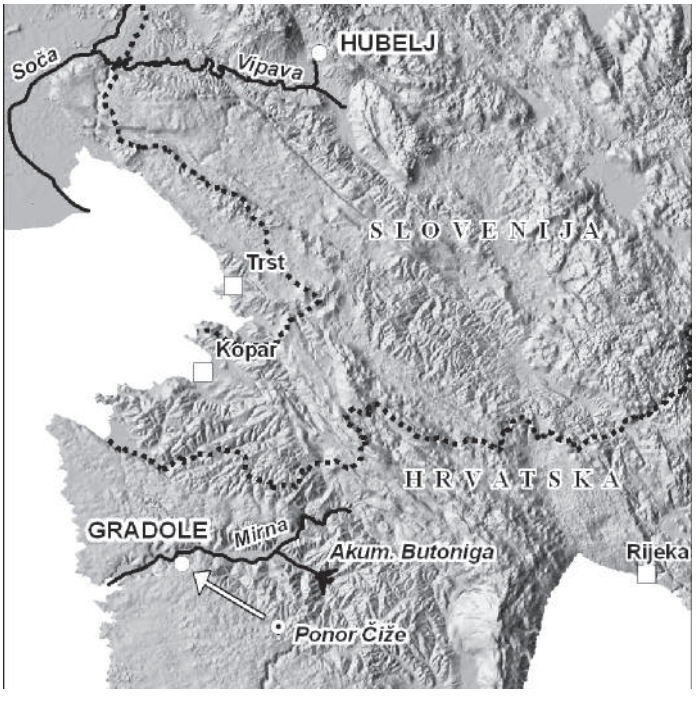
KEY WORDS: karst springs, discharge properties, karst aquifer hydrodynamic, natural tracers

1. UVOD

Predmet istraživanja u danom radu su dva specifična krška izvora sjevernojadranskog područja, izvor Gradole u dolini Mirne s hrvatskog dijela Istre te izvor Hubelj u dolini Vipave u Sloveniji (Slika 1). Oba su izvora zahvaćena za vodoopskrbu, ali zbog njihova različita hidrološka režima s različitim stupnjem regionalnog značaja - izvor Gradole je zbog ujednačenijeg režima otjecanja najvažniji istarski izvor, a Hubelj ima lokalnije značenje - za vodoopskrbu Ajdovščine. U radu je, na temelju raspoloživih hidroloških podataka, provedena analiza dinamike istjecanja njihovih voda. Uz to, proanalizirani su i rezultati provedenih istraživanja prirodnih trasera/izotopa izona izvoru Hubelj [13,14] kao mogućem modelu osiguranja dodatnih informacija o dinamici istjecanja podzemnih voda istraživanja i za izvor Gradole gdje se takva istraživanja, mada interesantna za razvoj optimalnijeg korištenja njegovih voda, do sada nisu provođena.

Naime, izvor Gradole je jedan od rijetkih krških izvora u svijetu na kojemu su provođena umjetna prihranjivanja njegova vodonosnika u cilju povećanja njegove izdašnosti tijekom ljetnih sušnih razdoblja. Takva su umjetna prihranjivanja provođena tijekom više sušnih godina počev od 1988.g. [6]. Radilo se o prihranjivanju vodom iz formirane akumulacije Butoniga na kojoj u to vrijeme još nije bio izgrađen uređaj za kondicioniranje pitke vode, te je crpljenjem vode iz akumulacije i njenim upuštanjem u ponor Čiže u slivu Gradola, udaljenom 14.5 km od samoga izvora, ne samo povećana izdašnost izvora Gradole, već i riješen tretman tih voda. Naime, u takvim situacijama prihranjivanja, voda iz akumulacije koja je slabije kakvoće dijelom je potisnula vode baznoga toka vodonosnika izvora Gradole ka mjestu istjcanja, a dijelom se i pomiješala s njima. Na taj način postojeći uređaj za kondicioniranje voda na izvoru Gradole uspijevao je kondicionirati i prirodne dotoke - izvorske vode za koje je i izgrađen, ali i inducirane dotoke iz akumulacije u njegov vodonosnik.

Dovršetkom izgradnje uređaja za kondicioniranje voda iz akumulacije Butoniga 2002.g. takva rješenja umjetnog prihranjivanja izvora Gradole nisu više primjerena iz ekonomskih razloga - uz i ranije prisutne troškove crpljenja za savladavanja visinske razlike od oko 320 m do ponora Čiže da bi se voda opet podzemljem drenirala na kotu od svega oko 3 m n.m. na Gradolama), prisutni su i troškovi kondicioniranja voda, pa i za vodu koja bi se ponovno upuštala u podzemlje. No, spomenutim dovršetkom izgradnje uređaja za kondicioniranje voda na akumulaciji Butoniga nisu dugoročno riješeni i problemi s osiguranjem planiranih potrebnih vodoopskrbnih količina voda u Istri. Problemi s kakvoćom i bilancom vode u akumulaciji [12,4], kao i zabilježene učestalije pojave iznimno niskih izdašnosti na dijelu krških izvora (značajnije manjih od planiranih minimalnih kapaciteta) uključenih u vodoopskrbne sustave istarskih vodovoda [3], nameću potrebu i daljnjeg razmatranja optimalizacije korištenja podzemnih i površinskih vodnih rezervi istarskih vodonosnika i vodotoka, kao i njihovo povezivanje. U tom smislu dani rad predstavlja podlogu za promišljanje i planiranje daljnjih istražnih radova za neke od tako planiranih zahvata.



Slika 1: Situacija analiziranog područja

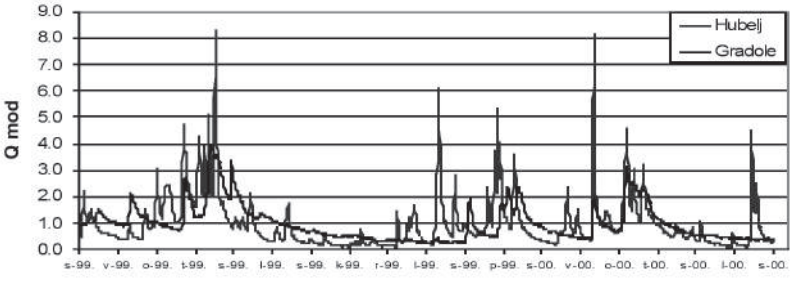
2. OSNOVNE HIDROLOŠKE ZNAČAJKE ANALIZIRANIH IZVORA

Izvor Hubelj lociran je na rubu Vipavske doline, ispod karbonatnog i oborinski vrlo bogatog (sr.god. oborine 2450 mm) planinskog platoa Trnovskog gozda prosječne visine 900 m n.m., na kome se i nalazi njegovo područje prihranjivanja s orografskim slivom od oko 86 km^2, ali vjerojatno s nešto manjim potencijalnim hidrološkim slivom od oko 50 km^2 [14]. Tijekom razdoblja 1961.-90. protoke su mu varirale u rasponu između 0.185 i 59.5 m^{3}s^{-1}, a srednja god. protoka iznosila mu je 3,03 m^{3}s^{-1} [15]. U ovisnosti od količine protoka, izvor istječe na više horizonata i u vidu niza povremenih izvora na višim razinama terena, formirajući pri tome niz slapova. Pri tome se najniža, stalna razina istjecanja, pruža na nadmorskoj visini 219 - 235 m n.m.

Izvor Gradole je najvažniji krški izvor na području hrvatskog dijela Istre, lociran na rubu karbonatnog zaleđa i doline rijeke Mirne, cca 9.5 km uzvodno od njenog ušća u more. Površina njegova pretežitog slivnog područja je 114 km^2 [1], ali tijekom sušnih razdoblja ima daleko šire područje prihranjivanja, te mu je po novelaciji zaštitna zona [10] njihova ukupna površina povećana na 235 km^2. Neposrednom slivu Gradola pripada i 21 km^2 fliških slivova koji se dreniraju u ponorskim zonama koje su neposredno hidrološki vezane za izvor Gradole, među kojima je najizrazitija ponorska zona Marganice sa svojom ponorskom zonom Čiže. Detaljnija istraživanja hidroloških značajki izvora Gradole provedena su u radovima Bonaccija [1], Denić-Jukić [2] te u studiji Građ. fakulteta Rijeka [3], iz koje su i preuzeti i u nastavku dani recentni podaci o karakterističnim izdašnostima iz razdoblja 1987.-2002. Te izdašnosti tijekom trajanja malih voda značajno ovise o dinamici crpljenja,

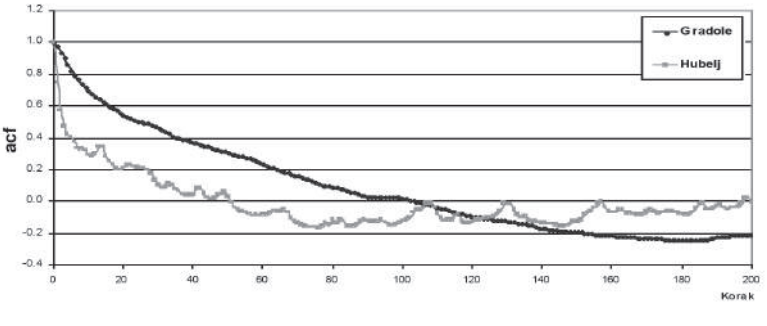
odnosnu stupnju korištenja statičkih rezervi voda uslijed njegova precrpljivanja na mjestu zahvata. Naime, tijekom dugotrajnijih sušnih razdoblja razina vode se spušta ispod praga preljeva i po 2-3 mjeseca uzastopce. Tijekom spomenutog analiziranog razdoblja ukupne protoke varirale su u rasponu od 0.264 - 19 m^3s^{-1}, sa srednjim godišnjim prosjekom od 2.0 m^3s^{-1}. Od toga se za vodoopskrbu koristi prosječno oko 0.5 m^3s^{-1}.

Usporedba vodnih režima Hubelja i Gradola, odnosno hidrograma njihovih modularnih vrijednosti (Slika 2) provedena je za zajedničko razdoblje raspoloživih podataka 1.1.1999.-31.7.2001. Za to je razdoblje prosječna dnevna protoka izvora Hubelj iznosila 2.185 m^3s^{-1}, a Gradola 1.66 m^3s^{-1}. Na kraju analiziranog razdoblja, u srpnju 2001.g., na Hubelju i zabilježen vodni val tijekom kojega su i provedena istraživanja dinamike istjecanja podzemnih voda, detaljnije obrazložena u t.3. Iz nje je vidljivo postoji generalno sezonsko podudaranje unutar-godišnje raspodjele protoka analiziranih izvora, ali s puno bržim i intenzivnijim reakcijama izvora Hubelj, te puno sporijom dinamikom pražnjenjima izvora Gradole.



Slika 2: Usporedba modularnih vrijednosti hidrograma izvora Hubelj i Gradole (1.1.1999.-31.7.2000.)

Radi detaljnije ocjene međuzavisnosti članova vremenskog niza, odnosno stanja prethodnih hidroloških prilika na dinamiku istjecanja podzemnih voda, analizirane su i vrijednosti autokorelacijskih funkcija (acf) srednjih dnevnih protoka spomenutih izvora (Slika 3). Vidljivo je da postoje značajne razlike, te da je utjecaj prethodnih protoka na izdašnosti izvora puno dugotrajniji kod Gradole. Ukoliko se, prema Manginu [9], kao referentna vrijednost, odnosno donji prag značajnosti koeficijenta autokorelacije uzme vrijednost 0.2, proizlazi da takva zavisnost kod Hubelja iznosi 27 koraka, odnosno dana, dok je kod izvora Gradole ona daleko dugotrajnija - čak 64 dana. To ukazuje na različit mehanizam reakcije sustava na pale oborine, kao i različito zadržavanje voda u podzemlju.



Slika 3: Usporedba autokorelacijskih funkcija (acf) izvora Gradole i Hubelj

3. ANALIZA DINAMIKE REŽIMA ISTJECANJA KRŠKIH IZVORA - PRIMJER IZVORA HUBELJ

Proučavanje mehanizma funkcioniranja krških izvora ključno je za primjereno korištenje i zaštitu njihovih vodnih rezervi, a pogotovo za planiranje zahvata kao što su sezonska precrpljivanja statičkih rezervi, kao i umjetna prihranjivanja njihova vodonosnika. Pomoću rezultata takvih istraživanja moguće je postaviti konceptualni model vodonosnika takvih izvora, te na temelju njega provesti i daljnja matematička modeliranja funkcioniranja izvora u promijenjenim hidrološkim uvjetima.

Rezultati istraživanja funkcioniranja krškoga vodonosnika u zaleđu izvora Hubelj [13,14] potvrdili su hipotezu da važan dio napajanja krškog vodnosnika ima brza i koncentrirana komponentu dotoka iz epikrške zone. Najbolji rezultate u prilog tome dobiveni su analizom uzoraka prirodnih trasera tijekom razdoblja naglog nailaska hidrograma velikih voda nakon dugog sušnog razdoblja. Analizirano razdoblje velikih voda (11. do 25.7.2000.) uključivalo je četiri odvojene kišne epizode, odnosno ciklusa istjecanja. Najznačajnija je bila prva, kada je u šest sati u zaleđu izvora palo 63 mm oborine. Te su oborine uzrokovale da je protoka na izvoru Hubelj tijekom sedam sati porasla od 0.6 m^3s^{-1} na 24 m^3s^{-1}. Oborine slijedećih epizoda nisu uveliko utjecale na protoke izvora Hubelj. Između spomenutih oborinskih epizoda su se odvijala detaljna uzorkovanja zasićene i gornje nezasićene zone vodonosnika. Prva su se provodila na samome izvoru Hubelj, druga pak na 600 m iznad izvora, u blizini Sinjeg vrha, u umjetnom rovu izgrađenom 10 do 20 m ispod površine.

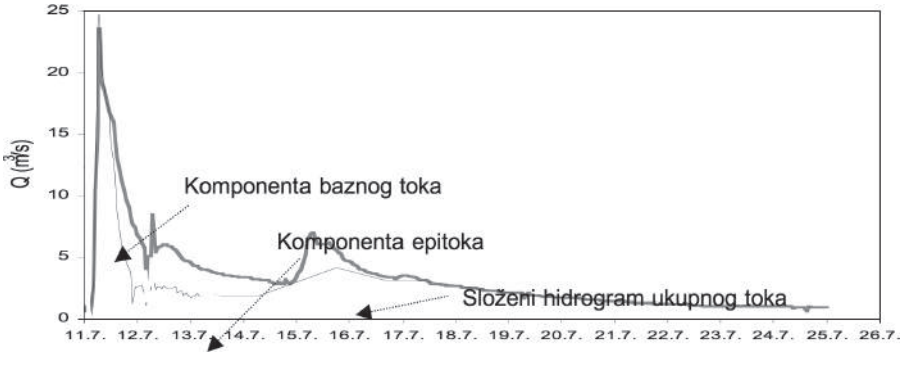
Na osnovu glavnih parametara, izotopskog sastava kisika (δ18O) i koncentracije rastopljenog organskog ugljika (DOC) u uzorkovanim vodama, provedena je inicijalna separacija hidrograma otjecanja izvora Hubelj na tri komponente: a) vodu baznoga toka, b) vodu gornje nezasićene zone i c) novu vodu. Rezultati su pokazali da je primjereno zadnje dvije komponente spojiti u jednu komponentu - komponentu brzoga toka - tzv. epitoka [6]. Pri tome je epitok definiran kao brzi tok a) vode koja je prethodno bila uskladištena u epikrškoj zoni i b) nove vode, koju je epikrška zona najprije koncentrirala u svojoj bazi, a potom ju drenirala u mrežu krških kanala, gdje je pomiješana s vodom infiltriranom u taj sustav. Stoga je konačna separacija hidrograma izvora Hubelj provedena na dvije komponente - a) epitok i b) bazni tok (Slika 5). Na samom početku porasta hidrograma došlo je do prodora epitoka u mrežu krških kanala. To je uzrokovalo da su u vrijeme porasta hidrograma protoka Hubelja najprije istjecale uskladištene vode iz donje nezasićene i zasićene zone vodonosnika, a što je privremeno uzrokovalo i promjenu hidrauličkog gradijenta u podzemlju, a nova infiltrirana oborinska voda se je koncentrirala u epikrškoj zoni. Tek je s trenutkom nastupa vrha hidrograma, odnosno u uvjetima promjene i smanjenja hidrauličkog pritiska u podzemlju, koincidirao i početak procesa napajanja iz mreže krških kanala u vodonosniku, te postupno povećanje udjela epitoka. Maksimalnu vrijednost njegova udjela od 84 %, dosegnuo je pri kraju prve kišne epizode dne 11.7.. Zatim se taj udjel uglavnom smanjivao da bi od dne 21.7., tj. deset dana od pojave velikih voda, ta komponenta poprimila i proračunsku negativnu vrijednost, a što znači da od toga dana napred više nije bilo napajanja izvora kroz mrežu krških kanala, već se je izvor Hubelj raspršeno prihranjivao iz baznoga toka. Tijekom razdoblja opažanja prosječan udio epitoka bio je 41%, a baznog 59%. Sam epitok je sadržavao prosječno oko 54% nove vode i 46 % vode koja je bila prethodno uskladištena u gornjoj nezasićenoj zoni vodonosnika (uglavnom u epikrškoj zoni).

Ti su rezultati omogućili postavu konceptualnog modela krškog vodonosnika zaleđa izvora Hubelj koji pretpostavlja da je njegovo hidrauličko funkcioniranje ovisno o epikraškoj

zoni. Kao posljedica potiskivajućega efekta, nakon pojava oborina pri dnu epikrške zone se koncentriraju a) prethodno uskladištene vode u gornjoj nezasićenoj zoni i b) nova voda. Epikrška zona prevodi tu vodu u niže dijelove vodonosnika u ovisnosti o količini vode u njoj:

1) ukoliko je količina vode manja, najveći dio vode se zadrži i uskladišti u donjem dijelu epikrške zone; ta se voda nakon nekog vremena procjeđuje kroz niz uskih pukotina i raspršeno napaja slabo propusne blokove stijena donje nezasićene zone, odnosno zasićenu zonu vodonosnika;
2) Ako je količina vode velika, a) dio voda se vrlo brzo drenira putem povećih i za vodu provodnih tektonskih pukotina u mrežu krških kanala i uspostavlja brzi koncentriran tok - epitok, dok se drigi dio te vode uskladišti u bazi ekikrške zone.

Epitok napaja niže dijelove vodonosnika dok je hidraulički pritisak u mreži kanala veći od onoga u okolnim blokovima stijena; kad dođe do promjene hidrauličkoga gradijenta, počinje se i voda iz epikrške zone raspršeno procjeđivati, kao što je to opisano u točki 1.



Slika 5: Separacija hidrograma istjecanja izvora Hubelj (11.7.-26.7.2000.)

4. OPTIMALIZACIJA KORIŠTENJA VODNIH RESURSA IZVORA GRADOLE

U odnosu na ostale krške istarske izvore zahvaćene u vodoopskrbni sustav u Istri, izvor Gradole je bilančno najveći (ima udio od 41 % u ukupnim izdašnostima), dok je njegov udio u vodoopskrbi još i veći, čak 57 % od ukupno korištenih voda krških izvora. Gradole karakterizira i vrlo povoljan režim pražnjenja s dugotrajnim recesijskim razdobljima relativno sporoga pražnjenja, s Maillet-ovim koeficijentom pražnjenja pri najnižim razinama od cca $\alpha = 0.007 - 0.008$ [3], a koji ukazuje na lagano pražnjenje sitnih pukotinskih sustava, prslina i klastične ispune krških šupljina [8]. Tijekom tih dugotrajnih razdoblja recesije odvijaju se i spomenuta dugotrajna razdoblja precrpljivanja izvora, odnosno pojedinih godina i djelomično korištenje i dijela njegovih statičkih vodnih rezervi. No, zbog povoljnih hidroloških značajki toga izvora, te položaja i značajki kompleksnog vodoopskrbnog sustava (sastavljenog od više krških izvorišta i akumulacije Butoniga) na koga je priključen, to nisu ni maksimalne mogućnosti njegova iskorištenja.

Jedan vid optimalizacije njegovih vodnih rezervi vezan je uz mogućnost da se promjenom režima korištenja osiguraju, odnosno sačuvaju maksimalne vodne rezerve onda kada su i potrebe najveće. Drugi je vid promjene a ujedno i proširenja korištenja voda izvora Gradole

vezan uz mogućnost optimalizacije rada akumulacije i uređaja za pročišćavanje Butoniga na način da se, s vrlo povoljnim visinskim međuodnosima, osigura njihov priključak na sustav izvora Bulaž - Gradole. Takav je koncept inicijalno predložen još 1995.g. [12], a u tijeku je i detaljnija razrada mogućnosti takvoga sustava [5]. No, postoji i treći vid optimalizacije korištenja njegovih vodnih rezervi, a koji je vezan uz spomenuta umjetna prihranjivanja njegova vodonosnika. Iako postoje pozitivna iskustva s prihranjivanjem iz akumulacije Butoniga, zbog iznimnih troškova crpljenja, kao i nepovoljne vodne bilance akumulacije Butonige tijekom razdoblja kada bi se trebalo vršiti takva prihranjivanja, na osnovu načelnih hidroloških i ekonomskih sagledavanja puno je primjerenije da se priđe detaljnijoj razradi mogućnosti izgradnje akumulacije Marganica (ili sustava akumulacija - retencija zbog dva bujična ogranka koja se sastaju neposredno prije ponorske zone) uzvodno od ponora Čiže, odakle bi se moglo kontrolirati dio sliva (cca 10 km^2) izvora Gradole, a time i regulacija dotoka [11]. No, za primjereno planiranje takvih zahvata, osim detaljnijih hidroloških praćenja u slivu Marganice, nužno je provesti i primjerena geokemijska ispitivanja, kao i prikazana izotopna istraživanja dinamike protjecanja voda kroz krško podzemlje i vodonosnik izvora Gradole. Naime, nužno je poznavati mehanizam funkcioniranja krškog vodonosnika da bi se moglo vršiti regulaciju njegova vodnog režima. Na složenost sustava vodnosnika izvora Gradole, s mogućnošću postojanja i značajne podzemne retencije na putu između ponora Čiže i Gradola upućuju i rezultati provedenih trasiranja radioaktivnim tricijem, provedeni prilikom prvoga prihranjivanja Gradola iz ponora Čiže tijekom 1988.g. [6], te je stoga nužno provesti i spomenuta kompleksnija istraživanja dinamike istjecanja podzemnih voda.

5. ZAKLJUČCI

U danom radu provedene analize i usporedbe vodnih režima krških izvora Hubelj i Gradole, unatoč njihovih relativno bliskih srednjih godišnjih protoka, pokazale su različitu osjetljivost sustava njihovih vodonosnika na promjene hidroloških prilika, kao i različitu dinamiku pražnjenja njihova vodonosnika tijekom sušnih razdoblja. Značajke prirodnog vodnog režima, kao i dosadašnja iskustva s umjetnim prihranjivanjem izvora Gradole vodom iz akumulacije Butoniga pokazuju da je moguća daljnja optimalizacija korištenja njegovih vodnih resursa. Uz moguću optimalizaciju korištenja samoga izvora u prirodnim uvjetima i povezivanjem sa akumulacijom i uređajem za kondicioniranje voda na Butonigi (što nisu bili predmet istraživanja u danom radu), to uključuje i do potencijalno rješenje s izgradnjom akumulacije Marganica iznad ponorske zone Čiže, s kojom bi se ostvarila mogućnost djelomične regulacije režima dotoka u vodonosnik izvora Gradole. S obzirom na složenost takvih zahvata umjetnog prihranjivanja, za planiranje takvoga rješenja nužna provedba kompleksnijih pripremnih istražnih radova, a koja uz hidrološke, geokemijske, tehničke i slične radove, nužno moraju uključiti i izotopna istraživanja dinamike funkcioniranja krškog vodonosnika i istjecanja njegovih voda, koja su na izvoru Hubelj dala vrlo vrijedna saznanja.

6. LITERATURA

1. Bonacci, O. (2000): Određivanje mjesečnih i godišnjih koeficijenata otjecanja na primjeru sliva krškog izvora Gradole. Hrvatske vode 8/23, 225-234.
2. Denić-Jukić, V. (2002): Hidrološko gledište otjecanja u kršu: Disertacija. Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split.

3. Građevinski fakultet Rijeka (2005): Vodni resursi i značajke kopnenih voda Istre u sušnim razdobljima, (nos. zad. Rubinić, J.), Rijeka, nepubl.

4. Hajduk Černeha, B., Rubinić, J., Mihelčić, N. (2007): Akumulacija Butoniga - problemi bilance i kakvoće vode. U pripremi za Zbornik radova 4. Hrvatske konferencije o vodama (Opatija, 17-19.05.2007).

5. IGH PC Rijeka (2006): Vodoopskrbni plan Istarske županije - draft verzija 13.10.2006., (nos.zad. Ravlić, N.), Rijeka, nepubl.

6. Institut „Ruđer Bošković" (1989): Praćenje dinamike toka podzemne vode od ponora Čiže do izvora V. Gradole prilikom kontinuiranog ulijevanja vode iz akumuacije Butoniga u ponor Čiže, (nos.zad. Kvastek, K.), Zagreb, nepubl.

7. Kiraly, L., Perrochet, P., Rossier, Y. (1995): Effect of the epikarst on the hydrograph of karst springs: A Numerical approach. Bulletin d'Hydrogéologie 14, 199-220.

8. Krešić, N. (1991): Kvantitativna hidrogeologija karsta. Naučna knjiga, Beograd, 1991.

9. Mangin, A. (1984). Pour une meillere connaissance des systèmes hydrologies a partir des analyses corrèlatoire et spectrale. J. Hydrolo, 67, 25-43.

10. RGN fakultet (2003): Istraživanja u cilju zaštite izvorišta vodoopskrbe na području istarskog poluotoka, (nos.zad. Bačani, A.), Zagreb, nepublicirano.

11. Rubinić, J. (1999): Idejno rješenje razvitka izvorišta regionalnog vodoopskrbnog sustava Istre. Labin, nepubl.

12. Rubinić,J., Ožanić,N. (1995): Hidrološki aspekti gospodarenja akumulacijom Botonega u Istri. U: Zbornik radova 1. Hrvatske konferencije o vodama (Dubrovnik, 24-27.05.1995): 147-157.

13. Trček, B. (2001): Solute transport monitoring in the unsaturated zone of the karst aquifer by natural tracers: PhD thesis. University of Ljubljana, Ljubljana, 125 pp.

14. Trček, B. (2003): Epikaerst zone and the karst aguifer behaviour - A case study of the Hubelj catchment, Slovenia. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 100 pp.

15. Trišić, N. (1997): Hydrology. U: Karst hydrogeological investigations in south-western Slovenia (ur. Kranjc, A.), Acta Carsologica 26/1:236-256.

AUTORI:

[1] dr.sc.Trček Branka,dipl.ing.geol., Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1001 Ljubljana, Slovenija, Branka.Trcek@geo-zs.si

[2] mr.sc. Rubinić Josip, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, V.C. Emina 5, 51.000 Rijeka, Hrvatska, jrubinic@gradri.hr

[3] Travica Tatjana, dipl.ing.građ., Hidro consult d.o.o. 51.000 Rijeka, Franje Čandeka 23b, 51.000 Rijeka, Hrvatska, tatjana.travica@ri.t-com.hr

[4] Nežić Mladen,dipl.ing.građ., Istarski vodovod, Sv.Ivan Dol 8, 52420 Buzet, Hrvatska, Mladen.Nezic@ivb.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.18.

KAPTIRANI IZVOR U SELU KRŠ

Boško Varićak-Keranović

SAŽETAK: U radu se opisuje Kosinjska dolina i selo Krš u Lici. Nedaleko sela nalazi se Begovo jezero i kaptirani izvori. Prikazana je povijest od rimskih vremena, kada su uz ceste građena stajališta s obveznom vodom za ljude i stoku. Daju se detalji kaptiranja izvora. Voda iz Begova jezera koristila se za vodoopskrbu stanovništva do kraja 70-tih godina prošlog stoljeća.

KLJUČNE RIJEČI: izvor, krš, vodoopskrba, Kosinjska dolina, Lika

CAPTURED SPRING IN THE VILLAGE KRŠ

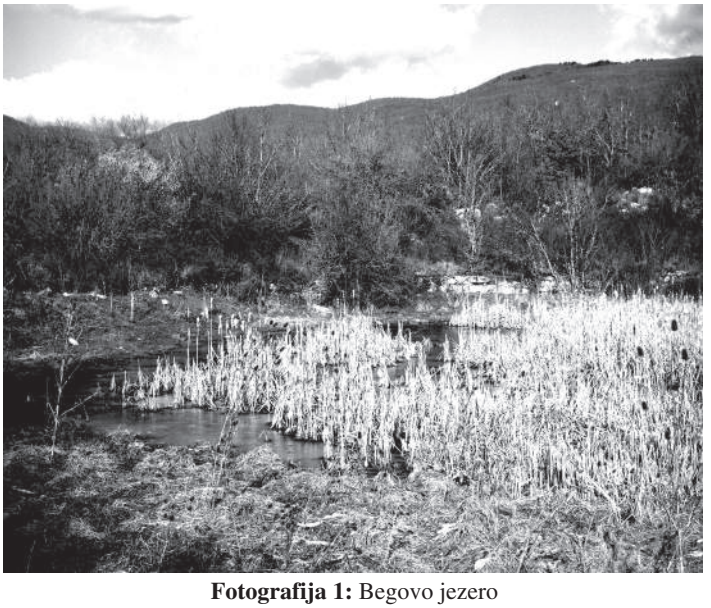
SUMMARY: The paper describes the Kosinjska valley and the Krš village in Lika. In the vicinity of the village, there are the Begovo Lake and captured springs. The paper gives a historical overview starting from the Roman times, when coach stops were constructed with obligatorily provided water for people and livestock. Also presented are details of springs intake. Water from the Begovo jezero was used for population water supply until the end of 1970s.

KEYWORDS: spring,karst, water supply, Kosinjska valley, Lika

Na području kosinjske doline ispod Sjevernog Velebita nalazi se selo Krš, po kojemu je, vjeruje se, za kamenito tlo sa svim svojim karakteristikama u hrvatskom jeziku nastao naziv krš. Nedaleko sela nalazi se Begovo jezero koje se sastoji od četiri kaptirana izvora i dva zdenca u blizini. Kaptaže su rađene na taj način da su šuplja hrastova stabla većeg promjera od 1,5 m zabijani u izvor vode koja izbija iz tla. Izvor bi se tada očistio i izbijala bi tada čista voda koja bi bila zaštićena od urušavanja zemlje u sam izvor i zagađenja vode. Jedno takvo deblo je početkom 50-tih godina izvađeno prilikom čišćenja jezera, a ostala tri izvora su imali hrastova tesana brvna koja su slagana u kvadrat i jedostavim usjekom na uglovima kako bi zadržali formu i funkciju. Jezerce je bilo potpuno ograđeno da bi se mogla koristiti pitka voda i zaštiti od stoke i divljači.

Dva velika zdenca u blizini su naknadno građena i očito su služila za opskrbu pitkom vodom, koja se nosila kući u vučiji. Vučija je drveni zatvoreni sud koji se nosio na leđima, pričvršćen užetom od vune i prebačen preko vučije, zatim preko ramena i međusobo vezana na prsima.

Lokacija jezerca i dva zdenca uz njega je zapravo raskrsnica puteva između sjeverne i južne Hrvatske kao i raskrsnica jednog od puteva duž Dinarida, jer su u neposrednoj blizini i danas vidljivi ostaci raznih temelja koja su potpuno obrasla u grmlje, a koji su



Fotografija 1: Begovo jezero

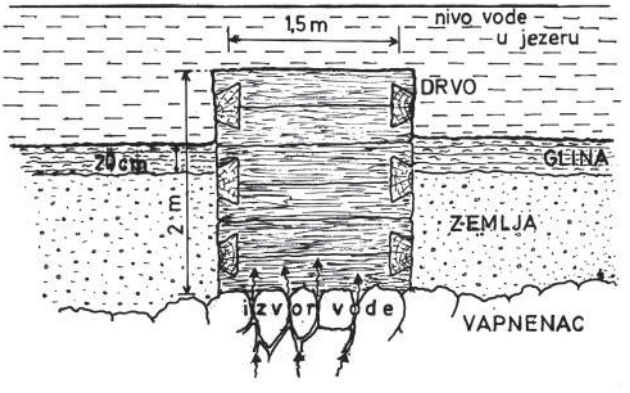
ostaci štala za konje, gdje su se konji mjenjali ili odmarali, dok su druge zgrade ostaci prenoćišta na raskrsnici puteva. Razvojem cesta u rimsko vrijeme bilo je određeno na kojim udaljenostima se grade odmorišta, a gdje stajališta. Svako stajalište je moralo imati vodu kako bi se ljudi okrijepili, a stoka napila. Izvori vode su bili pomno održavani i o njima se vodila velika briga.

Danas znamo samo za osnovne pravce tih cesta, a o manje prometnim cestama vrlo malo, uglavnom temeljem arheoloških nalaza i pretpostavki. Lika je kroz povijest uvijek bila poveznica sjevera i juga, pa čak i Europe, jer je Jadransko more najbliže srednjoj Europi, a i konfiguracija terena pridonosi tome. Osim toga postojali su putovi koji su išli i duž Dinarida, bilo radi trgovine, bilo „romarskih" puteva, kojima se išlo na hodočašće u Rim, odnosno Vatikan.

Kosinj se upravo nalazi na raskrsnici tih puteva, koji povezuju srednju Liku sa Senijom, naziv za Senj u predrimsko doba, i Gacku dolinu, srednju Liku i Dalmaciju. Kada se iz Gacke doline uspne na plato srednje Like, s visinskom razlikom od 130 m, što je za konjsku zapregu uz teret veliki napor, dolazi se do sela Janjče. Od sela stara cesta ide cca 2 km desno prema Kosinjskoj dolini i dolazi do maloga jezerca, koje čine kaptirani izvori. To je zaravan na platou ispod planine Obljaj, a na udaljenosti od 500 m od jezera nalazi selo Krš. Okolicu sela je okruživala kamena pustopoljina a selo nosi naziv iz srednjeg vijeka. Dr. sc. Srećko Božičević iz toga izvodi i trajni naziv u hrvatskom jeziku krš (slovenski kras, srpski kraš). Ukoliko se spušta starom cestom od jezera u Kršu prema rijeci Lici u Kosinju, onda ima 5 km do vode, a stara cesta ne ide uz rijeku već iznad nje, i od rijeke prema zapadu, odnosno Senju, kako bi se izbjegle poplave, koje su se pojavljivale u zimskom i proljetnom razdoblju.

Jezero je veličine oko 40 m po duljoj osovini potpunog ovala. Razina vode se ne mijenja bez obzira na količinu padalina ili količine otopljenog snijega. Vodena površina je smještena na travnatoj zaravni u malom udolju i predstavlja blagodat u tom kraju. Sastoji se od četiri kaptirana izvora vode koji su bili ograđeni i zaštićeni. Do današnjih dana se prenosi priča da su pojedine obitelji vodile brigu svaka o svojoj kaptaži - izvoru i na taj je način jezero bilo čisto, bez šaša i mulja, tako da je bilo znatno dublje. Danas je dubina jezera do 1 m,

dok je prije ta dubina iznosila i do 2,5 m. Prilikom čišćenja jezera početkom 50-tih godina prošlog stoljeća na žalost s bagerom izvadili su iz jednog izvora tesana hrastova brvna, koja su bila na uglovima spojena zasjecanjem u obliku staro-hrvatskog veza na uglovima drvenih kuća, veličine 1,5 x 1,5 m. Na drugom izvoru našli su ostatke hrastovog šupljeg debla promjera cca 1,5 m, što je očito stariji način kaptaže izvora. Prenose se priče da su padine Sjevernog Velebita i planine Obljaj bile stare šume hrasta, javora, graba, jele, smreke, gdje pojedina debla su obujmili tek četiri ili pet ljudi. Sve je davno sasječeno i odveženo pogotovo kada je 1925.g. koz Liku sagrađena željeznička pruga. Na spomen je ostala jedna stara jelka visine 42,5 m čiji obujam na prsnoj visini iznosi 5,7 m i ubraja se u red najstarijih stabala svoje vrste u Europi, a narod toga kraja ga zove „car šume“.



Slika 1: Prikaz kaptiranja izvora

Dno jezera je bilo prekriveno slojem nabijene bijele gline kao nepropusni dio podloge. Interesantno je napomenuti da se pokušalo ustanoviti od kuda potječe glina, ali nije nađeno ništa slično u okrugu od 100 km, što očito znači da se o jezeru vodila sustavna briga i da se nastojalo sačuvati čistu vodu za piće. U samom jezeru živi pijavica Hirudo medicinalis koja obitava isključivo u čistoj vodi i narod ju je koristio u liječenju, jer pijavica iz svojih pljuvačkih žlijezda izlučuje hemofilin ili hirudin koji spriječava zgrušavanje krvi. Upotrebljava se u medicini za vađenje krvi kod tromboflebitisa udova i moždanih sinusa.

Sami izvori su bili ograđeni u vodi i očišćeni od bilo kakvog urušavanja zemlje ili onečišćenja, dok je sa strane ograde bila zemlja i nepropusan sloj gline, koji su učvršćavali ogradu oko izvora, ali i nepropusnom glinom sprečavati oticanje vode. Međutim, mišljenja sam da mora postojati odvodni podzemni kanal, kojim odlazi suvišak vode da bi jezero imalo uvijek istu visinu vode. Isto se dešava i s dva zdenca koja se nalaze u neposrednoj blizini. Manji je zdenac starijeg datuma i s prednje strane je na kamenu uklesana vjerojatno godina nastanka 1406., što ukazuje na vrijednost i kontinuitet uporabe vode u kršu, jer se i danas koristi. Zdenac je promjera 2,5 m, ograđen je klesanim kamenom, tako da se lakše može izvući voda nekim kablićem bilo za piće ili za napajanje stoke.

Dvadesetak metara dalje uz jezero nalazi se veći zdenac, zbog kojega narod zove cijelo jezero „Begovo jezero“. Naime, poslije bitke na Krbavskom polju 1493.g., turska vlast je postepeno zauzimala prostor. Najzapadnija utvrda je bio grad Perušić, makar im je pripadala zapadno od Perušića i cijela kosinjska dolina. Legenda kaže da je Skender beg Perušićki obilazio Kosinj i kada su mu pokazali jezero on reče: „Ako je ovdje uz jezero zdenac od davnina, vi sagradite veći zdenac na spomen meni“. Sagradili su zdenac i od tada narod to jezero zove Begovim jezerom. Zdenac je promjera 3,5 m i zove se „skenderovac“.

Fotografija 2: Pogled na dva zdenca

Fotografija 3: Pogled na zdenac iznutra, način zidanja obloge

Da je cijeli prostor Begovog jezera od davnina u upotrebi dokazuju i kamene stepenice kojima se spušta do zdenca i jezera, jer su uočljivo izlizane od upotrebe, kao i zid oko jezera koji je u jednom dijelu potpuno sačuvan. To je suhozid širine 60 cm izvanredno dobro slagan, te po načinu izgradnje očito pripada srednjem vijeku. Takvim zidom bilo je opasano cijelo jezero s zdencima da stoka ne bi mogla onečistiti jezero. Međutim, u vrijeme gradnje zadružnog doma pod Gradinom, 4 km dalje prema rijeci Lici, neposredno iza II svjetskog rata, s Begovog jezera su dovlačili kamen i ugrađivali ga u dom..

U zimskom razdoblju kada nema lišća i tlo nije pokriveno snijegom, mogu se primjetiti, s gornje strane prema planini Obljaj i pristupnoj cesti koja dolazi s Janjča, po šikari razbacane hrpe poluobrađenog kamenja i naznake temelja. Ovdje je bilo odmorište uz cestu, starog naziva gostinjac, gdje su se odmarali ljudi i konji, a sigurno je bila i kovačnica kao nužni dio „gostinjca“. Uz to je bila i konjušnica gdje su se prema potrebi mjenjali konji.

Fotografija 4: Zaleđeno Begovo jezero

Od kada je to sve kao cijeli kompleks u funkciji teško je reći, ali istražujući cijelo područje naišao sam na fragmente ceste popločene poput rimskih cesta. Isto tako od jezera ide dalje cesta prema stijeni Mlakvena greda udaljenoj cca 4 km. Prema povjesničaru Radovanu Lopašiću, tu je na stijeni visokoj 82 m stajao grad koji je između 9. i 11. stoljeća u vrijeme hrvatskih vladara bio i banovski sudbeni stol za područje Banovine Like. Pretpostavka je da je možda tu bio i centar provincije Lika, jer su danas uočljiva dva reda obrambenih zidova i vrata kroz koja se prolazilo. Do sada je otkopana i istražena samo jedna manja crkva koja je pripadala utvrdi, dok je između dva obrambena zida bila možda i velika crkva na što upućuje i toponim „crkvina".

Ispod navedenog starog grada preko sela Mlakva išla je cesta od jezera pa preko benta - nasipa, što je stari naziv za kamenu pregradu na rijeci na kojoj su bila 2 mlina i stupa za vunu. Danas je na mjestu benta koji je bio najveći u toku rijeke Like, brana Kruščica, i cesta nastavlja put preko potopljenog sela Kruščica prema Pazarištu i spajajući se sa cestom koja je dolazila sa sjevera, nastavljala prema Dalmaciji. Kada se spusti nivo vode na jezeru Kruščica, vidi se ta stara cesta koja je s jakim podzidom još uvijek sačuvana u tom dijelu.

Do kraja 70-tih godina dvadesetog stoljeća s Begovog jezera se nosila voda u „vučiji" (drveni sud veličine 40-50 litara za nošenje vode na leđima) koja je značila život ljudima i stoci. Nakon što su ljudi izgradili vlastite cisterne za vodu, prestaje važnost samog jezera. Brojnost sela Krš se smanjuje zbog odlaska u gradove tokom 50-tih i 60-tih godina prošlog stoljeća. Stanovništvo je staro i malo je radne snage. Za ljeta tu se može naći stada ovaca ili krava kao neka zaboravljena idila u vremenu i prostoru. Ne znamo koliko je taj kompleks bio u funkciji adekvatno vremenu i intenzitetu trgovine, ali treba nastojati da bar ostane takav kakav je danas da bi ga vrednovala slijedeća generacija, razumijevajući i shvaćajući problem čiste, pitke vode i vlastite povijesti kojoj pripadamo.

Popis literature:

1. Božičević, S. (2002) : Selo Krš. Hrvatski zemljopis, godište XI, 2002.
2. Fras, F. J. (1835) : Topografija karlovačke vojne krajine, Mjestopis iz godine 1835.
3. HAZU (1962) : Zbornik za narodni život i običaje Južnih Slavena. Zagreb.
4. Horvat, R. (1941) : Lika i Krbava I i II. Zagreb.
5. Križanić, pl.I. (1907) : Lička željeznica. Karlovac.
6. Patsh, K. (1900) : Lika in Römischen Zeit. Sarajevo.

Autor:

ing. Boško Varićak-Keranović
Zagreb, Klaićeva 60
Tel/fax. 01/3774-701; e-mail: vlasta.jevicki-keranovic@zg.t-com.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.19.

SMJERNICE PRI ODABIRU OPTIMALNOG SUSTAVA ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA U RURALNIM NASELJIMA

Dražen Vouk, Davor Malus

SAŽETAK: U ovom je radu dan osvrt na problematiku rješavanja adekvatnog zbrinjavanja sanitarnih otpadnih voda u ruralnim naseljima u Hrvatskoj. Dosadašnja praksa, koja prihvaća isključivo klasične sustave odvodnje i pročišćavanja uz naglašenu centralizaciju sustava, može se ocijeniti neutemeljenom i neprihvatljivom jer ne proizlazi iz analize relevantnih ekonomskih, tehničko-tehnoloških, socijalnih i ekoloških čimbenika. U radu su definirane smjernice kojima bi se pojednostavio postupak odlučivanja i odabira onog rješenja koje će rezultirati prihvaćanjem i zadovoljavanjem svih relevantnih čimbenika i interesnih skupina. Naglašena je nužnost novog pristupa koji uključuje sažimanje velikog broja relevantnih kriterija i valorizacije njihovih kvantitativnih i kvalitativnih osobina unutar jedinstvene matrice problema - višekriterijske optimalizacije. Pri tome je istaknuta važnost opširnije analize ekonomskog kriterija, kao elementa s najvećim težinskim udjelom u sklopu svake kriterijske strukture. U sklopu predlaganih smjernica ekonomski kriterij je proširen oblikom financijskog planiranja i raspodjele novca u vremenu uz istovremeni iskaz svih novčanih izdataka i dobiti kroz "sadašnju vrijednost novca". Dodatno je istaknuta važnost uključivanja i ostalih kriterija poput tehničko-tehnološkog, socijalnog i kriterija održivosti.

KLJUČNE RIJEČI: otpadne vode, odvodnja, pročišćavanje, dispozicija, ruralna naselja, višekriterijska analiza

DECISION-MAKING GUIDELINES FOR WASTEWATER SYSTEMS IN SMALL RURAL AREAS

SUMMARY: This paper analyses some main aspects of wastewater collection, treatment and disposal in small rural areas in Croatia regarding decision-making processes. Common practice is primarily based on centralized conventional wastewater systems (gravity sewers with activated sludge treatment processes). That might be considered as ungrounded and unacceptable approach because the final decision must be the result from economic, technical, social and ecological analyses. This paper defines the guidelines, which are intended to simplify the overall decision-making process. That approach should result with the best practice selection and have positive reflection on stakeholders' acceptability. The importance of summarizing the large scope of relevant parameters (formed as criteria), as well as, valorization of their quantitative and qualitative properties into the unique matrix is emphasized within this paper. That method is usually called

mulicriteria analysis. Extensive economic analysis within the proposed criteria structure plays important role in overall process since financial aspect is usually weighted with the highest value. The proposed economic analysis technique involves complex form of financial planning across a fuller range of scale. All economic comparisons must be based on net present values ("annualized" costs) because different options have different cost streams over time. The implementation of additional criteria such as technical and social, as well as, criteria of sustainability is also emphasized.

KEY WORDS: wastewater, treatment, disposal, rural areas, multicriteria analysis

1. UVOD

Postojeća praksa u rješavanju problema priključenosti stanovništva na sustav javne odvodnje pokazuje da se različitim projektnim rješenjima (posebno naručeni projekti odvodnje, županijski i gradski planovi odvodnje), odvodnja ruralnih naselja rješava umrežavanjem na dominantan sustav veće urbane cjeline - grada, i konačno ispuštanjem u dominantan prijemnik (vodotok u kontinentalnom dijelu i more u priobalju). Dosadašnji pristup rješavanja problema odvodnje, može imati opravdanje u određenim granicama koje su definirane ekonomskim, tehničko-tehnološkim i ekološkim čimbenicima. Analiza navedenih čimbenika redovito se ne provodi, pa se tako stječe dojam da druga rješenja nisu moguća.

Danas se u gotovo svim razvijenim zemljama svijeta, osim konvencionalnih rješenja (gravitacijska kanalizacija i biološko pročišćavanje aktivnim muljem), uspješno primjenjuju različiti (alternativni) postupci odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, koji uz povoljne terenske prilike mogu predstavljati znatno povoljnija rješenja.

Odabir optimalnog sustava odvodnje, pročišćavanja i dispozicije otpadnih voda (SOPDOV) ne bi trebao biti isključivo tehničke prirode, već bi trebao proizlaziti iz stvarnih potreba lokalne zajednice i stupnja propisane zaštite potencijalnih prijemnika. Otpadne se vode mogu čistiti na različite načine, vodeći računa o zadovoljenju zakonskih odredbi u smislu propisanih graničnih vrijednosti određenih pokazatelja kakvoće vode na samom ispustu (NN 40/99, NN 06/01, NN 14/01).

U ovom je radu sažet prikaz smjernica koje predstavljaju pojednostavljenu tehniku odlučivanja i odabira optimalnog sustava s ciljem što objektivnije usporedbe različitih mogućnosti rješavanja problema otpadnih voda.

Uključivanje većeg broja kriterija, odnosno definiranje višekriterijske strukture prema kojoj bi se valorizirala varijantna rješenja, ključni je parametar cjelokupne analize. Prema tome, dosadašnji pristup odlučivanja vezan isključivo uz nepotpuno analiziran ekonomski kriterij zamijenjen je višekriterijskom analizom u kojoj su sadržani svi relevantni čimbenici. Posebno je naglašena važnost upotpunjavanja ekonomskog kriterija proširenim oblikom financijskog planiranja i raspodjele novca u vremenu uz istovremeni iskaz svih novčanih izdataka i dobiti kroz "sadašnju vrijednost novca". Također je naglašena važnost uključivanja ostalih kriterija koji se smatraju relevantnim za donošenje kvalitetnih odluka poput tehničko-tehnološkog, socijalnog i kriterija održivosti.

2. DEFINIRANJE SMJERNICA ZA ODABIR OPTIMALNOG SUSTAVA

Razmatrajući sve raspoložive postupke odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, na konkretnoj lokaciji, očigledno je da je odabir optimalnog rješenja vrlo složen i zahtjevan

proces.

Definiranjem određenih smjernica nastoji se pojednostaviti proces odlučivanja i odabira onog rješenja koje će rezultirati prihvaćanjem i zadovoljavanjem svih relevantnih čimbenika i interesnih skupina.

Dosadašnja praksa razvijenih zemalja (SAD, EU, Kanada, Australija) pokazala je isplativost i opravdanost uključivanja višekriterijske optimalizacije pri usporedbi većeg broja varijantnih rješenja. Povećanjem broja varijanata, proces njihovog višekriterijskog rangiranja postaje sve složeniji. Stoga je iz velikog skupa raspoloživih postupaka odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda te njihovih međusobnih kombinacija, potrebno na početku analize provesti eliminaciju pojedinih postupaka i suziti skup rješenja koja će se vrednovati u postupcima višekriterijske optimalizacije.

Prema tome, smjernice su definirane u dva osnovna pravca, odnosno dvije faze. Prvu fazu bi predstavljala tipizacija naselja prema dominantnim značajkama, a drugu provođenje postupaka višekriterijske optimalizacije za prethodno eliminirana varijantna rješenja. Tipizacijom je dakle potrebno obuhvatiti široki spektar dominantnih značajki prema kojima bi se već u prvoj fazi analize problema omogućila eliminacija pojedinih tehnologija kod kojih je jasno uočljivo da ne zadovoljavaju minimalne vrijednosti postavljenih kriterija. U nastavku predlaganog slijeda unutar procesa odlučivanja, odnosno odabira optimalnog sustava, predlaže se primjena postupaka višekriterijske optimalizacije. Odabir kriterija i mjerila njihovog zadovoljenja, na osnovu kojih se provodi vrednovanje rješenja, predstavlja okosnicu problematike.

2.1 Tipizacija naselja

Pri donošenju kvalitetnih odluka u planiranju razvoja pojedine sredine, od razine državne strategije do provedbenih mjera izgradnje infrastrukture, važnim segmentom se smatra detaljna analiza kroz grupiranje naselja u određene tipove. Tipizacijom naselja prema određenim dominantnim značajkama cjelokupna bi se analiza odvodnje, pročišćavanja i dispozicije otpadnih voda bitno pojednostavila. Za svaki tip naselja, predložile bi se određene mjere provedbe zaštite, u vidu izdvajanja određenih postupaka odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Pri tome je nerealno očekivati da će se za svaki tip naselja vezan uz određene lokalne uvjete predložiti jedinstveno rješenje.

Početnom eliminacijom pojedinih tehnologija, koja bi se temeljila isključivo na analizi lokalnih prilika promatrane sredine, uvelike bi se olakšao čitav proces odlučivanja. Naime, primjena pojedinih alternativnih sustava odvodnje i pročišćavanja je ograničena različitim lokalnim prilikama te se usporedba svih mogućih rješenja na određenom području smatra neracionalnim pristupom. Stoga je, za svako naselje u postupku njegove tipizacije prema dominantnim značajkama moguće izdvojiti nekoliko tehnologija čije prednosti dominiraju iznad ostalih rješenja.

Predlagana tipizacija naselja provodila bi se prema sljedećim značajkama (kriterijima):

- veličini naselja u odnosu na broj stanovnika (predlaže se podjela u tri tipa - <500; 500-1000; 1000-2000 ES)
- osnovnim hidrološkim cjelinama (vodnim područjima kojima su objedinjene površinske i podzemne vode)
- tlocrtnoj dispoziciji (prema izduženosti i grupiranosti naselja)
- vertikalnoj dispoziciji (da li se naselje nalazi u ravničarskom, brežuljkastom ili brdovitom području)

- vrsti konačnog prijemnika (more, vodotok, podzemlje)
- položaju unutar pojedine regije (odnosi se na blizinu urbanom centru i eventualnu grupiranost naselja)
- geološkim i hidrogeološkim karakteristikama tla (kamenita ili zemljana tla; razina podzemnih voda)
- klimatskim karakteristikama (mediteranska, kontinentalna, planinska)
- zaštićenosti promatranog područja (da li je razmatrano područje osjetljivo, manje osjetljivo ili je nezaštićeno)

Provedena tipizacija definirana je na temelju sakupljenih literaturnih podataka i skromne baze od 20-ak detaljno obrađenih naselja u Hrvatskoj različite veličine (do 2000 ES) u ravničarskom i brdovitom području. U ovom je trenutku očigledna nepotpunost predlagane tipizacije i kao takva predstavlja tek prvu iteraciju u postupku definiranja kvalitetnijeg eliminacijskog alata. Očigledno je da je za njegovu izradu potrebno raspolagati bogatom bazom podataka koja bi se sastojala od detaljne analize i usporedbe svih raspoloživih postupaka za veći broj naselja iz svakog geografski karakterističnog područja države.

2.2 Višekriterijska optimalizacija

Od mnogobrojnih strategija za izbor optimalne varijante, predlaže se postupak višekriterijske optimalizacije (odlučivanja). Naime, u procesu odabira sustava odvodnje i pročišćavanja, naglašava se važnost uključivanja velikog broja čimbenika (ekonomski, socijalni, ekološki, zdravstveni, tehničko-tehnološki, demografski, gospodarski, održivost i drugi utjecajni čimbenici) na temelju kojih bi se vršila međusobna usporedba varijantnih rješenja. Sve te čimbenike je teško obuhvatiti jednim zajedničkim kriterijem. U tom se slučaju usvaja veći broj kriterija prema kojima se odabire optimalna varijanta.

Iako su do danas su razvijene brojne metode višekriterijske optimalizacije, predlaže se za potrebe danih analiza odabrati AHP i PROMETHEE metodu, na temelju učestalosti njihove primjene u okvirima svjetske prakse, jednostavnosti i dostupnosti. Također je potrebno dodatno naglasiti da oba postupka imaju kvalitetnu računarsku podršku - za provođenje AHP postupka je predlaže se korištenje programskog paketa EXPERT CHOICE, a za Promethee postupak DECISION LAB 2000 i PromCalc & GAIA.

Prednosti AHP metode se očituju kod usporedbe alternativa prema njihovim kvalitativnim osobinama, dok je PROMETHEE metoda primjerenija kod rangiranja varijanata prema njihovim kvantitativnim osobinama (novac i sl.). Stoga se predlaže kombinacija obje metode.

2.2.1 Kriteriji za odabir varijanata

Definiranje i odabir kriterija, kao i određivanje njihovih težina je izuzetno bitan faktor. Povećanjem broja kriterija, problem odabira optimalnog rješenja postaje sve složeniji.

Može se istaknuti da se prema postojećoj praksi u Hrvatskoj, u većini slučajeva apsolutna prednost daje ekonomskom kriteriju (odabiru najekonomičnije varijante). Ista je tendencija do unazad nekoliko desetaka godina postojala u okvirima čitave svjetske prakse, ali se ustanovilo da su takva rješenja u većini slučajeva imala negativne socijalne i ekološke posljedice.

Iz tog su razloga, za analizu i vrednovanje varijantnih sustava odvodnje, pročišćavanja i dispozicije otpadnih voda predložene četiri osnovne grupe kriterija:

- Ekonomski kriterij
- Tehničko-tehnološki kriterij
- Socijalni kriterij
- Kriterij održivosti

Izuzev ekonomskog kriterija, unutar kojeg se vrednovanje varijanata temelji na izražavanju njihovih vrijednosti novcem, sve ostale kriterije karakteriziraju kvalitativne osobine te se u njihovoj strukturi predlaže vrednovanje varijanata pomoću metode procjene eksperata, dakle subjektivnom procjenom pojedinca. Stoga je pri provođenju postupaka višekriterijske optimalizacije potrebno uključiti veći broj donositelja odluka, kako bi se povećala objektivnost dobivenih rezultata.

2.2.1.1 Ekonomski kriterij

Pri vrednovanju varijanata po ekonomsku kriteriju obuhvaćeni su ukupni troškovi izgradnje, pogona i održavanja. Proračun troškova unutar okvira klasične inženjerske ekonomije ne uključuje veliki broj utjecajnih čimbenika, već se oni jednostavno sumiraju za određeno projektno razdoblje i kao takvi rezultiraju nerealnim vrijednostima i pogrešnim odlučivanjem. Da bi se dobio bolji uvid u važnost upotpunjavanja ekonomskih analiza, opisat će se određeni pojmovi.

Vremenska vrijednost novca

Vremenska vrijednost novca proizlazi iz "ideje" da određena količina novca kojom raspolažemo danas, vrijedi više od te iste količine u nekom vremenu u budućnosti. Na primjer, 1 kuna danas može se investirati i uložiti tako da će se s vremenom ostvariti određena dobit, pa je njena vrijednost u budućnosti veća. U skladu s tim, 1 kuna potrošena u budućnosti može se "isplatiti" manjim iznosom sadašnjeg kapitala koji će do tog trenutka u budućnosti rasti.

Prema tome, realna usporedba različitih rješenja, zahtjeva diskontiranje troškova i koristi unutar čitavog projektnog razdoblja, odnosno pretvaranje svih tokova novca u ekvivalentnu vrijednost. U praksi se najčešće kao mjera ekonomske performanse koristi *neto sadašnja vrijednost (NSV)*, znači da se svi troškovi i koristi u budućnosti izražavaju kroz današnju vrijednost novca Pri tome je važno definirati, odnosno procijeniti dva parametra - diskontnu stopu i stopu inflacije.

Vremenska raspodjela troškova i koristi

Kod pojedinih rješenja, čiji su ukupni troškovi naizgled jednaki, uključivanje diskontiranja u ekonomske analize može rezultirati različitim NSV, kao posljedica različite dinamike troškova i koristi tijekom njihovog projektnog razdoblja.

Cjelokupni sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda gradi se s ciljem zadovoljenja potreba za određeno vremensko razdoblje u kojem broj stanovnika nije stalan što je kroz primjer prikazano na grafu. Izgrađeni sustav mora zadovoljiti i buduće potrebe s prognoziranim brojem korisnika. U tom slučaju, određeni kapacitet sustava ostaje privremeno neiskorišten što se negativno odražava na cjelokupnu financijsku bilancu. Kod konvencionalnih centraliziranih sustava obim pojedine faze izgradnje, uz duže vrijeme potrebno za izgradnju, znatno premašuje trenutne potrebe, u odnosu na decentralizirane alternativne sustave kojima je svojstvena izgradnja u više faza manjeg obima, a kod

pojedinih postupaka je omogućena izgradnja prema stvarnim potrebama. Na taj se način, dio novčanih sredstava prenosi u budućnost što omogućava ostvarivanje dodatne dobiti kroz njihovo ulaganje u međuperiodu između dvije faze.

U slučaju kreditnog zaduživanja za pokrivanje troškova izgradnje sustava, prednost izgradnje u više faza manjeg obima je očigledna jer se naknadne faze mogu pokriti ostvarenim koristima u prethodnom razdoblju (plaćanje priključenja na komunalnu infrastrukturu, komunalne naknade i dr.) pa je ukupni gubitak na kamate znatno manji.

Općenito se prednost decentraliziranih sustava može izraziti kroz kraće vrijeme potrebno za izgradnju pojedine faze, a samim tim i ranije ostvarivanje koristi; zatim kroz smanjenje privremeno neiskorištenog kapaciteta; treća kroz mogućnost izbjegavanja izgradnje trajno neiskorištenih kapaciteta.

2.2.1.2 Tehničko-tehnološki kriterij

Tehničko-tehnološke karakteristike SOPDOV-a teško je iskazati i međusobno uspoređivati jedinstvenim mjerilom. Iz tog je razloga dani kriterij definiran u više razina. Prva razina je definirana s četiri osnovne skupine podkriterija:

- jednostavnost izvedbe i održavanja sustava
- vrijeme potrebno za izgradnju sustava
- učinkovitost pročišćavanja otpadnih voda
- sigurnost sustava
  - vodopropusnost
  - kontrola tuđih voda

2.2.1.3 Socijalni kriterij

Važnost uključivanja socijalnog kriterija u proces odlučivanja u današnje vrijeme sve više dobiva na značaju. U svakom slučaju bi se trebalo osigurati prihvaćanje konačnog rješenja od strane krajnjih korisnika, te izbjeći negativni sociološki utjecaj. U dosadašnjoj praksi, javnost je uglavnom isključena iz cjelokupne problematike i procesa bilo kakvog odlučivanja, već joj se direktno nameću određena rješenja. Takav se pristup smatra nepotpunim i manjkavim jer bi socijalna razmatranja prema njihovoj važnosti u pojedinim slučajevima, trebala biti sastavni dio planiranja, izvođenja i upravljanja izgrađenim sustavima.

Obzirom da predložena definicija socijalnog kriterija obuhvaća veliki broj različitih aspekata, on je podijeljen u više podkriterija:

- Autonomnost odlučivanja i upravljanja vlastitim sustavom
- Angažiranost stanovništva u održavanju sustava
- Opseg zahvata
- Slobodan prostor potreban za izgradnju
- Zapošljavanje lokalnog stanovništva
- Pravednost pri raspodjeli ukupnih troškova

U pogledu važnosti vrednovanja varijantnih rješenja prema socijalnom kriteriju javlja se potreba za dodatnim terenskim ispitivanjima u obliku provođenja posebno pripremljenih i definiranih upitnika (anketa) na temelju kojih bi se izradila zasebna sociološka studija čiji bi osnovni cilj bio ispitati u kojoj je mjeri javnost spremna na prihvaćanje alternativnih

postupaka i uključivanje u sam proces odabira optimalnog rješenja. Pri tome je izuzetno važno prethodno osigurati određen stupanj educiranosti ispitanika (u konačnici svih interesnih skupina).

2.2.1.4 Kriterij održivosti

Kako je čitav razvoj Hrvatske usmjeren uz načela održivog razvitka, odabir optimalnog sustava mora zadovoljiti i u pogledu održivosti. Ukupno su četiri podkriterija obuhvaćena načelom održivosti:

- Očuvanje i poboljšanje postojećeg hidrološkog režima
- Estetske vrijednosti
- Indirektni utjecaji na zonu stanovanja
- Iskorištenje pročišćene vode i obrađenog mulja

2.3. Sažetak predlaganih smjernica

Predložene smjernice mogu se sažeti u pet koraka koji će donositelje odluke voditi kroz čitav proces odabira optimalnog rješenja. Osnovna pretpostavka je dobro poznavanje svih raspoloživih postupaka odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda.

1. KORAK - Tipizacija naselja (proizlazi iz detaljne analize promatranog područja). Ona iz čitave baze raspoloživih tehnologija i postupaka omogućava izdvajanje manjeg skupa potencijalnih rješenja
2. KORAK - Generiranje varijanata (proizlazi iz rezultata početne eliminacije u sklopu prvog koraka)
3. KORAK - Odabir postupaka višekriterijske optimalizacije. Iako su na raspolaganju brojni postupci, ovdje se predlaže korištenje AHP i PROMETHEE metode.
4. KORAK - Provođenje višekriterijske optimalizacije. Nakon odabira metode slijedi njeno provođenje. Najprije je potrebno definirati kriterijsku strukturu, zatim svakom kriteriju pridati određenu važnost, odnosno pridati mu težinski udio, te konačno valorizirati varijantna rješenja prema postavljenim kriterijima.
5. KORAK - Analiza osjetljivosti se provodi s ciljem provjere stabilnosti dobivenog rješenja u odnosu na promjene ulaznih podataka ili pak promjene težina pojedinih kriterija.

3. ZAKLJUČAK

Ovim su radom sva nastojanja usmjerena prema definiranju određenih smjernica koje bi pojednostavile i olakšale čitav proces odlučivanja, s ciljem što objektivnije usporedbe različitih mogućnosti rješavanja problema adekvatnog zbrinjavanja otpadnih voda, prvenstveno u ruralnim naseljima.

Rezultati ovog rada su namijenjeni svim tijelima koji sudjeluju u procesu odlučivanja, ne samo iz područja struke (investitorima i projektantima) već i ostalim interesnim grupama (tijela lokalne uprave i krajnji korisnici).

Premda je težište rada stavljeno na problem otpadnih voda u ruralnim naseljima, isti je pristup analiziranja problema, primjenjiv na puno širem području, čak i izvan samog područja komunalne hidrotehnike.

U nastavku znanstvenih istraživanja unutar predmetnog područja, predlaže se izrada

pomoćnih alata koji bi olakšali postupak odlučivanja i odabira optimalnog sustava. Za tu je namjenu potrebno raspolagati bogatom bazom podataka čiju bi okosnicu predstavljala analiza problema predložena unutar ovog rada. Takva bi baza podataka predstavljala jedinu mjerodavnu podlogu za izradu složenijih modela, odnosno ekspertnih sustava u funkciji kvalitetne podrške u procesu odlučivanja pri odabiru optimalnih sustava odvodnje, pročišćavanja i dispozicije otpadnih voda.

LITERATURA

1. EPA/832/R-97/001b (1997): *Response to Congress on Use of Decentralized Wastewater Treatment Systems*, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Wastewater Management, Office of Water, Washington D.C., SAD.
2. EPA/625/R-00/008 (2002): *Onsite wastewater treatment systems manual*, Office of water, Office of research and development, U.S. Environmental protection agency.
3. Pinkham, R.D., Magliaro, J., Kinsley M. (2004): *Case Studies of Economic Analysis and Community Decision Making for Decentralized Wastewater Systems*, Project No. WU-HT-02-03, National Decentralized Water Resources Capacity Development Project, Washington University, St. Louis, Missouri, Rocky Mountain Institute, Snowmass, Colorado, SAD.
4. Vouk, D., (2006): *Odabir optimalnog sustava odvodnje, pročišćavanja I dispozicije otpadnih voda u ruralnim naseljima*, Magistarski rad, Zagreb.

AUTORI:

mr. sc. Dražen Vouk[a]

prof. dr. sc. Davor Malus[b]

[a]Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska, dvouk@grad.hr

[b]Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska, malus@grad.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 3.20.

UPORABLJIVOST CIJEVI ZA VODOOPSKRBU I ODVODNJU OTPADNIH VODA U SKLADU SA ZAHTJEVIMA EU I RH

Mihaela Zamolo

SAŽETAK : Prikazan je novi sustav zakonodavstva u EU i RH koji bi se trebao primijeniti i na određivanje uporabljivosti cijevi za vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda. Obzirom da ne postoje sve pretpostave uporabljivost se sada dokazuje u dragovoljnom području koji je predvidio, kao mogućnost, Zakon o sigurnosti proizvoda. Zakon ne navodi da se radi o dragovoljnom području ali prema Zakonu o gradnji uvjet da se primjene specifikacije novih hrvatskih norma je da postoji tehnički propis nove generacije, što ne postoji za navedene konstrukcije ili proizvode.

KLJUČNE RIJEČI: zakonodavni sustav EU i RH, infrastruktura kvalitete, tranpozicija direktive CPD, implementacija CPD, cijevi vodoopskrbe i odvodnje

USE OF WATER-SUPPLY AND DRAINAGE PIPES IN ACCORDANCE WITH THE EU AND CROATIAN REQUIREMENTS

SUMMARY: The new EU and Croatian legislation system that is also to be applied for determining usability of water-supply and drainage pipes is presented. As all preconditions are not currently in place, the usability is presently proven in the voluntary area, which has been anticipated, as a possibility, by the Law on Product Safety. Although this law does not specify the use in voluntary area, the application of new Croatian standards is dependent on the existence of a new-generation technical regulation, which has not been passed for the mentioned structures or products.

KEYWORDS: the EU and Croatian legislation, quality infrastructure, CPD directive transposition, CPD implementation, water-supply and drainage pipes

1 UVOD

Uporabljivost cijevi za vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda određivati će se u skladu s novim tehničkim zakonodavstvom RH kad se steknu svi potrebni preduvjeti za primjenu. Zato je potrebno dobro poznati novi sustav zakonodavstva RH, ali i EU čija načela su osnova za usklađivanje novog zakonodavstva RH.

Proces usklađivanja zakonodavstva u Republici Hrvatskoj započeo je sustavno 2003.

godine, iako je prilagodba zakonodavstva u području građevinarstva počela znatno prije. Usklađivanje građevinskog tehničkog zakonodavstva RH sa zakonodavstvom EU znači usklađivanje sa pravnom stečevinom Zajednice (engl. Acquis Communautaire) čiji su temelji načela Novog pristupa, Općeg pristupa i Direktive za građevne proizvode.

Razdoblje prilagođavanje obuhvatilo je područje zakonodavstva, normizacije, akreditacije, obrazovanja i primjene. Zakonodavni dio temeljio se na Zakonu o građenju (NN 77/92). Temeljem Zakona o normizaciji (NN 55/96) u Državnom zavodu za normizaciju počelo je izdavanje nacionalnih norma, a započela je i akreditacija laboratorija u skladu s normom HRN EN 45001 (poslije HRN EN ISO/IEC 17025), i akreditacija certifikacijskih i nadzornih tijela prema zahtjevima norma HRN EN 45011 i HRN EN 45004. Na fakultetima u nastavne programe uključuju se sadržaji europskih norma, posebno norma za projektiranje konstrukcija (eurokodovi). Zastarjelo zakonodavstvo u odnosu na pouzdanost konstrukcija za mnoge konstrukcije je neprimjereno pa počinje korištenje navedenih eurokodova.

2 ZAKONODAVSTVO EU

Zakonodavstvo EU postavljeno je na načelima Novog pristupa i Općeg pristupa, te direktivama Novog pristupa.

Novi pristup (engl. New Approach) započinje 1985. godine donošenjem Rezolucije Vijeća o novom pristupu tehničkom usklađivanju i normama (85/C 136/01) čime su dana načela i elementi za uklanjanje tehničkih zapreka trgovini, dan je novi pristup tehničkoj harmonizaciji i normama, te potvrđivanju sukladnosti proizvoda. Novim pristupom države članice obvezuju se na zakonodavno usklađivanje "bitnih zahtjeva" za pojedine skupine proizvoda (u građevinarstvu za građevine) kojima se osigurava zaštita života, zdravlja, okoliša i potrošača, dok primjena tehničkih specifikacija (norme i tehnička dopuštenja) nije obvezna.

Opći pristup (engl. Global Approach) osniva se na načelima Rezolucije Vijeća o općem pristupu ocjeni sukladnosti (90/C 10/01) i Odluke Vijeća u svezi s modulima za različite faze postupaka ocjene sukladnosti i pravilima za stavljanje i uporabu CE oznake sukladnosti namijenjenim uporabi u direktivama o tehničkom usklađivanju (93/465/EEZ). Određuju se potvrđivanje sukladnosti kao sustav modula (grupe radnji) i pravila za stavljanje i uporabu CE oznake čime se osigurava slobodan pristup tržištu EGP i potvrđuje da je proizvod sukladan određenoj tehničkoj specifikaciji.

Direktiva za građevne proizvode (engl. Construction Product Directive, CPD, 89/106/EEZ) sadrži načela Novog pristupa u pogledu zakonodavstva i normizacije, te postavlja načela Općeg pristupa u pogledu potvrđivanja sukladnosti, prijavljenih tijela i načina označavanja proizvoda.

3 USKLAĐIVANJE ZAKONODAVSTVA RH

Potpisivanjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju (SSP) 2001., podnošenjem Zahtjeva za članstvo u EU i donošenjem Nacionalne strategija za usklađivanje tehničkog zakonodavstva sa zakonodavstvom EU 2003. godine stvoreni su uvjeti za usklađivanje zakonodavstva.

3.1 Postavljanje infrastrukture za kvalitetu

Načela za tehničko zakonodavstvo kao uređen sustav akreditacije, potvrđivanja

sukladnosti, ispitivanja, normizacije, mjeriteljstva i zaštite potrošača (tržna inspekcija), te uvjeti razdvajanja zakonodavnog obveznog za primjenu, od normirnog neobveznog za primjenu, postavljena su unutar infrastrukture za kvalitetu (engl. Quality Infrastructure), koju čini pet tzv. horizontalnih zakona.

Zakon o tehničkim svojstvima proizvoda i ocjeni sukladnosti (NN158/03) uređuje način propisivanja tehničkih svojstava za proizvode, postupke potvrđivanja sukladnosti, donošenje tehničkih propisa, prava i obveze osoba koje stavljaju proizvod na tržište, prava i obveze tijela za potvrđivanje, dokumente, način označivanja proizvoda, te nadzor nad ispunjenjem zahtjeva i kaznene odredbe za pravne, fizičke i odgovorne osobe.

Zakon o sigurnosti proizvoda (NN 158/03) uređuje opću sigurnost proizvoda koji se stavljaju na tržište. Uređuje tko može staviti oznaku na proizvod, a odgovornost proizvođača samo djelomično. Zakon definira siguran proizvod kao proizvod koji ispunjava sve zahtjeve iz tehničkog propisa, ili koji ispunjava zahtjeve hrvatskih norma kojima su preuzete europske norme ako nema tehničkog propisa, ili koji je sukladan s hrvatskim normama, odnosno s pravilima struke, te pravilima kojima se na uobičajen način štiti sigurnost i zdravlje korisnika u slučaju da nema niti tehničkog propisa niti norma.

Zakon o normizaciji (NN 163/03) uređuje načela i ciljeve hrvatske normizacije, pripremanje i izdavanje hrvatskih normi i njihovu uporabu. Predmet normizacije je proizvod, proces ili usluga koju treba normirati, a cilj normizacije je povećanje razine sigurnosti proizvoda i procesa, čuvanje zdravlja i života ljudi, te zaštita okoliša, promicanje kvalitete proizvoda, procesa i usluga, te otklanjanje tehničkih zapreka u međunarodnoj trgovini. Osnovan je Hrvatski zavod za norme (HZN).

Zakon o akreditaciji (NN 158/03) uređuje osnivanje i djelatnost tijela za poslove nacionalne službe za akreditaciju, određuje područje akreditacije, a temeljem Zakona osnovana je Hrvatska nacionalna agencija (HAA).

Zakon o mjeriteljstvu (NN 163/03) uređuje jedinstveni mjeriteljski sustav koji obuhvaća temeljno, tehničko i zakonsko mjeriteljstvo. Temeljno predstavlja uspostavu državnih etalona, tehničko uspostavlja sljedivost rezultata mjerenja, zakonsko predstavlja dio mjeriteljstva obuhvaćen zakonom u primjeni zakonskih mjerila. Osnovan je Državni zavod za mjeriteljstvo (DZM).

3.2 Zakoni bitni za usklađivanje zakonodavstva

Osim navedenih horizontalnih zakona donesena su dva zakona, također bitna za područje građevinskog tehničkog zakonodavstva, a to su Zakon o obveznim odnosima (NN 35/05) i Zakon o potrošačima (NN 96/03).

Zakon o obveznim odnosima (NN 35/05) definira odgovornost proizvođača, izvođača, projektanata i nadzornih inženjera, što je, osim za izvođača, novima u zakonodavstvu. Zakon definira što je proizvod, siguran proizvod, te definira ulogu i odgovornost proizvođača.

3.3 Transpozicija Direktive CPD

Nema direktne primjene direktiva pa je za svaku potrebna transpozicija u zakonodavstvo. U Direktivi za građevne proizvode, CPD, 89/106/EEZ definirani su bitni zahtjevi, sustav potvrđivanja sukladnosti, prijavljena tijela, označivanje i CE znak, te nadzor nad tržištem, što mora biti uneseno u zakonom uređeno područje pojedine države članice EU, uneseno u Zakon o gradnji (NN 175/03 i 100/04).

Bitni zahtjevi (engl. Essential Requirements, ER), transponirani su u Zakon o gradnji (NN 175/03 i 100/04) poglavlje II, primjena je obvezna, a građevine moraju zadovoljiti

zahtjeve. Bitni zahtjevi dani su kvalitativno, a razrada i kvantitativno određivanje pojedinih zahtjeva predmet je tehničkih propisa.

Potvrđivanje sukladnosti (engl. Attestation of Conformity, AoC) načelno je definirano u Zakonu o gradnji, poglavlje III, i detaljno u Pravilniku o potvrđivanju (ocjenjivanju) sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označivanju građevnih proizvoda (NN 1/05) gdje su dani sustavi potvrđivanja, popis građevnih proizvoda s odgovarajućim sustavom potvrđivanja, uvjeti za imenovanje ovlaštenih tijela, način označivanja proizvoda, sadržaj dokumenata za potvrđivanje.

Prijavljeno tijelo (engl. Notified Body-NB), prema Pravilniku (NN 1/05) postaje se temeljem prijave resornog ministarstva Europskoj komisiji, nakon ovlašćivanja tog tijela na nivou države članice.

Stavljanje znaka CE riješeno je prema navedenom Pravilniku o potvrđivanju sukladnosti. Propisana su 3 tipa oznake i dva tipa znaka, jedan CE znak i jedan nacionalni C. CE oznaka i CE znak namijenjen je samo proizvodima koji su sukladni s nacionalnom normom kojom je prihvaćena harmonizirana europska norma. Na proizvode se ne može staviti CE znak jer RH nije država članica.

Nadzor nad tržištem (engl. Market Surveillance, MS) predstavlja povremeno uplitanje države u nadzor i način je kako se rješava interes potrošača ‡ izvođača. Za sada još nije regulirano.

3.4 Implementacija Direktive (CPD)

Nakon što je direktiva transponirana u Zakon o gradnji i Pravilnik implementacija je moguća ako postoji tehnički propis, nacionalna norma kojom je preuzeta europska norma i postavljen sustav potvrđivanja sukladnosti.

Tehnički propisi nove generacije, detaljno i kvantitativno razrađuju bitne zahtjeve. Upućuju na nove hrvatske norme. Do sada je doneseno sedam tehničkih propisa, za sve nije započela primjena:

Tehnički propis za cement za betonske konstrukcije (NN 64/05 i 74/06),

Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05, 155/05 i 74/06),

Tehnički propis za betonske konstrukcije (NN 101/05 i 85/06)

Tehnički propis za vrata i prozore (NN 69/06),

Tehnički propis za zidane konstrukcije (NN 1/07),

Tehnički propis za dimnjake u građevinama (NN 3/07) i

Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada (NN 3/07).

Sustav potvrđivanja sukladnosti definiran je u Pravilniku o potvrđivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označivanju građevnih proizvoda (NN 1/05).

Za implementaciju potrebne su nacionalne norme na koje upućuju tehnički propisi. Od oko 250 do sada izrađenih europskih harmoniziranih norma, oko 200 je doneseno kao hrvatska norma, a svega 80-tak se može implementirati, za ostale nedostaje propis.

Za implementaciju u nacionalnim okvirima «odgovorni» su i proizvođači koji moraju u odnosu na osoblje, opremu i organizaciju biti sposobni da usvoje principe Općeg pristupa, udovolje zahtjevima propisa i hrvatskih norma na koje propis upućuje.

Osim proizvođača u sustavu potvrđivanja sukladnosti sudjeluju ovlaštena tijela za certificiranje, nadzor i ispitivanje, pa na nacionalom nivou mora postojati takva organizacija(e).

4 POSTOJEĆE STANJE

Teško je uskladiti da svi zakonodavni i normativni uvjeti budu ispunjeni, a koji put je teško udovoljiti i zahtjevu pojedine nove nacionalne norme u pogledu opremljenosti laboratorija za pojedine metode ispitivanja.

Zakon o sigurnosti proizvoda jasno je obvezao proizvođača da na tržište može stavljati samo sigurne proizvode. Prema Zakonu proizvod se smatra sigurnim ako zadovoljava načela: tehničkog propisa nove generacije, nacionalne norme kojom je preuzeta europska norma, ili priznatog tehničkog pravila, pravila struke.

Postoje dva sustava potvrđivanja sukladnosti, što je i praksa u državama članicama EU. Jedan je zakonom uređen sustav (obvezan za primjenu), a drugi je dragovoljan. Za prvi je podloga tehnički propis i zahtjevi koje propis definira direktno ili upućivanjem na norme, a drugi uzima zahtjeve nacionalne norme kojom je preuzeta europska norma. U oba slučaja postupak potvrđivanja mora biti u skladu sa Pravilnikom.

U dragovoljnom području, u slučaju kad je norma harmonizirana proizvod je točno specificiran i poznat je sustav potvrđivanja, međutim ako europska norma još nije harmonizirana sustav potvrđivanja za proizvod određuje se u skladu sa popisom proizvoda iz Pravilnika, gdje je uz proizvod ovisno o konačnoj namjeni, dan i sustav potvrđivanja sukladnosti. Popis je identičan popisu na temelju kojeg europska komisija daje mandate za izradu tehničkih specifikacija.

Što se međutim dešava kad ovlašteno tijelo koje potvrđuje sukladnost za slične proizvode nije još opremljeno, najčešće laboratorijskom opremom za ispitivanje određenih svojstava. Kad se radi o domaćem proizvođaču situacija je složenija jer obično ni proizvođač ne raspolaže potrebnom opremom. Ako se radi o stranom proizvođaču moguće je priznati ispitivanja te vrste koje je provelo prijavljeno tijelo (notified body) države članice.

U praksi često se javljaju problemi kada i da li priznati dokumente koji prate uvezeni proizvod. Odgovor nije jednoznačan. Načelno, prema Zakonu o gradnji i Zakonu o tehničkim svojstvima proizvoda to se može učiniti ako postoji bilateralan sporazum između RH i pojedine države, ako postoji bilateralan sporazum između ovlaštenog tijela u RH i određenog prijavljenog tijela na nivou EU. Niti jedan od principa nije ostvaren pa ostaje samo treća mogućnost, tj. svaki slučaj rješavati zasebno ovisno o važnosti proizvoda za konačnu namjenu i ovisno o dokumentima proizvoda.

Postoji razlika između uporabljivog i sukladnog proizvoda. Sukladan proizvod je onaj koji ispunjava zahtjeve norme temeljem koje mu je proizvođač definirao svojstva. Međutim, takav proizvod ne mora nužno biti i uporabljiv. Uporabljivost proizvoda proizlazi i iz zahtjeva projekta ili općih tehničkih uvjeta koje je propisao investitor. Prema tome, sukladnost je samo nužan uvjet. Projektanti i investitori trebaju paziti da ne propisuju svojstva koja su u suprotnosti sa zahtjevima pojedine norme, posebno ako se radi o harmoniziranoj normi.

4.1 Proizvodi za vodoopskrbne sustave i odvodnju otpadnih voda

Bitni zahtjevi koji se odnose na tu vrstu građevina nameću potrebu utvrđivanja uporabljivosti cijevi i drugih proizvoda unutar tih građevina.

Uporabljivost cijevi vezana je za zahtjeve dane u projektu i s normama za proizvode. Norme su najbolji način da se utvrde tehnička svojstva cijevi kao građevnog proizvoda, čime se utvrđuje i nivo potvrđivanja sukladnosti te način označavanja proizvoda.

Sustav nema uporište u zakonodavnom smislu u cjelini jer ne postoji tehnički propis

nove generacije koji bi uredio to područje u smislu projektiranja, proizvodnje građevnih proizvoda, izvođenja i održavanja. Nisu doneseni tehnički propisi, a sukladnost se može odrediti prema hrvatskim normama kojima su prihvaćene harmonizirane europske norme specifikacija za cijevi. U tom smislu počeo je proces potvrđivanja sukladnosti za cijevi u dragovoljnom području koji je identičan kao da se radi o zakonom uređenom području. Zašto je to potrebno? Prije svega da se osigura da cijevi zadovoljavaju kriterije uporabljivosti a da građevine u koje se ugrađuju zadovoljavaju bitne zahtjeve u odnosu na namjenu i vrstu građevine. Proizvod nema manji stupanj pouzdanosti ako se u dragovoljnom području potvrđivanja poštuju svi principi potvrđivanja kao da se radi o zakonom uređenom području.

Jedino sporno je definiranje stupnja potvrđivanja kada norma nije harmonizirana i ako proizvođača nije točno odredio konačnu namjenu proizvoda. Tablica iz Pravilnika ne pruža uvijek prave informacije.

5 ZAKLJUČAK

Potrebno je izraditi i donijeti tehničke propise za vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda i nastaviti s radom na donošenju nacionalnih normi za proizvode i metode ispitivanja. Na tome trebaju raditi kompetentni stručnjaci, ministarstvo donosi propis.

Potrebno je opremiti laboratorije i ovlastiti tijela za certificiranje, nadzor i ispitivanje navedenih proizvoda. Treba nastaviti sa provođenjem potvrđivanja sukladnosti u dragovoljnom području.

6 LITERATURA

1 Rezolucija Vijeća o novom pristupu tehničkom usklađivanju i normama (85/C 136/01)

2 Rezolucija Vijeća o općem pristupu ocjeni sukladnosti (90/C 10/01)

3 Odluka Vijeća u svezi s modulima za različite faze postupaka ocjene sukladnosti i pravilima za stavljanje i uporabu CE oznake sukladnosti namijenjenim uporabi u direktivama o tehničkom usklađivanju (93/465/EEZ)

4 Direktiva za građevne proizvode (89/106/EEZ) (CPD)

5 Zakon o gradnji 175/03 i 100/04)

6 Pravilnik o potvrđivanju (ocjenjivanju) sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označivanju građevnih proizvoda (NN 1/2005)

7 Horizontalni zakoni

8 Norme za proizvode

AUTORICA:

mr.sc. Mihaela Zamolo, dipl.ing.građ.,

Institut građevinarstva Hrvatske d.d.

TEMA 4.

ULOGA VODNOGA GOSPODARSTVA U RAZVITKU OSTALIH GOSPODARSKIH GRANA

Voditelji i recenzenti teme:
prof. dr. sc. Dragutin Gereš, prof. dr. sc. Josip Marušić,
prof. dr. sc. Davor Romić

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.01.

HIGIJENSKA ISPRAVNOST VODE ZA KUPANJE U PANONSKOM SLANOM JEZERU TUZLA

Nihada Ahmetović, Husejin Keran, Ademir Ahmetović

SAŽETAK: Tuzla je kulturni, obrazovni, industrijski i multietnički centar sjeveroistočne Bosne, te kao takav predstavlja grad sjecišta mnogih puteva. Međutim, duga tradicija izluživanja soli iz podzemnih rudnika dovela je do tonjenja samog središta tj. strogog centra grada Tuzle. U nadi da će se zaustaviti proces slijeganja tla, prije nekoliko godina obustavljen je proces izluživanja soli, a na mjestu gdje je najviše tonjenje bilo zastupljeno napravljeno je vještačko slano jezero, nazvano Panonsko jezero. Izluživanje podzemne slane vode u ogromnim količinama i stvaranjem slanog jezera, napravilo je pravu turističku atrakciju u stogom centru grada, tako da se građani mogu osvježiti tokom ljetnih mjeseci. Obzirom da u blizini Tuzle nema niti rijeka niti jezera sa čistom vodom, odnosno vodom higijenski ispravnom za kupanje, tokom sezone kupanja na slanom jezeru prisutan je veliki broj ljudi koji se kupaju, što predstavlja značajan epidemiološki rizik. Da bi se dobile prave informacije o slanoj vodi, odnosno njenom kvalitetu, tokom ljetnih mjeseci, 2003., 2004., i 2005. vršene su fizičko - hemijske i mikrobiološke analize slanice iz jezera. Rezultati su pokazali da se mineralna slika slane vode tokom tri godine nije bitnije mijenjala, a 2003. godine u određenim vremenskim intervalima mikrobiološkom analizom identificirane su koliformne bakterije kao što su Klebsiella Enterobacter, Escherichia Coli, Pseudomonas species.

KLJUČNE RIJEČI: slana voda, fizičko - hemijske i mikrobiološke analize, Panonsko jezero.

HYGIENIC QUALITY OF THE BATHING WATER IN LAKE PANNONICA TUZLA

SUMMARY: Tuzla is cultural, educational, industrial and multiethnic center of North East Bosnia and Herzegovina; and therefore Tuzla is the intersection of many ways. However, the long-term tradition of leaching of salt from soil under Tuzla has lead to the settling of the center. Hoping to stop the process of sinking, the place where the leaching was the most intensive has been used for the building of an artificial lake called Pannonica. The leaching of salt water in a very large amounts and making the artificial salt lake, has lead to the real attraction of many tourists in Tuzla and they can refresh in hot summer months. Taking into account, that there are not any lakes and rivers near Tuzla, which can be used for refreshing in summer days, a great number of people bathing at Pannonica present a special epidemiological risk. In order to obtain the real data on the salt water and its' quality during summer in 2003.. 2004., and 2005., physical - chemical and microbiological analyses were performed. Obtained results showed that mineral content of salt water was

not particularly changed during that period. During summer season in 2003, coliform bacteria were identified such as Klebsiella Enterobacter, Escherichia Coli, Pseudomonas species.

KEYWORDS: salt water, physical - chemical and microbiological analyses, Pannonica

UVOD

Tuzla je kulturni, obrazovni, industrijski i multietnički centar sjeveroistočne Bosne. Duga tradicija izluživanja soli iz podzemnih rudnika dovela je do tonjenja samog središta grada. U nadi zaustavljanja procesa slijeganja tla, prije par godina obustavljen je proces izluživanja soli, a na mjestu gdje je tonjenje bilo najviše zastupljeno napravljeno je vještačko slano jezero Pannonica. Prema historijskim podacima, Panonsko more se prije 10 miliona godina zbog geotektonskih pokreta povuklo u Crno more ostavljajući iza sebe naslage kamene soli i izvora slane vode. Slani izvori su zajedno sa rijekom Jalom doprinijeli da veći dio ovog područja bude močvara, što je navelo neolitskog čovjeka da gradi naselja sa sojenicama, čime su se obezbjeđivali od poplava. Specifičnost konfiguracije i morfologije terena na ovom prostoru formiralo je vještačku depresiju, a potom vještačku akumulaciju koja je u tom stanju imala izgled bare. Prilikom projektovanja ukazao se niz problema: nepropusnost podloge, mogućnost kontaminacije jezerske vode otpadnim vodama, lokacija na području najintenzivnijeg slijeganja terena, obezbjeđenje dovoljnih količina higijenski ispravne vode, izgradnja pratećih objekata. Kompleks se nalazi na atraktivnoj lokaciji, počeo je sa radom 2003g. Cilj rada je prikaz osobitosti jezera Pannonica, uz identifikaciju, karakterizaciju i procjenu rizika po zdravlje kupača praćenjem hemisjkih i mikrobioloških hazarda u 2003-2005g.

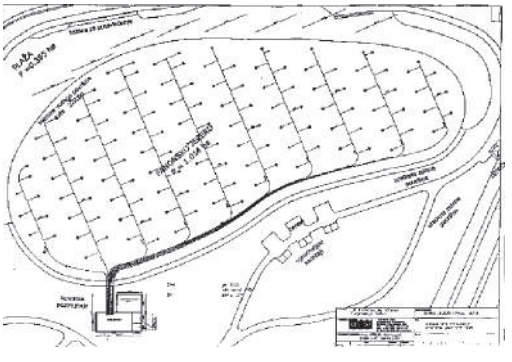
REZULTATI

Karakteristike kompleksa. Lokacija povoljna, na ovaj prostor može se doći iz svih dijelova urbanog područja. Kompleks je dužine 172,5m, širine 43-80m, ukupne vodene površine 10200m^2, volumen vode 12000m^3, dubine 0,8-1,7m. Slika 1. prikazuje izgled kompleksa.

Slika 1. Izgled kompleksa Pannonica

Izrada jezera urađena je uređenjem podtla na koji se postavio temeljni brtveni sistem. Zbog stalnog slijeganja terena (10-20cm/g) konstrukcija podtla je premošćenje praznina nastalih slijeganjem. Na osnovu pretpostavljenog radijusa praznine nastalog slijeganjem urađeno je ojačanje podtla-dvostruko armiranje. Građeno na učvršćenoj podlozi (naboj šljunka 0-60 mm) na koju je položena višeslojna geosintetička zaštita (geotekstil, geomreža

i geomembrana). Za punjenje jezera koristi se voda iz slanih bunara i transportuje se do kompenzacijskog bazena, u okviru uređaja za pripremu vode, miješa sa vodom akumulacije Modrac koja se dovodi zasebnim cjevovodom. Odvodnja otpadnih voda, s obzirom na slijeganje terena i denivelaciju u odnosu na gradsku kanalizacionu mrežu, sistemom pumpi se prebacuju u mrežu. Objekat tehničkog postrojenja za prečišćavanje vode (filterska stanica) lociran je u jugozapadnom dijelu kompleksa. Kapacitet filtera (automatski pješčani) određuje se na osnovu osiguranja sanitarnog minimuma od 1,5x dnevnog filtriranja cjelokupnog volumena vode koji iznosi 12 000 m^3. Priprema vode podrazumijeva flokulaciju, dezinfekciju hlorom i filtriranje. Projektom predviđena količina doziranja hlora je od 2-5 $g/m^3/h$ protoka, ali se pokazalo da su potrebne količine veće, zavisno od kvaliteta vode akumulacije Modrac, opterećenosti brojem kupača i kvaliteta sredstava za dezinfekciju. Na slici 4. prikazan je shematski prikaz kompleksa.



Slika 2. Shema kompleksa Pannonica sa razvodnim instalacijama

Kvalitet slane vode. Slanica koja se obezbjeđuje za postizanje saliniteta vode u jezeru obezbjeđuje se iz slanih bunara sa manjim sadržajem NaCl i H_2S, odakle se voda odvodi u rezervoar u kojem se vrši rasprskavanje slanice preko ugrađenih kaskada, kako bi se isparavanjem oslobodio H_2S, zatim u kompenzacijski bazen i miješa se sa vodom iz akumulacije Modrac u potrebnom omjeru da bi se postigao željeni sadržaj NaCl, a odatle ide na uređaje za prečišćavanje. U tablici 1 prikazan je kvalitet slane vode u 2003-2005 g.

Tablica 1. Kvalitet slane vode iz bunara br. 164 (2003-2005g)

godina	NaCl (g/l)	$NaSO_4$ (g/l)	H_2S (g/l)
2003	8,8-171,6	0,064-53,6	0,0001-0,023
2004	120,6-232,7	3,2-5,48	0,013-0,036
2005	48-223	1,9-5,9	0,004-0,063

Kvalitet vode akumulacije Modrac. Na slivnom području akumulacije ne provode se potrebne mjere zaštite u smislu unosa nanosa i kontrole zagađenja. Kao posljedica takvog stanja u periodu eksploatacije od 40 g, došlo je do smanjenja korisne zapremine akumulacije za oko 12,5x106 m^3 unosom mulja i nanosa, od čega najveći dio potiče iz separacija i površinskih kopova rudnika, unošenja velikih količina organskog zagađenja, nutrijenata i suspendiranih tvari donesenih pritokama, što direktno utiče na stanje kvaliteta vode, pojavu procesa eutrofikacije, naročito u plićim dijelovima. Ukupan teret zagađenja akumulacije odgovara teretu zagađenja od 700000ES. Tokom 2002. g analiza sadržaja metala (AAS metoda) govore o niskom sadržaju (mg/l): As: 0,0007-0,004, Pb: 0-0,0104, Cd: <0,005, Hg: <0,001, Cr: 0,0006-0,0053, Fe: 0-0,082, Mn: 0,003-0,04, Cu: 0,003-

0,0339, Ni: 0,003-0,008. Rezultati bakterioloških analiza ukazuju na kontaminiranu vodu sa najčešće izolovanim: E. Coli, Klebsiella Enterobacter, Pseudomonas spp, Enterobacter Faec, Enterobacter spp, sulfitoredukujuće Klostridije, Aeromonas spp. Rezultati fizičko-hemijskih analiza vode urađene u 2002 g. prikazane su na tablici 2.

Tablica 2. Vrijednosti fizičko-hemijskih parametara akumulacije Modrac iz 2002 g

parametar	prosječne vrijednosti
temperatura (0C)	14,3-22,7
mutnoća (NTU)	2,44-5,86
pH	7,77-8,45
suspendirane tvari (mg/l)	2,4-4,6
vidljive otpadne tvari	bez
utrošak KMnO4 (mg/l)	12,54-23,04
rastvoreni kisik (mg/l)	6,15-14,54
BPK5 (mg/l)	0,73-4,84

Kvalitet vode jezera Pannonica. U laboratoriju Pannonica prate se parametri za procjenu kvaliteta vode i vođenja postupka kondicioniranja. Rezultati analiza prikazani su na tablici 3.

Tablica 3. Fizičko-hemijske analize vode jezera urađene u labor. Pannonica (2004-2005g)

godina	broj uzoraka	br. dana kupanja	temp (0C)	rezid.Cl (mg/l)	NaCl (mg/l)	pH	spec. težina	boja i miris
2004	421	73	18,3-26,3	0,1-0,2	20,28-27,5	7,19-7,72	1,015-1,020	bez
2005	664	98	18,9-26,0	0,006-0,32	24,2-32,2	7,03-7,5	1,020-1,030	bez

Fizičko-hemijske analize vode jezera vršio je i laboratorij Zavoda za javno zdravstvo TK. Rezultati analiza prikazani su na tablici 4.

Rađene su i bakteriološke analize vode jezera, u 2003-2005g urađeno je 50 analiza. Ukupan broj aerob. mezof. bakterija (u 1 ml) kretao se 1-600, najvjer. broj kolif. bakterija (MPN) (u 100 ml) 0-161. Izolovane bakterije: E.Coli, Pseudomonas spp, Klebsiella Enterobacter, Pseudomonas putrefaciens, koag. neg. Staphylococcus, Antrakoidi.

Broj posjetilaca. Prosječan dnevni broj kupača u sezoni 2004. g bio je 1956,8 što je 30,45% iznad projektovanog kapaciteta. Najveća opterećenost jezera kupačima u 2005. godini bila je u julu-prosječno 2815,3 kupača dnevno ili 87,68% preko projektovanog kapaciteta.

DISKUSIJA

S obzirom na sve veću ugroženost životne okoline sve je manje podesnih i sigurnih vodotoka za kupanje i sportske aktivnosti (7). Jezero Pannonica je izgrađeno na prostoru najintenzivnijeg slijeganja gradskog područja, gdje se stvorila depresija u koju su se slivale površinske i otpadne vode gravitirajućeg područja i time ugrožavale ekološki i estetski ambijent grada, a uslijed priliva većih količina oborinskih voda ugrožavale su komunalnu infrastrukturu. Ideja da se na ovom prostoru izgradi sportsko-rekreativni i kulturni centar za projektante i građevinare bio je izazov. Trebalo je objekat sa svim potrebnim sadržajima locirati na području intenzivnog slijeganja terena, obezbijediti dovoljne količine vode za kupanje zadovoljavajućeg kvaliteta, a objekat zaštititi od uticaja površinskih, podzemnih

i otpadnih voda. Zbog navedenog, kompleks ima posebne osobitosti. Školjka jezera je izgrađena tako da udovoljava zahtjevima nepropusnosti i zaštite od uticaja podzemnih i otpadnih voda. Prateći objekti građeni od lakih materijala, na način koji obezbjeđuje njihovu funkciju i pored slijeganja terena, vodeći računa o sanitarno-higijenskim uslovima svih pratećih objekata, kao i o namjeni istih. Problem otpadnih voda je riješen sistemom nepropusnih šahtova koji otpadnu vodu odvode u centralnu pumpnu stanicu odakle se ista, zbog denivelacije terena, mora izbacivati u nivo postojeće gradske kanalizacione mreže. Voda za punjenje bazena obezbijeđena je iz akumulacije Modrac i slanih bunara, čime je obezbijeđena dovoljna količina vode, kao i uslovi za miješanje slane i slatke vode u željenom omjeru (7:3 u korist slatke vode), te se dobija prosječan salinitet od 30 g/l NaCl. Prečišćavanje vode vrši se preko postrojenja za prečišćavanje što podrazumijeva: flokulaciju, regulisanje pH, filtraciju i dezinfekciju. Ubacivanje vode u jezero, poslije

Tablica 4. Rezultati fizičko-hemijskih analiza rađenih u Zavodu za javno zdravstvo

parametar	2003	2004	2005
broj uzoraka	20	8	20
temperatura (0C)	12,56-30	24,1-30,04	23,4-29,4
rezidualni Cl (mg/l)	0-0,3	0,1-0,2	0,15-0,4
susp. materije (mg/l)	<30	<30	<30
ukupni isparni ostatak (mg/l)	2250-3415	19543-33265	22450-36778
sadržaj hlorida (mg/l)	1850-2700	19350-25650	20100-28500
rastvoreni kisik (mgO2/l)	4,84-9,06	6,18-18,78	3,23-9,15
zasićenje kisikom (%)	54,1-115,12	91,44-281,35	-
BPK5 (mgO2/l)	0,012-10,2	1,16-3,12	1,14-6,58
pH	7,2-7,94	7,09-7,31	7,0-7,81

miješanja u kompenzacijskom bazenu, putem pumpi preko filterskog posrtrojenja, vrši se pomoću dizni raspoređenih u školjki jezera, a voda se ponovo vraća na postrojenje putem obodnog kanala oko cijele školjke. Nameće se pitanje kako se postaviti u pogledu ove vrste objekata, koji je uz slanu vodu, jedinstven. Objekat jezera prema karakteristikama obezbjeđenja i prečišćavanja vode za kupanje mogao bi se svrstati u objekte bazena, iako nema karakteristike klasičnog bazena u pogledu podloge, prostora za sunčanje i propusnika za kupače sa dezinfekcionim sredstvom. Ovaj objekat se ne može svrstati ni u plaže na otvorenim vodotocima, jer nije po svojoj namjeni i funkciji. Kada se zna da površinske vode za kupanje spadaju u II klasu, onda se nameće pitanje prisustva soli i hlorisanja vode, kao i ograničene količine vode u jezeru. Izmjena vode se vrši samo za 5-7% ukupne količine koja se gubi isparavanjem i iznošenjem od strane kupača. Za kvalitet bazenskih voda u BiH nema posebnih zakonskih propisa. Za tumačenje rezultata ispravnosti vode koriste se propisi o kvalitetu površinskih voda (1), a u odnosu na koncentraciju rez. Cl i prisutnost drugih tvari koriste se propisi o kvalitetu vode za piće (2). Početkom upotrebe jezerske vode, kvalitet nije bio stabilan. Salinitet je bio manji u odnosu na planirani, rez. Cl je varirao, rastvoreni O_2 i BPK5 ukazivali su na odstupanje od potrebnog kvaliteta, saturacija O_2 je bila promjenljiva, često ispod preporučenih vrijednosti, a pH u granicama vode II klase. U mikrobiološkom pogledu izolovane su koliformne bakterije fekalnog porijekla. Rizici koji se mogu javiti pri korištenju jezerske vode za kupanje odnose se na hemijske i mikrobiološke rizike/hazarde. Izgrađeni objekat ispunjava uslove u pogledu sanitarno-higijenskih uslova, uvedene su i sprovode se preventivne mjere zaštite zdravlja

korisnika, koje u početku nisu bile zadovoljavajuće, ali su vremenom uočeni nedostaci i izvršene korekcije. Objekat jezera je projektovan za kapacitet od 1500 kupača, a u određenim intervalima ovaj broj prelazi te vrijednosti što predstavlja rizik, obzirom da je na projektovani kapacitet dimenzionisana i količina vode, kao i kapacitet prečišćavanja vode, a otežava i održavanje rez. Cl. Postojeće hemijske analize ne ukazuju na prisustvo rizika po zdravlje. Međutim, monitoring ne obuhvata analizu prisustva drugih mogućih štetnih/ toksičnih hemijskih tvari u vodi, što bi moglo predstavljati rizik (4). Mikrobiološki rizik je značajno smanjen regulisanjem koncentracije rez. Cl, uz pretpostavljeni mogući rizik od prisustva drugih mikroorganizama u slanoj jezerskoj vodi. Prijedlog mjera. Zakonske propise uskladiti sa evropskim i svjetskim smjernicama. Neophodno je uspostaviti kontinuirani monitoring za praćenje kvaliteta bazenskih voda u skladu sa važećim propisima i preporukama WHO (3), što podrazumijeva proširenje postojećeg monitoringa. Definisati mikrobiološke i hemijske rizike/hazarde po zdravlje (5). Obezbijediti automatsko praćenje osnovnih parametara kvaliteta vode sa automatskim očitavanjem na ekranu. Ograničiti broj kupača na predviđeni broj. Obezbijediti svakodnevnu izmjenu vode za najmanje 10% ukupne količine vode.

LITERATURA

1. Anonymous (1980): Uredba o klasifikaciji vodotoka i međunarodnih voda i priobalnog mora. Sl. list SR BiH, br. 19/80; R BiH 2/92.
2. Anonymous (1987): Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće. Sl. list SFRJ 33/87; 13/91.
3. Anonymous (2006): Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Volume 2: Swimming Pools and Similar Environments. World Health Organization, Geneve.
4. Anonymous (1995): Integrated Risk Information System. EPA, Washington.
5. Anonymous (1989): Risk Assesment Guidance for Superfund Volume I, Human Health Evaluation Manual (Part A). Office of Emergency and Remedial Response, US EPA, Washington.
6. Babuš, V. (1997): Epidemiologija. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
7. Valić, F. (2001): Zdravstvena ekologija. Medicinska naklada Zagreb.

AUTORI:

mr sci dr Nihada Ahmetović,

Medicinski fakultet Univerziteta u Tuzli

Zavod za javno zdravstvo TK Tuzla, ul. Seadbega Kulovića 6, 75000 Tuzla, BiH;
tel. 035/257-469; fax: 035/257-467; mob.: 061/727-200; e-mail: *beba.endin@yahoo.com*

doc dr sci Husejin Keran, inž. teh.,

Tehnološki fakultet, ul. Univerzitetska 8, 75000 Tuzla, BiH

dr Ademir Ahmetović,

Zavod za javno zdravstvo TK Tuzla, ul. Seadbega Kulovića 6, 75000 Tuzla

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.02.

KONTROLA KAKVOĆE VODE U UZGOJU KALIFORNIJSKE PASTRVE (ONCORHYNCHUS MYKISS WALBUM)

Damir Kapetanović, Marija Tomec, Emin Teskeredžić

SAŽETAK: Dobra kakvoća vode je najvažniji čimbenik za uzgoj ribe, rakova i školjkaša. Tijekom proizvodnje kalifornijske pastrve (Oncorhynchus mykiss Walbum) u vodu se unose hranidbom određene količine organske tvari. Odabirom adekvatne hranidbe, kvalitativno i kvantitativno, moguće je smanjiti količinu zaostale organske tvari, a time i smanjiti negativan utjecaj na okoliš.

Cilj ovih istraživanja bio je utvrditi mikrobiološku i fizikalno-kemijsku kakvoću vode u komercijalnom uzgajalištu kalifornijske pastrve u toku rijeke Krke, a na osnovi praćenja dinamike indikatorskih mikroorganizama i fitobentosa u odnosu na fizikalno-kemijske parametre vode.

Istraživanja su provedena na komercijalnom uzgajalištu pastrva s godišnjom proizvodnjom oko 100 t ribe, veličine 0,3 ha površine, odnosno protoka vode od oko 300 l/s. Lokaliteti uzorkovanja odabrani su tako da se obuhvate sve uzgojne faze ribnjaka: ulaz u ribnjak, 4 lokaliteta na ribnjaku po pojedinim fazama uzgoja, na izlazu iz ribnjaka, te uzvodno (2 lokaliteta) i nizvodno od ribnjaka u rijeci iz koje je uzimana i u koju je ispuštena voda iz uzgajališta. Kvalitetu vode pokazali su parametri: ukupni broj bakterija, ukupni broj koliforma i Escherichia coli, broj enterokoka, relativna zastupljenost indikatorskih vrsta fitobentosa po Knöppu i saprobnost indikatorskih vrsta fitobentosa po Weglu. Indeks saprobnosti na osnovi indikatorskih biljnih vrsta određen je prema Pantle-Buck-u.

Fizikalno-kemijske karakteristike vode na istraživanim lokalitetima pokazuju porast kemijske potrošnje kisika od ulaza do izlaza iz ribnjaka. Brojnost aerobnih bakterija pokazuje progresivne promjene povečanja broja na lokacijama unutar uzgajališta. Postoji pozitivna korelacija između veličine ribe i količine organske tvari i broja indikatorskih mikroorganizama. U sastavu fitobentosa najbrojnije su bile alge kremenjašice (dijatomeje). Prema indikatorskim vrstama dokazan je oligosaprobni i betamesosaprobni stupnj trofije. Utvrđene vrijednosti P-B indeksa saprobnosti upućuju na kakvoću vode I odnosno II vrste.

KLJUČNE RIJEČI: kalifornijska pastrva, mikroorganizmi, fitobentos, voda, uzgajalište, rijeka Krka

WATER QUALITY ANALYSES ON THE RAINBOW TROUT(ONCORHYNCHUS MYKISS WALBUM) FARM

Good water quality is one of the most important factors in fish, shrimps and shellfish

farming. During farming of the rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbum) in the water were released particular organic maters with feeding. Adequate qualitative and quantitative feeding could reduce amount of the rest organic mater and reduce negative impact on environment. The aim of this study was to determine microbial and physico-chemical water quality in commercial salmon farm, on the base of bacterial population dynamics and phytobenthos monitoring in relation to physico-chemical water characteristics. Examination was performed on commercial rainbow trout fish farm with an annual trout production of 100 tons, size 0.3 ha and water flow of 300 l/s. Sampling locations are determined to include all stages of salmon production: entry to the fish farm, four locations on the fish farm at different stages of salmon production, outflow from the fish farm, and locations upstream and down stream from the fish farm. Water quality was determined according to: number of heterotrophic bacteria, total coliforms and Escherichia coli, enterococci, relative representation of indicator phytobenthos species according to Knöpp and saprobity measures of indicators species according to Wegl. Index of saprobity was determined according to Pantle-Buck on the base of indicator plant species. Physico-chemical water characteristics show increase of chemical oxygen demand on examined locations from entry to outflow from the fish farm. Density of the heterotrophic bacteria showed progressive changes in increasing number of bacteria on the locations inside fish farm. There is positive correlation between fish stage and organic load and the number of indicator microorganisms. The most frequently species in phytobenthos assemblage were been diatoms. According to indicator species oligosaprobic and betamesosaprobic degree of trophy was proved. Determined measures of P-B saprobity index indicate I and II water quality.

KEYWORDS: rainbow trout, microorganisms, phytobentos, water, fish farm, Krka river

UVOD

Povećanje akvakulturne proizvodnje u riječnim bazenima mora biti limitirano ograničavanjem narušavanja ravnoteže u okolišu [1]. Intenzivna akvakultura utječe na kvalitetu vode u mnogo vidova, uključujući hipernutrifikaciju, utjecaje na bentos, povećanje organske tvari i bakterijske promjene. Utjecaji su ponekad toliko značajni i uključuju povećanje biološke potrošnje kisika, smanjenje koncentracije kisika, obogaćenje vode sa N i P, a što vodi ka promjeni flore i faune ekosustava [1].

Postoji nekoliko metoda pouzdanih za određivanje toksične komponente u okolišu, ali bio-indikatori zasnovani na odgovoru mikrobioloških stanica imaju prednost [6]. Organsko obogaćivanje može utjecati na progresivnu transformaciju sustava u anoksični okoliš. Poremećaji uzrokovani povećanim obogaćivanjem organskom tvari mogu uzrokovati dugoročne promjene u strukturi bentičke zajednice, uvećavajući relativni značaj malih komponenti tj. bakterija u hranidbenom lancu [7]. Najosjetljiviji element u vodenom ekosustavu je bakterioplankton. Iz toga razloga, njegovo istraživanje može dati rezultate o stupnju onečišćenja ugroženog ekosustava [7]. Bakterijska osjetljivost na promjene uvjeta u okolišu može dati korisne informacije o izmjenama uvjeta u bentosu i o efektu akvakulturne proizvodnje[1].

Cilj ovih istraživanja bio je utvrditi mikrobiološku i fizikalno-kemijsku kvalitetu vode u komercijalnom uzgajalištu kalifornijske pastrve, a na osnovi praćenja dinamike indikatorskih mikroorganizama i fitobentosa u odnosu na fizikalno-kemijske parametre vode na ribljoj farmi smještenoj na prethodno neopterčenom području riječnog toka.

MATERIJAL I METODE

Istraživanja su provedena na komercijalnom pastrvskom ribogojilištu u toku rijeke Krke s godišnjom proizvodnjom oko 100 t ribe, veličine 0,3 ha površine, odnosno protoka vode od oko 300 l/s. Lokaliteti uzorkovanja odabrani su tako da se obuhvate sve uzgojne faze ribnjaka: ulaz u ribnjak, 4 lokaliteta na ribnjaku po pojedinim fazama uzgoja, na izlazu iz ribnjaka, te uzvodno (2 lokaliteta) i nizvodno od ribnjaka u rijeci iz koje je uzimana i u koju je ispuštena voda iz uzgajališta.

Uzorci su sakupljani 4 puta tijekom jedne godine, jedanput po godišnjim dobima. Ključni parametri istraživanja su bakterijska populacija i fitobentos u odnosu na fizikalno-kemijske parametre vode (temperaturu, otopljeni kisik, kemijsku potrošnju kisika (KPK), pH itd.). Fizikalno-kemijski parametri određivani su dijelom na terenu, a dijelom u laboratoriju. prema Standard Methods [15].

Uzorci vode su sakupljani u sterilne 1-L polietilenske boce na oko 20-30 cm ispod površine vode. Brojnost heterotrofnih bakterija u vodi utvrđivana je korištenjem metode serijskog razrjeđivanja. Uzorci vode za određivanje heterotrofnih bakterija serijski su razrjeđivani s Ringerovom otopinom pH 6.0 (Pliva). Triplikati podloga su inokulirani iz svakog razrjeđenja upotrebom metode razlijevanja po podlozi. Podloga korištena za podloge je kruti Yeast extract agar sukladno EN ISO 6222:1999 [2]. Aerobno inkubirane podloge držane su u inkubatoru na 35 °C kroz 24 h i na 22 °C kroz 4-8 dana. Podloge koje su sadržavale između 30 i 300 kolonija su korištene za brojanje. Testovima za potencijalnu fekalnu kontaminaciju određivani su ukupni koliformi i E.coli, kao i enterococci upotrebom Colilert® i Enterolert® testova (IDEXX Laboratories, Inc., Westbrook, ME). Uzorci su prebrojani na osnovu prisutnosti i odsutnosti promjena boje u Quanty-Tray/2000® bazenčićima (IDEXX), a vrijednosti su izražene kao najvjerojatniji broj (MPN) za 100 ml uzorka. Rezultati Colilert testova su očitani nakon inkubacije kroz 24 h na 35 ± 0.5 °C, pri čemu žuti bazenčići indiciraju coliformne bakterije, a žuti bazenčići koji fluoresciraju kada su izloženi UV svijetlu indiciraju prisutnost E.coli. Enterolert testovi su inkubirani kroz 24 h na 41.0 ± 0.5 °C. Rezultati testova su očitani pod UV svijetlom. a broj pozitivnih fluorescirajućih bazenčića je prebrojan i indicira prisutnost enterokoka, a rezultati su izraženi kao najvjerojatniji broj (MPN) za 100 ml uzorka.

Uzorci bentosa konzervirani su 4 %-tnom otopinom formaldehida (konačna koncentracija), a detaljna mikroskopska obrada obavljena je u laboratoriju. Vrste fitobentosa određivane su prema standardnim priručnicima [4; 9; 14; 18]. Relativna zastupljenost vrsta fitobentosa određena je po Knöppu, od 1 do 7, [5], a saprobne vrijednosti indikatorskih vrsta po Weglu [17]. Indeks saprobnosti na osnovi indikatorskih biljnih vrsta određen je prema Pantle-Bucku (1955), te na osnovi dobivenih vrijednosti pokazatelja kakvoće vode, istraživani lokaliteti svrstani su u određenu vrstu, prema Uredbi o klasifikaciji voda [16].

REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati jednogodišnjeg uzorkovanja na salmonidnom uzgajalištu sumirani su u Tablici 1. Srednje vrijednosti istraživanih parametara (temperature, vodljivosti, ukupnog kisika, relativne količine kisika, CO2, kemijske potrošnje kisika, NH4, NH3, m-alkaliteta, karbonatne i ukupne tvrdoće) ne pokazuju bitne oscilacije između mjerenja, ali prate faze uzgoja na ribogojilištu, odnosno obogaćenje vode organskom tvari. Starija uzrasna kategorija pastrve jede više hrane, ali je i ekskrecija kod većih riba veća [12]. Na temelju fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete vode na ispustu, u odnosu na pokazatelje uzvodno

Tablica1: Rezultati fizikalno-kemijske kvalitete vode za uzgajalište kalifornijske pastrve tijekom 2006. godine.

Parametar	Most prije ribnjaka	Ulaz u ribnjak	Izlaz mlađ	Izlaz I bazen	Izlaz II bazen	Izlaz III bazen	Izlaz iz ribnjaka	Ispod ribnjaka
Temperatura (°C)	9,4-9,8 (9,58)	9,3-9,7 (9,5)	9,4-10,4 (9,7)	9,3-10,3 (9,68)	9,3-10,4 (9,73)	9,3-10,8 (9,88)	9,4-11,3 (10,1)	9,6-10,8 (9,93)
Vodljivost (mV/L)	-044-(-066) (-052)	-039-(-046) (-043,75)	-041-(-051) (-046)	-037-(-048) (-044,75)	-040-(-050) (-041,25)	-035-(-050) (-041)	-046-(-090) (-060,25)	-034-(-060) (-048,75)
PH	7,65-8,22 (7,97)	7,65-7,96 (7,84)	7,56-12,02 (8,92)	7,48-8,05 (7,86)	7,39-8,03 (7,79)	7,42-8,06 (7,80)	7,63-8,87 (8,20)	7,43-8,25 (7,96)
Kisik (mg/L)	9,2-10,7 (10,25)	10,3-12,9 (11,43)	9,9-12,2 (10,95)	9,2-12,7 (10,7)	9,5-11,5 (10,1)	7,42-10,4 (8,90)	8,2-11,0 (9,75)	9,3-12,3 (10,8)
Relativni kisik (%)	80,84-93,37 (89,58)	90,29-112,65 (99,72)	86,19-108,63 (96,04)	85,9-112,83 (93,84)	82,71-102,40 (88,64)	67,40-93,44 (81,11)	72,53-99,95 (86,32)	81,33-110,51 (95,25)
CO_2	1,2-3,7 (2,83)	1,9-3,7 (2,75)	2,2-3,4 (2,8)	1,9-3,4 (2,65)	1,6-3,2 (2,53)	1,9-4,0 (2,88)	0,41-3,9 (2,05)	2,3-2,8 (2,58)
KPK (mg/L)	4,14-22,47 (9,58)	6,54-16,31 (12,35)	5,81-20,13 (15,99)	6,22-25,82 (17,49)	7,46-25,31 (17,13)	6,70-26,86 (17,16)	8,91-47,65 (23,07)	5,12-19,59 (13,82)
NH4 (mg/L)	< 0,01-<0,10 (0,10)	<0,01-<0,010 (0,10)	<0,010-0,14 (0,11)	<0,10-<0,13 (0,36)	<0,10-0,13 (0,11)	<0,10-0,16 (0,12)	<0,10-0,14 (0,11)	<0,10-0,112 (0,11)
NH3 (mg/L)	(<0,001)	(<0,001)	<0,001-0,003 (0,0015)	<0,001-0,002 (0,0015)	<0,001-0,002 (0,0013)	<0,001-0,003 (0,0015)	<0,001-0,008 (0,0033)	<0,001-0,004 (0,002)
m-alkalitet	3,34-3,85 (3,65)	3,52-3,89 (3,73)	3,44-3,87 (3,75)	3,37-4,00 (3,73)	3,41-3,76 (3,60)	3,39-3,88 (3,74)	3,21-3,91 (3,55)	3,27-3,54 (3,45)
KT (°dH)	9,35-10,78 (10,21)	9,86-10,892 (10,43)	9,63-10,836 (10,49)	9,44-11,20 (10,43)	9,54-10,53 (10,06)	9,49-10,864 (10,46)	8,99-10,948 (9,93)	9,16-9,91 (9,65)
UT (°dH)	9,78-14,87 (12,06)	11,2-15,68 (12,72)	11,08-14,43 (12,48)	12,16-15,25 (13,08)	11,7488-14,48 (12,48)	11,56-14,70 (12,70)	11,17-14,53 (12,40)	11,67-14,59 (12,63)

od uzgajališta, uočljivo je poboljšanje kvalitete vode nizvodno od ispusta, izuzev kemijske potrošnje kisika koja očekivano blago povećana.

Kvalitativnim analizama uzoraka je utvrđeno da istraživane lokalitete naseljavaju uglavnom fitocenoze karakteristične za krške rijeke. U strukturi mikrofitobentosa istraživanih lokaliteta, s većim brojem vrsta, sudjelovale su Cyanobacteria ili modrozelene alge, Bacillariophyceae ili dijatomeje i Chlorophyta ili zelene alge. Od makrofitobentosa značajan udio u sastavu fito zajednice imale su i hidrofilne vrste mahovina ili Bryophyta. Najveći udio u sastavu mikrofitobentosa, bez obzira na sezonske promjene, imale su dijatomeje penatnog tipa. Veća brojnost vrsta zapažena je na izlazima bazena na ribogojilištu, u odnosu na istraživane lokalitete prije i nakon uzgajališta, što se može povezati s većom količinom nutrijenata koji utječu na razvoj mikrofitskih bentoskih alga [3; 8]. Među utvrđenim biljnim vrstama na istraživanim lokalitetima, veliki broj vrsta pripadao je pokazateljima određenog stupnja saprobnosti odnosno kakvoće vode. Iako su prevladavali betamesosaprobni pokazatelji na svim istraživanim lokalitetima tijekom istraživanja, ipak je uočeno nešto više indikatorskih vrsta većeg onečišćenja na izlazima iz svih bazena i na izlazu iz ribnjaka. Dobivene vrijednosti P-B indeksa saprobnosti od 1,5 do 2,0 upućuju na pripadnost voda uzgajališta I i II vrsti (Tablica 2). Nakon izlaza iz ribogojilišta vrijednosti P-B indeksa saprobnosti se smanjuju što se može povezati s procesima samopročišćavanja nizvodno od ribogojilišta.

Rezultati bakterioloških parametara jednogodišnjeg uzorkovanja kroz salmonidno uzgajalište sažeti su u Tablici 3. Karakterističan utjecaj salmonidnog uzgajališta na kvalitetu vode je povećanje broja mikroorganizama, osobito bakterija [1].

Rezultati istraživanja pokazuju kako se broj E.coli i enterokoka u uzorcima od ulaza u ribnjak do izlaza iz ribnjak nisu značajno mijenjali [6]. Varijacije broja mikrobioloških

Tablica 2: Indeks saprobnosti (S) na 8 lokaliteta tijekom 2006. godine.

Mjesec	Most prije ribnjaka	Ulaz u ribnjak	Izlaz mlađ	Izlaz I bazen	Izlaz II bazen	Izlaz III bazen	Izlaz iz ribnjaka	Ispod ribnjaka
Veljača	1,5 (I Vrsta)	1,6 (I Vrsta)	1,8 (II Vrsta)	1,9 (II Vrsta)	1,9 (II Vrsta)	2,0 (II Vrsta)	2,0 (II Vrsta)	1,8 (II Vrsta)
Lipanj	2,0 (II Vrsta)	1,5 (I Vrsta)	1,9 (II Vrsta)	1,8 (II Vrsta)	1,8 (II Vrsta)	1,8 (II Vrsta)	1,8 (II Vrsta)	1,8 (II Vrsta)
Rujan	1,8 (II Vrsta)	1,6 (I Vrsta)	1,7 (I Vrsta)	1,9 (II Vrsta)	1,9 (II Vrsta)	1,9 (II Vrsta)	1,9 (II Vrsta)	1,7 (I Vrsta)
Listopad	1,6 (I Vrsta)	1,7 (I Vrsta)	1,8 (II Vrsta)	1,8 (II Vrsta)	1,8 (II Vrsta)	1,7 (I Vrsta)	1,7 (I Vrsta)	1,6 (I Vrsta)

Legenda: Prema Uredbi o klasifikaciji voda P-B indeks saprobnosti (S): 1,0 - 1,8 I vrsta; 1,8 - 2,3 II vrsta

parametara uočljive su za ukupan broj koliformnih i heterotrofnih bakterija. Uočljivo je kako se i broj navedenih bakterija mijenjao unutar godišnjeg doba i na samom ulazu u ribnjak, što je određivalo kvalitetu ulazne vode, ali i utjecalo na kvalitetu vode u kasnijim mjerenjima. Tako je kvaliteta ulazne vode u lipnju i listopadu bila I vrste, a u veljači i rujnu II vrste. Od ulaza u ribnjak broj ukupnih koliforma i heterotrofnih bakterija se sukcesivno uvećava po lokalitetima uzorkovanja, odnosno fazama uzgoja na pastrvskom uzgajalištu. Najmanje uvećanje broja bakterija je kod bazena sa mlađi tijekom cijele godine istraživanja. Sa povećanjem uzrasta ribe u uzgoju, povećava se i broj bakterija u uzorcima vode. Povećanje je manje kod predkonzumne ribe (bazen I), dok je izraženije kod bazena sa konzumnom ribom, a na izlazu iz ribnjaka u odnosu na prethodne lokalitete uzorkovanja

Tablica 3: Bakteriološki pokazatelji kvalitete vode tijekom istraživanja u 2006. godini na salmonidnom uzgajalištu.

	UK	EC	ENT	UB 35°C	UB 22°C	VRSTA
Veljača						
Most prije ribnjaka	3013	202	NA	90	670	II
Ulaz u ribnjak	521	100	NA	180	930	II
Izlaz mlađ	405	<100	NA	220	1140	II
Izlaz I bazen	738	<100	NA	230	2500	II
Izlaz II bazen	1989	100	NA	240	6800	II
Izlaz III bazen	1731	100	NA	690	680	II
Izlaz iz ribnjaka	3839	<100	NA	450	1670	II
Ispod ribnjaka	2590	306	NA	60	1120	II
Lipanj						
Most prije ribnjaka	1100	<100	<100	825	1300	II
Ulaz u ribnjak	306	<100	<100	70	225	I
Izlaz mlađ	306	<100	<100	1560	4250	II
Izlaz I bazen	1211	<100	<100	545	7900	II
Izlaz II bazen	4874	<100	<100	2395	25450	III
Izlaz III bazen	27551	<100	<100	3750	37500	III
Izlaz iz ribnjaka	20142	<100	100	3900	4100	III
Ispod ribnjaka	4549	100	<100	3060	4450	II
Rujan						
Most prije ribnjaka	2405	512	100	80	475	II
Ulaz u ribnjak	1829	632	306	10	85	II
Izlaz mlađ	2748	738	202	90	280	II
Izlaz I bazen	3641	521	521	250	645	II
Izlaz II bazen	3786	304	301	1050	2400	II
Izlaz III bazen	2882	304	100	750	10250	III
Izlaz iz ribnjaka	3692	409	852	660	1645	II
Ispod ribnjaka	2621	100	304	165	750	II
Listopad						
Most prije ribnjaka	1336	<100	<100	40	875	II
Ulaz u ribnjak	202	100	100	10	10	I
Izlaz mlađ	304	99	<100	85	830	I
Izlaz I bazen	6565	<100	<100	450	3300	II
Izlaz II bazen	36540	<100	<100	2850	30900	III
Izlaz III bazen	43517	<100	<100	3050	32500	III
Izlaz iz ribnjaka	72699	<100	<100	1735	28500	III
Ispod ribnjaka	5204	<100	<100	505	2925	III

Legenda: UK-ukupni koliformi (MPN/L); EC- Escherichia coli (MPN/L); ENT-enterococci (MPN/L); UB-ukupan broj aerobnih bakterija (cfu/ml); NA-nije analizirano.

dolazi čak i do poboljšanja kvalitete vode (rujan). Nedvojbeno je da su bakterije iskazale jasan odgovor na uvećanje organske tvari na uzgajalištu [7]. Nizvodno od ispusta vode iz ribnjaka u rijeku, u uzorcima vode uočljivo je smanjenje broja bakterioloških pokazatelja, što rezultira u boljoj kvaliteti vode, koja većinom odgovara kvaliteti vode II vrste. Bakterijska kontaminacija nizvodno od uzgajališta je veoma važno obilježje, ali samo za veće farme kada utjecaji prelaze spoznaje dosadašnjih istraživanja [1].

ZAKLJUČAK

Količina organske tvari u vodi važan je i osjetljiv pokazatelj kvalitete vode u istraživanom ribnjaku. U istraživanim uzorcima fitobentosa, uočeno je nešto više indikatorskih vrsta većeg onečišćenja na izlazima iz svih bazena i na izlazu iz ribnjaka. Bakterije i fitobentos su dobri indikatori obogaćenja organskom tvari. Postoji pozitivna korelacija između veličine/mase ribe i količine organske tvari, broja bakterija i fitobentosa, odnosno indeksa saprobnosti. Povečanje protoka rijeke pridonosi poboljšanju kvalitete vode u uzgajalištu.

LITERATURA

1. Boaventura, R., Pedro, M., Coimbra, J., Lencastre, E. (1997): Trout farm effluents: characterization and impact on the receiving streams. Environmental Pollution, 95, 379-387.
2. European committee for standardisation (1999): Water quality - Enumeration of culturable micro-organisms - Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium. European standard, EN ISO 6222.
3. Hillebrand, H., Kahlert, M. (2002): Effect of grazing and water column nutrient supply on biomass and nutrient content of sediment microalgae. Aquatic Botany, 72, 143-159.
4. Hindak, F., Marvan, P., Rosa, K., Popovsky, J., Lhotsky, O. (1978): Slatkovodne riasy. Slovenske Pedagogicke Nakladateljstvo, Bratislava, 724 p.
5. Knöpp, H. (1954): Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer vorfluteruntersuchungen, erläuter an einem Gütelängschnitt des Mains. Die Wasserwirtschaft 45, 9-15.
6. La Rosa, T., Mirto, S., Marino, A, Alonzo, V, Maugeri, Mazzola, A. (2001): Heterotrophic bacteria community and pollution indicators of mussel-farm impact in the Gulf of Gaeta (Tyrrhenian Sea). Marine Environmental Research, 52, 301-321.
7. La Rosa, T., Mirto, S., Mazzola, A., Maugeri, T.L. (2004): Benthic microbial indicators of fish farm impact in a coastal area of the Tyrrhenian Sea. Aquaculture, 230, 153-167.
8. Lassen, C., Revsbech, N.P., Pedersen, O. (1997): Macrophyte development and resuspension regulate the photosynthesis and production of benthic microalgae. Hydrobiologia, 350, 1-11.
9. Lazar, J. (1960): Alge Slovenije. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana.
10. Lobova, T.I., Maksimova, E.Ye., Popova, L Yu, Pechurkin, N.S.(2002): Geographical and sesonal distribution of multiple antibiotic resistence of heterotrophic bacteria of Lake Shira, Aquatic ecology, 36, 299-307
11. Lobova, T.I., Listova, L.V., Popova, L.Yu. (2004): Distribution of heterotrophic bacteria in Lake Shira, Microbiology, 73, 89-93
12. Maillard, V. M., Boardman, G.D., Nyland, J.E., Kuhn, D.D. (2005): Water quality and sludge characterization at raceway-system trout farms. Aquaculture Engineering 33, 271-284.

13. Pantle, R., Buck, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Besondere Mitteilung in deutschen Gewässerkündlichen 12, 135-143.

14. Pavletić, Z. (1968): Flora mahovina Jugoslavije. Institut za botaniku Sveučilišta u Zagrebu, 431 p.

15. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1985), 16, ed., APWA, New York.

16. Vlada Republike Hrvatske (1998): Uredba o klasifikaciji voda. Narodne Novine 77/98. Zagreb.

17. Wegel, R. (1983): Indeks für die Limnosaprobität. Wasser um Abwasser, 26. Beiträge zur Gewässerforschung 13, 1-175.

18. Zabelina, M. M., Kiselev, I. A., Proškina-Lavrenko, A. I.,Šešukova, V. S. (1951): Predelitelj presnovodnih vodorosli SSSR, Vipusk 4, Diatomovie vodorosli.»Sov. Nauka», Moskva, 615 pp.

AUTORI:

Damir Kapetanović,

dr. sc. Marija Tomec,

dr. sc. Emin Teskeredžić

Laboratorij za istraživanje i razvoj akvakulture, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, 10 000 Zagreb, Hrvatska,

Tel./fax. 01/468 09 43; E-mail: *kada@irb.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.03.

CLIMATE CHANGE IMPACT ON IRRIGATION WATER REQUIREMENTS IN PELAGONIA REGION

Katerina Donevska[1], Angelco Panov[2]

SUMMARY:The aim of the paper is to define climate change impact on the irrigation water requirements. The analysis is based on predefined relations between historical climate characteristics and estimated irrigation water requirements. The analysed territory is part of the Pelagonia Region in the Republic of Macedonia and the time horizon is 2100. The description of the baseline climate data is presented according to the data from the Main Meteorological Station Bitola.

Crop water and irrigation water requirement were calculated on monthly basis in accordance with the Penman-Monteith method, with computer program CROPWAT.

Analysis of all historical meteorological, agricultural and soil data sets, and analysis of the relations between historical climate characteristics and estimated irrigation water requirements are presented. The analyses of the dependency of the irrigation water requirements from the independent climate variables (sum of precipitations, maximum average and minimum average temperature) are performed with linear regression model.

Data on future climate change impact on main meteorological parameters are presented for the projected area and time horizon. Using adopted regression model (based of statistical tests and characteristics), future crop water requirement are forecasted on the basis of the generated synthetic climate data sets and conclusions are presented.

KEY WORDS: climate change, irrigation water requirements, linear regression model

UTJECAJ KLIMATSKIH PROJMJENA NA ZAHTJEVE ZA VODOM ZA NAVODNJAVANJE U PELAGONIJSKOJ REGIJI

SAŽETAK: Cilj članka je definirati utjecaje klimatskih promjena na zahtjeve za vodom za navodnjavanje. Analiza se temelji na predefiniranim odnosima između historijskih klimatskih karakteristika i procijenjenih zahtjeva za vodom za navodnjavanje. Analizirano područje dio je teritorije Pelagonije u Republici Makedoniji, a vremenski horizont 2100. Opis temeljnih klimatskih podataka navodi se prema podacima Glavne meteorološke stanice Bitola. Zahtjevi za vodom za poljoprivredne kulture i navodnjavanje izračunati su na mjesečnoj osnovi metodom Penman-Monteith, kompjuterskim programom CROPWAT.

1 izvanredni profesor, dr., dipl. ing. građ., Sveučilište Sv. Ćirila i Metoda, Građevinarski fakultet, Skopje, Odjel za navodnjavanje, amelioraciju, vodoopskrbu i odvodnju, Partizanski odredi 24, PF 560, 1000 Skopje, Republika Makedonija, Tel.: (389 2) 3116 066, Fax: (389 2)3 117 367, E-mail: donevska@gf.ukim.edu.mk
2 dipl.ing. građ., Institut za razvoj voda, Skopje, Republika Makedonija, panov@wdi.com.mk

Prikazana je analiza svih nizova podataka (historijskih meteoroloških, poljoprivrednih i vezanih uz tlo), te analiza odnosa između historijskih klimatskih karakteristika i procijenjenih potreba za vodom za navodnjavanje. Analize ovisnosti zahtjeva za vodom za navodnjavanje i nezavisnih klimatskih varijabli (suma oborina, maksimalne prosječne i minimalne prosječne temperature) provedene su linearnim regresijskim modelom. Podaci o utjecaju budućih klimatskih promjena na glavne meteorološke parametre prikazani su za planirano područje i vremenski horizont, kao i primjena usvojenog regresijskog modela (na temelju statističkih testova i karakteristika), budući zahtjevi za vodom za poljoprivredne kulture predviđeni na temelju generiranih sintetičkih klimatskih nizova podataka, te naposljetku zaključci.

KLJUČNE RIJEČI: klimatske promjene, zahtjevi za vodom za navodnjavanje, linearni regresijski model

INTRODUCTION

Estimates on climate changes indicate that air temperature will increase by 1°C to 3.5°C in 2010 with increased rain in Northern Europe and decreased in Southern Europe. This may lead to reduction of renewable water resources in Southern Europe. According to the Macedonia's First National Communication under the United Nation Framework Convention on Climate Changes certain trend of increasing of annual air temperature has appeared after 1991 and a trend of decreasing of precipitation has been noticed especially from 1984.

Climate change has double impact on the irrigation. On one hand, the main source for irrigation water is the surface water and reduction of precipitation leads to reduction of effective rain and available surface water. On the other hand, the decreased effective rain directly affects the irrigation water requirements. Increased air temperatures induce increase of crop water requirements (increased evapotranspiration). The final result of climate change impact is the increased irrigation water requirements.

In order to analyse the influence of the main climatic parameters (temperature and precipitation) on irrigation water requirements (IWR) in climate change conditions, calculations of the irrigation water requirements are performed for the local conditions in Pelagonia valley. The valley is surrounded by high mountains form the east, north and west side and lower mountains from the south side. Due to this surrounding, dominant climate on the whole area is the moderate continental with cold winters and hot summers. This region is selected because of the irrigation system Strezevo, which covers 20.200 ha and it is one of the largest irrigation schemes in the Republic of Macedonia, and also because of the semi-arid character of the area. The analyses are based on several climatic parameters and monthly and annual sums of precipitations for the main meteorological station Bitola.

MATERIALS AND METHOD OF WORK

Methodology

The irrigation water requirements are defined as a difference between the crop water requirements and the income of the water from effective rain. The crop water requirements are defined with the following equation:

$$ET_c = ET_0 \cdot k$$

where:

ET_c-crop evapotranspiration

ET_o-referent evapotranspiration k -crop coefficient

The referent evapotranspiration is calculated by modified Penman method, using computer program CROPWAT. The values of the crop coefficient are taken from the literature (Doorenbos J., Pruitt W. O., 1992) and adjusted to local conditions for the Republic of Macedonia. Total crop water requirements are calculated on the bases of the data for the reference evapotransiration and the value of the coefficient of the crop in each phase of development. For calculation of the effective rain, the formulas, which are incorporated in the computer program CROPWAT, are used. In this paper, the calculation of the effective rain is made according to the method of Dependable Rain, and the results are compared with the effective rain calculated according to the method of USDA Soil Conservation Servise.

The dependency between irrigation water requirement (dependent variable value) and the total annual (or quarterly) effective rain, average maximum and average minimum temperatures (independent values), determined by implementation of a multi-level cross-correlation (regression) model is presented by the following linear equation:

$$IWR = a + b_1T_{min} + b_2T_{max} + b_3P$$

where:

IWR-irrigation water requirements

Peff-effective rain

Tmax-maximal montly temperature

Tmin-minimal montly temperature

A standard software for statistical data processing was used for determination of the model parameters (a, b_1 …). The multi-level cross-correlation (regression) model between: *IWR* and *Peff, Tmax* and *Tmin* has been developed several times, depending on the way the independent input values were calculated. In general, the developed regression models differ in terms of the analyzed period (season of the year, vegetation period or the whole year), the number of independent input values and the applied formula for calculation of the effective rain.

Using adopted regression model (based of statistical tests and characteristics), future crop water requirement and irrigation water requirements in climate change conditions are forecasted on the basis of the generated synthetic climate data sets.

The time horizon for predicted irrigation water requirements is 2100. The baseline climate data are presented from the Main Meteorological Station in Bitola. Agricultural and soil characteristics are presented according to the data from the project documentation for the irrigation system Strezevo.

Need for irrigation

In order to define the need for irrigation in accordance with the local climatic conditions, there are several indexes, factors and coefficients, which are given in the literature (Srebrenović D., 1986). The values of these factors are calculated on a base of data on temperature and precipitation for the meteorological station Bitola.

According Vilensky, the index of humidity *I* depends on precipitations and evapotranspiration and for the region of Pelagonija is estimated on 0,60. In accordance to the classification proposed by Vilensky, the climate is in the group of semi-arid climate,

where irrigation is needed. Method of *Lang* is used for estimation of the climate humidity with the precipitation factor *KF*. For the area of Bitola *KF*=53,2, which means that there is a need for additional irrigation.

The classification of the climate and need for irrigation are defined in accordance to the monthly precipitation factor. The average monthly precipitation factor for the vegetation period is 2,6, which means that there is a need for regular irrigation in this period (Donevska et all.,2003).

Climate Change Scenarios for Macedonia

According to the Report on Climate Change Scenarios for Macedonia, Review of Methodology and Results (Klemen B., 2006), expected changes of air temperature for the time horizon 2010, as provided by the metrological station in Bitola, are more intensive in the summer periods than in winter ones. Regarding spring and autumn changes, slightly higher temperature changes are expected in the Pelagonia region during spring season. Changes in rain are not expected during winter months or such changes would be minor. Decrease in rain is recorder in all other seasons. Some of the results of the forecasted climatic changes regarding: total annual rain; as well as the average, minimum and maximum air temperature on annual basis are presented in table 1.

Table 1.: Forecasted meteorologycal parameters for MMS Bitola

Characteristic / Year	2025	2050	2075	2100
Mean Precipitation (%)	-3	-6	-11	-15
Mean Average Temperature (^{0}C)	1.2	2.4	3.7	5.0
Maximum Temperature (^{0}C)	1.3	2.7	4.0	5.4
Mininum Temperature (^{0}C)	1.0	2.1	3.1	4.2

Source: Report on Climate Change Scenarios for Macedonia, Review of Methodology and Results

RESULTS

The calculations of the crop water requirements indicate that the crops grown in Pelagonija region have high level of water requirement. The water requirement depends on a wide number of factors, but first of all on the type of the crop and the climatic conditions. Taking into consideration that this is a semi-arid region with hot summers, relatively low humidity and low index of droughts, slightly higher water requirement are expected in this region.

The calculation of the effective rain is performed using the formulas which are incorporated in the computer program CROPWAT. The calculation of the effective rain according to the method of Dependable Rain, the method of USDA Soil Conservation Service and the method of fixed percentage are presented in table 2.

When comparing the results, it is evident that the Dependable Rain methods gives far lower values of effective rain than the USDA method. All comparisons and further analyses regarding the effective rain are calculated according Dependable Rain method, which we consider as more appropriate for the local conditions.

Table 2.: Average Monthly Railfalls (P) and Effective Rain (Peff) in mm for MMS Bitola

Month / Rain	**P (mm)**	**Peff DepRain**	**Peff USDA**	**Peff Fix 60%**
January	49.75	20.59	44.66	29,85
February	46.83	18.73	42.25	28,10
March	48.31	19.64	43.73	28,99
April	47.30	19.52	42.35	28,38
May	59.72	27.56	52.40	35,83
June	38.03	13.50	34.55	22,82
July	39.27	14.92	34.59	23,56
August	33.55	10.58	30.58	20,13
September	36.83	12.97	32.96	22,10
October	51.47	22.87	44.39	30,88
November	67.21	33.80	55.78	40,33
December	66.54	33.00	56.29	39,92
Total (mm/year)	584.80	247.67	514.53	350,88

In order to estimate the influence of the climate change on evapotranspiration for 2025, 2050, 2075 and 2100, it is calculated using the average predicted data for the meteorological parameters (average annual precipitation, minimal annual temperature and maximal annual temperature). The results of the estimated potential evapotranspiration for the vegetation period (April-October) calculated according Penman method, with presumed constant values of all other meteorological parameters are presented in table 3. The ratio between the estimated value of the meteorological parameter and the average one, and also the ratio between the potential evapotranspiration in climate change condition and the average one, are presented in table 3.

Table 3.: Forecasted meteorologycal parameters for MMS. Bitola

Year/Characteristic	**P**	**Tmax**	**Tmin**	**ETo**	**P**	**Tmax**	**Tmin**	**ETo**
Average 1960-1990	303.26	23.46	9.55	3.93				
2025	290.1	24.9	10.5	4.13	4.3%	5.7%	8.6%	4.9%
2050	277.0	26.0	11.3	4.26	8.7%	9.9%	14.8%	7.8%
2075	258.8	27.5	12.1	4.43	14.7%	14.6%	20.9%	11.3%
2100	243.6	28.9	13.1	4.60	19.7%	18.9%	26.6%	14.6%

Crop water requirements and also irrigation water requirements were calculated for the adopted cropping pattern. The dependency between irrigation water requirements and minimum air temperature, maximum air temperature and precipitation was analysed. From the performed analyses it can be concluded that the effective rain has greatest influence on the quality of the regression model. The remaining elements have a relatively low influence on the model, which has been confirmed with the alternated inclusion or exclusion of these elements from the regression model. Regression coefficients and statistical parameters for the regression models related to the vegetation period for different methods of estimating the effective rain are presented in table 4.

Table 4.: Regression Coefficients and Statistical Parameters

Coefficients	Dependable rain	Fixed percentage (60%)	USDA SCS
Intercept (a)	561.514	544.746	566.869
X Variable 1 (b_1)	-6.197	-6.743	-7.198
X Variable 2 (b_2)	6.517	5.998	4.985
X Variable 3 (b_3)	-0.578	-0.534	-0.662
Multiple R	0.906913	0.8689421	0.9394855
R Square	0.822491	0.7550604	0.8826329
Adjusted R^2	0.80119	0.7256677	0.8685489
Standard Error	21.1911	21.443245	21.98421
Observations	30	30	30

The dependency of IWR on the other independent values was determined with the implementation of the defined regression coefficients. All dependencies show a high level of adjustability, which is evident from the value of the correlation coefficient R.

The figure 1 presents the historical values of IWR calculated with the software CROPWAT and the estimated values with the regression model and confirms the stability of the model. The values refer to the regression model where the effective rain is calculated according USDA SCS method. The regression model equation is the following:

$$IWR_{model} = 566.869 - 7.198\ T_{min} + 4.985\ T_{max} - 0.662\ P$$

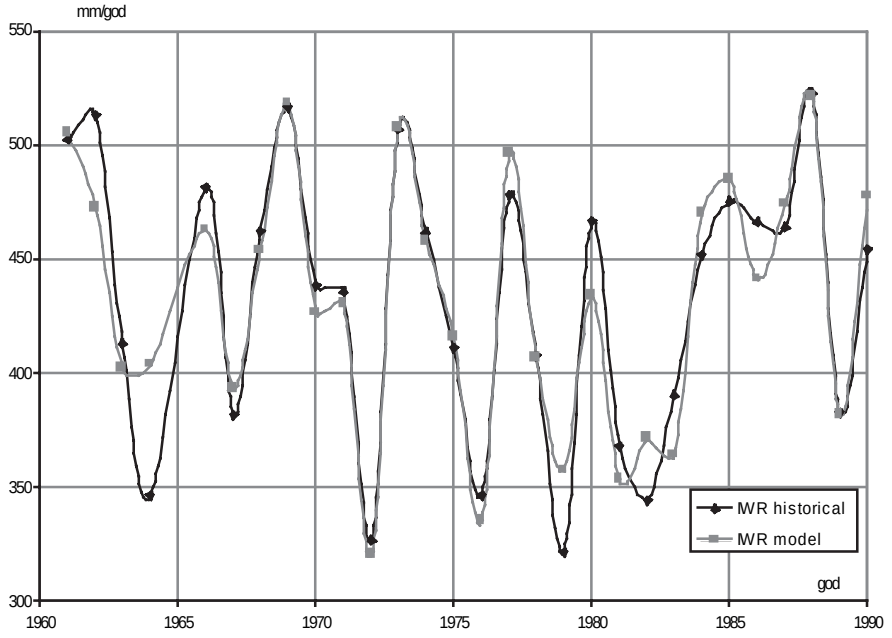


Figure 1.: Irrigation Water Requirements (historical and estimated with the regression model)

The implementation of the regression models and the values of the future climatic parameters as inputs (independent variables) in the models, enable forecasting the future irrigation water requirements in climate change conditions. The estimated data on IWR in climate change conditions, for the 2025, 2050, 2075 and 2100, depending on the method of calculation of the effective rain are presented in table 5. The ratio between the estimated value of IWR in climate change conditions and the average one for the period 1960/1990 is also presented. The aim of presenting the ratio is to analyse the influence of the method of calculation of effective rain on IWR in climate change conditions.

Table 5. Estimated Effective Rain and Irrigation Water Requirements in climate change conditions

Paramet.	**Dependable rain**			**Fix.Percentage (60%)**			**USDA SCS**		
Year	**Peff**	**IWR**	**IWR_{Ratio}**	**Peff**	**IWR**	**IWR_{Ratio}**	**Peff**	**IWR**	**IWR_{Ratio}**
Av.60/90	124.81	582.77	/	186.05	521.54	/	274.71	432.88	/
2025	121.07	588.54	0.98%	177.98	527.95	1.21%	262.81	441.02	1.85%
2050	117.32	593.56	1.82%	169.92	534.07	2.35%	250.90	449.20	3.63%
2075	111.08	601.14	3.05%	158.76	542.78	3.91%	234.42	461.02	6.11%
2100	106.09	607.80	4.12%	149.46	550.25	5.22%	220.68	470.71	8.04%

Although none of the IWR_{ratio} has a significant increase tendency as is the case with the meteorological elements, it is evident that the irrigation water requirements calculated according to the USDA-SCS method have the highest values of the IWR_{ratio}. Depending on the method applied for calculation of effective rain, different tendency of increase of the irrigation water requirements is noticed. If the effective rain in the vegetation period is lower (calculated according Dependable rain method), the irrigation water requirements will be higher and closer to the crop water requirements (CWR). The increase of the irrigation water requirements in climate change condition will be lower in this case. This means that the decrease of rain will not significantly influence the change of the IWR. If the effective rain in the vegetation period is higher (calculated according USDA-SCS method), the IWR will be lower. The increase of the IWR in the forthcoming period will become higher with tendency to follow the trend of increase of the temperature and the decrease of the rain in climate change conditions.

In order to confirm the above, an example was analyzed where the effective rain is calculated as fixed percentage. The percentage was selected in such a manner that the sum of the effective rain in the vegetation period is between the effective rain calculated according to the Dependable rain method and USDA-SCS method. The equations show the correlated dependencies for the possible changes of the IWR during time. The dependency is presented on the Figure 2.

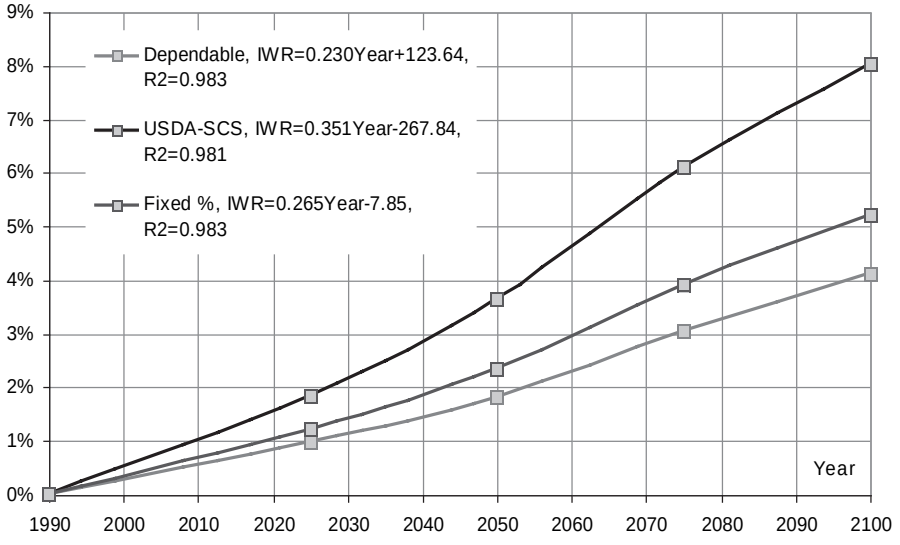


Figure 2.: Dependency of IWR in climate change conditions on method of calculation of effective rain

The tendency of IWR increase is highest for the model where the effective rain is calculated according to USDA-SCS method.

CONCLUSIONS

The analysis of the dependency of the estimated irrigation water requirements with CROPWAT software and historical climate parameters (sum of precipitations, maximum average and minimum average air temperature) are performed with linear regression model. The conclusions from the mentioned analyses can be summarized as:

When comparing the results from calculation of the effective rain, the Dependable Rain methods gives lower values of effective rain than the USDA method.

Taking into consideration the climate change impact on temperature and precipitation, potential evapotranspiration for the vegetation period (April-October) was calculated according to Penman method, with presumed constant values of all other meteorological data. It is expected that the average value of the potential evapotranspiration for the 2075-2100 is going to increase 14,6% compared with the average value of potential evapotranspiration for the 1960-1990.

The regression models for determining the dependency between irrigation water requirements and main meteorological parameters (sum of precipitations, maximum average and minimum average air temperature), for different methods of estimating the effective rain were developed. From the performed analyses it can be concluded that the effective rain has greatest influence on the quality of the regression model and the remaining elements have a relatively low influence on the model.

Using the regression model and predicted values for the main meteorological parameters (sum of precipitations, maximum average and minimum average air temperature) in climate change conditions, irrigation water requirements were calculated for the time horizon

2100. These analyses were performed for all three methods for calculation of effective rain. The ratio between the estimated value of irrigation water requirements in climate change conditions and the average one for the period 1960/1990 was calculated in order to analyse the influence of the method of calculation of effective rain on irrigation water requirements in climate change conditions. It is concluded that none of the IWR_{ratio} has a significant increase tendency as is the case with the meteorological elements. Depending on the method applied for calculation of effective rain, different tendency of increase of the irrigation water requirements is noticed. If the effective rain in the vegetation period is lower (calculated according Dependable rain method), the irrigation water requirements will be higher and closer to the crop water requirements. The increase of the irrigation water requirements in climate change condition will be lower in this case. This means that the decrease of rain will not significantly influence the change of the irrigation water requirements If the effective rain in the vegetation period are higher (calculated according USDA-SCS method), the irrigation water requirements will be lower. The increase of the IWR in the forthcoming period will become higher with tendency to follow the trend of increase of the average minimum and average maximum temperature and the decrease of the annual sum of rain.

LITERATURE

1. Donevska K., Dodeva S., 2003, *Irrigation Requirement Data in Irrigation System Planning*, 3rd Croatian Conference on Waters, Proceedings, 739-746, Osijek.

2. Doorenbos, J., Pruitt, W., O. (1992): *Crop Water Requirements*, FAO Irrigation and Drainage Paper No 24, Rome.

3. Klemen B., 2006, Report on Climate Change Scenarios for Macedonia, Review of Methodology and Results

4. Macedonia's First National Communication under the United Nation Framework Convention on Climate Changes, 2003, Ministry of Environment and Physical Planning, Skopje.

5. Smith, M. (1992): *CROPWAT, Computer Program for Irrigation Planning and Management*, FAO Irrigation and Drainage Paper N°46, Rome

6. Srebrenović, D. (1986), *Primijenjena hidrologija*, Tehnicka knjiga, Zagreb

Authors:

Katerina DONEVSKA
Associate professor, PhD, CEng, University Sts Cyril and Methodius, Faculty of Civil Engineering in Skopje, Department of Irrigation, Drainage, Water Supply and Sewage, Partizanski odredi 24, PF 560, 1000 Skopje, Republic of Macedonia, Phone: (389 2) 3116 066, Fax: (389 2)3 117 367, E-mail: donevska@gf.ukim.edu.mk

Angelco PANOV
CEng, Water Development Insitute, Skopje, Republic of Macedonia,
panov@wdi.com.mk

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.04.

INTEGRALNI SUSTAV UPRAVLJANJA PROJEKTIMA NA POSLOVIMA ODRŽAVANJA I OBNAVLJANJA VODNOGOSPODARSKIH SUSTAVA I OBJEKATA - PILOT PROJEKT

Robert Kartelo, Hrvoje Meštrović, Davor Delić

SAŽETAK: Obavljanje poslova kojima se ostvaruje upravljanje vodnogospodarskim sustavima i objektima u Hrvatskoj predstavlja jednu od temeljnih djelatnosti Hrvatskih voda. Obujam poslova generira veliki broj ugovorenih aktivnosti i poslova, te zahtijeva značajan angažman velikog broja sudionika u procesu aministriranja i upravljanja sa strane naručitelja kao i sa strane izvoditelja.

Nedostatak jedinstveno vođenog sustava upravljanja ovih poslova suočavalo je sve projektne sudionike s problemima u realizaciji i pomanjkanjem kontrole nad projektima.

Primijenom sustava upravljanja projektima na izrađenom pilot projektu ostvareno je, kroz zajednički e-sustav sa centraliziranom bazom za praćenje projekta, univerzalno centralno administriranje svih projektnih faza, od izrade troškovnika, do konačnih obračuna radova, osigurano je ubzanje komunikacije i protok dokumenata između naručitelja i izvoditelja radova, dinamičko praćenje stanja izvednih radova, usporedba plana s ostvarenjem radova u realnom vremenu, jednostavno izvještavanje, te je stvorena pretpostavka za jednostavniju izradu godišnjih planova i rebalansa planova.

KLJUČNE RIJEČI: upravljanje projektima, rješenja za upravljanje projektima, vodno gospodarstvo, metodologija, monitoring, kontrola, Primavera, troškovnik

IMTEGRATED PROJECT MANAGEMENT SYSTEM ON ACTIVITIES OF MAINTENANCE AND REMEDIATION OF WATER MANAGEMENT SYSTEMS AND STRUCTURES - PILOT PROJECT

SUMMARY: Implementation of management activities of water management systems and structures in Croatia presents one of the fundamental activities of Croatian Water. The work scope generates a large number of contracted activities, while the nature of work requires prompt processing of numerous contract and project documents, thus require significant involvement of a large number of participants in the process of administration and management both by the investor and the contractor.

The absence of an integrally run system for managing such activities presents problems in the implementation and a lack of control over projects to all project participants.

Implementing project management system on defined pilot project with integrated project database, central administration of whole project phases from defining bill of quantity until final statement of account, secured better communication and document workflow between investor and contractor, dynamic control of performed works, real time comparison of planned value with actual, easier reporting, and created solid base for easier development of annual plan and plan rebalance.

KEYWORDS: project management, project management solution, water management, methodology, monitoring, control, Primavera, bill of quantity, payment certificate

1. UVOD

Obavljanje poslova kojima se ostvaruje upravljanje vodnogospodarskim sustavima i objektima u Hrvatskoj predstavlja jednu od temeljnih djelatnosti Hrvatskih voda, pravne osobe za upravljanje vodama. Obujam poslova generira značajan broj ugovorenih aktivnosti i poslova, a priroda posla zahtjeva promptnu obradu velikog broja ugovorne i projektne dokumentacije. Obzirom da je riječ poslovima koji se obavljaju na cjelokupnom prostoru Hrvatske u proces realizacije uključeni su svih 5 vodnogospdarskih odjela, i sve 32 ispostave, direkcija Hrvatskih voda, kao i preko 100 izvoditelja.

Veliki broj dokumenta i podataka zahtijeva značajan angažman velikog broja sudionika u procesu administriranja i upravljanja ugovorenih aktivnosti sa strane naručitelja kao i sa strane izvoditelja. Osim samog postupka izrade opsežnih i brojnih troškovnika predviđenih radova i ugovaranja s licenciranim tvrtkama, mjesečno je potrebno obraditi veliki broj situacija.

Nedostatak jedinstveno vođenog sustava upravljanja ovih poslova suočavalo je sve projektne sudionike s problemima u realizaciji i pomanjkanjem kontrole nad projektima.

Rješenje se tražilo kroz primjenu informacijskog (IT) sustava upravljanja projektima koji mora osigurati jednostavnost, dostupnost, mogućnost integracije s različitim programskim rješenjima za izradu troškovnika i analize cijena, mogućnost integracije s ostalim aplikacijama u Hrvatskim vodama, brže i jednostavnije odobravanje ugovora, dodatka ugovoru kao i obračunskih situacija, izradu standardiziranih izvještaja, kao i jednostavnije planiranje godišnjih radova.

2. TRAŽENI ZAHTJEVI

Problemi koji su se pojavljivali kod ostvarenja planiranih zadaća Hrvatskih voda bili su:

- neučinkovita i spora komunikacija ugovornih strana,
- neučinkovita i spora kontrola analiza cijena i troškovnika radova,
- nemogućnost adekvatnog praćenja i kontrole količina izvedenih radova,
- nemogućnost dinamičkog praćenja stanja radova na terenu, dinamičke usporedbe godišnjeg plana, ugovorenih radova i izvedenih radova,
- dugotrajnost izrade traženih izvještaja,
- nemogućnost praćenja ostvarenja plana po svim željenim parametrima,
- poteškoće pri izradi rebalansa Plana upravljanja vodama (Plana) i osiguravanju adekvatnih podloga za prijedloge slijedećih Planova.

Stoga su očekivanja od novog sustava:

- uvođenje e-sustava koji bi ubrzao komunikaciju i protok dokumenata između Hrvatskih voda i tvrtki licenciranih za izvođenje radova,
- ugovaranje, praćenje realizacije i kontrola izvršenih radova kroz prilagođene elektronske forme,
- ubrzanje procesa izrade i ovjeravanja analiza cijena i troškovnika radova,
- ubrzanje procesa ovjere privremenog obračuna radova,
- dinamičko praćenje stanja izvedenih radova na terenu,
- usporedba Plana sa ugovorenim radovima u realnom vremenu i izrada Rebalansa plana,
- stvaranje pretpostavki za jednostavnije i učinkovitije planiranje potrebnih radova,
- stvaranje pretpostavki za učinkovitiju izradu godišnjih Planova i rebalansa planova,
- uključenje ostalih sektora Hrvatskih voda, izvođača i podizvođača u jedan zajednički e-sustav sa centraliziranom bazom za praćenje projekata,
- osiguranje dostupnosti i sigurnosti svih podataka.

Analizom potreba i mogućnosti odlučeno je testirati na pilot projektu primjenu rješenja temeljenim na Primavera Engineering and Construction software-u. Izvedbom pilot projekta tražila se centralizacija projektne informacije, povećanje pojedinačne odgovornosti, standardizacija poslovnih procesa, poboljšanje komunikacije te u konačnosti procijeniti mogućnost potpuna integracija sustava.

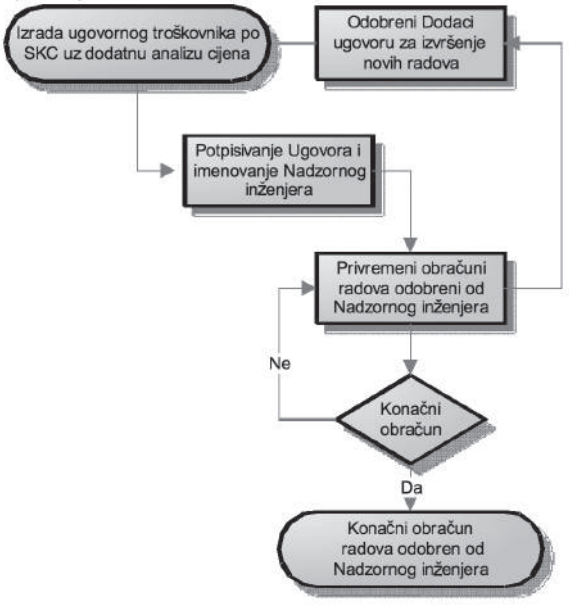
3. FAZE REALIZACIJE PROJEKTA

Projekt se realizirao kroz 6 faza:

- Inicijalni postupci - procjena postojećeg stanja,
- Definiranje rješenja - Dizajn rješenja,
- Izrada i test prototipa,
- Implementacija prototip modela,
- Mogućnosti integracija s postojećim sustavom za kontrolu dokumentacije,
- Upravljanje projektom implementacije.

4. PROCJENA POSTOJEĆEG STANJA

Prvu fazu implementacije informatičkog sustava (e-sustava) čini snimka stanja i definiranje potreba kontrole projektne dokumentacije. Procesi i relacije koje se odvijaju između Hrvatskih voda i tvrtki licenciranih za izvođenje radova vidljivi su iz slijedećeg tijeka radnih operacija.



Slika 1.: Tijek ugovorne dokumentacije

5. ANALIZA MOGUĆIH RJEŠENJA

Moguće rješenje tražilo se među slijedećim platformama:

- Primavera Project Planner Professional P4 + Primavera Expedition (client),
- Primavera Project Planner Professional P4 + Primavera Expedition (web),
- Primavera Project Planner Professional P4 + Primavera Project Manager,
- Primavera Project Planner Professional P4 + Primavera Project Manager + MS Excel.

Za svaku varijantu bila je postavljena kompletna IT infrastruktura te se u svakom rješenju tražio balans funkcionalnosti i upotrebljivosti, tj. mogućnosti prilagodbe specifičnim organizacijskim potrebama Hrvatskih voda. Naime Primavera rješenja bazirana su na projektnom ustroju organizacije koja se na ustavnove kao Hrvatske vode ne može direktrno preslikati, bez određenih modifikacija.

6. PRIMIJENJENO RJEŠENJE

Kao osnova sustava odabrana je platforma Primavera Project Planner, koja je primarno rješenje za upravljanje projektima, radi svoje fleksibilnosti te mogućnosti integracije. Karakteristike ovog sustava su projektno usmjereni podaci te višeprojektna mogućnost integracije podataka. Sigurnost pristupa podacima je osigurana od strane samog sustava, te se korisnička prava mogu precizno definirati. Na ovaj način moguće je ograničiti tj. dozvoliti pristup informacijama svim korisnicima sustava do stvarne razine njihove odgovornosti.

U skladu sa zahtjevima odlučeno je da se izradi aplikacija u Microsoft (MS) Excelu kao najprihvatljivijem alatu s obzirom na njegovu raširenost i jednostavnost. Ovo je bilo

moguće zavaljujući Primavera API (Aplication Programers Interface) alatu, u sklopu kojeg je definiran način pristupa podacima i kako je moguće takvu integraciju izvršiti. Izrađeni su tri temeljna Excel modula: Ugovor, Aneks i Situacija. Svaki od MS Excel dokumenata ima dvostruku ulogu: služi kao forma za unos podataka u Primaveru i kao izvještaj iz Primavere. Na ovaj način su se sistematizirali unosi podataka kao i tipizirali izgledi troškovnika, rekapitulacija i naslovnih strana. Prednosti MS Excel alata su njegova dostupnost, univerzalnost i mogućnosti izrade aplikacija temeljem kojih je on podloga. Kroz upotrebu VBA (Visual Basic for Applications) funkcionalnosti MS Excela izrađene su aplikacije koje se i dalje mogu nadograđivati u skladu sa budućim zahtjevima.

Kroz modul Primavare Project Manager (web aplikacija) koji ima važnu funkcionalnost kolaboracije, kreirani su svi procesa odobrenja dokumenata od ugovora, obračuna radova do aneksa ugovora, te su napravljene prilagodbe samog sučelja i izvršeno direktno nasljeđivanje sigurnosti iz ostalih modula sustava.

Nakon izvedene analize i definiranja potreba uz suglasnost Klijenta razvijeno je rješenje na temelju tri modula Primavera programske podrške i to

1. Primavera® Project Planner P4,
2. Primavera® Project Manager, kolaboracijski servis na Java platformi,
3. Razvijeno integracijsko sučelje za import i ažuriranje podataka u okružju Microsoft Excela® pomoću Primavera® Application Programming Interfacea (Primavera® API).

U modelu su definirani slijedeći procesi:

1. definiranje i praćenje godišnjeg plana s izradom strukture pozicija plana,
2. definiranje i praćenje ugovornih troškovnika,
3. praćenje obračuna izvedenih radova,
4. odobrenje ugovora, aneksa, obračuna izvedenih radova.

7. DEFINIRANJE SUSTAVA KODIRANJA

7.1 PROJEKTNI PODACI

Definirana je struktura Enterprise Project Structure (EPS) koja predstavlja primarnu organizaciju projekata . Unutar modela Hrvatskih voda svaki od potpisanih ugovora odgovara jednom projektu, dok EPS predstavlja logičnu poziciju ugovora u odnosu na plan Hrvatskih voda. Ovo je primarna struktura i uz nju je vezan sigurnosni pristup kroz povezivanje s organizacijskom strukturom - Ogranisational Breakdown Structure (OBS).

Ovim rješenjem omogućeno je administriranje sigurnosti i prava korisnika po svim čvorovima grupe projekata odnosno samih projekata.

Pored EPS strukture uspostavljen je niz dodatnih projektnih kodova koji pobliže opisuju Ugovor i koji se mogu koristiti prilikom izrade izvještaja, kao npr. vrsta projekta, stanje ugovora; predlagač, vrsta radova, pozicija plana, izvoditelj itd.

7.2 PODACI AKTIVNOSTI

Aktivnosti u modelu Hrvatskih voda predstavljaju stavke troškovnika. Svaka stavka troškovnika pripada samo jednom projektu odnosno ugovoru, no ona može imati niz atributa koji mogu biti zajednički i na taj način je moguće grupiranje odnosno izvještavanje prema različitom nizu kriterija. Ovo se izvodi «kodiranjem aktivnosti» pomoću kodova

aktivnosti. Unutar postojećeg modela definirani su slijedeći kodovi aktivnosti: Plan, detaljni plan, vrsta radova, VGO, VGI, vrsta vodotoka, vrsta vodnih građevina, županija.

7.3 PODACI RESURSA

Resursi koji rade na aktivnostima, odnosno projektima, su nosioci ugovora tj. izvoditelji radova/usluga. Svaki resurs sadrži slijedeće osnovne podatke: naziv, matični broj, adresa, kontakt osoba, kod resursa, broj telefona/faksa, broj računa.

7.4 PODACI O ANGAŽMANIMA RESURSA NA AKTIVNOSTIMA

Pridruživanjem resursa na aktivnosti stvara se veza između izvoditelja i rada koji izvršava. Svaki podatak o angažmanu resursa na aktivnosti sadrži: tip dokumenta (Ugovor, Aneks1, Aneks2,..., Situacija1, Situacija2...), jedinična cijena, jedinica mjere, faktor, ugovorena količina, situirana količina, ugovoreni troškovi, situirani troškovi, preostali troškovi.

7.5 GODIŠNJI PLAN

Godišnji plan je proračun sredstava koja su na raspolaganju Hrvatskim vodama za obavljanje radova u tekućoj godini. Njegova forma je strogo definirana te se svi radovi ugovaraju strogo prateći strukturu Plana.

Kako bi se omogućio kasniji pogled kroz pozicije plana i usporedbu s ugovorenim vrijednostima, definiran je Activity code Hrvatske vode. Time se dobiva mogućnost usporedbe vrijednosti radova planirane u Planu i vrijednosti ugovorenih radova, te na kraju i izvršenih radova. Također, zahvaljujući tome je moguće raditi Rebalans plana kroz praćenje dinamike postojećih potpisanih ugovora i projekciju stanja na kraju godine.

Display: All Values

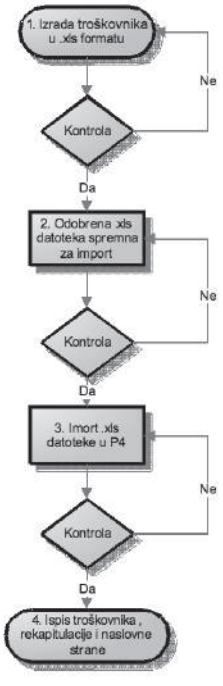
Code Value	Description
A	IZDACI ZA REDOVNU DJELATNOST
A.02	IZDACI ZA REDOVNO ODRŽAVANJE I OBNAVLJANJE ZAŠTITNIH VODNOGOSPODA
A.02.01	Projekti sanacije, održavanja i obnavljanja vodnih sustava i građevina s terenskim i pretho
A.02.01.01	Međudržavni vodotoci, kanali i plovni putovi s pripadajućim građevinama
A.02.01.02	Na ostalim državnim vodama
A.02.01.03	Izrada operativnih i provedbenih dokumenata obrane od poplave i upravljanja vodnim sust
A.02.02	Tehnička promatranja vodnih građevina
A.02.03	Poslovi nadzora i drugi troškovi kontrole izvođenja radova
A.02.04	Tehničko održavanje vodnog dobra i pripadajućih građevina
A.02.04.01	Čišćenje, uklanjanje nanosa i održavanje vertikalne i horizontalne stabilnosti korita i obala
A.02.04.01.01	Na međudržavnim vodama

Slika 1.: Kodna struktura Plana Hrvatskih voda definirana u Primaveri

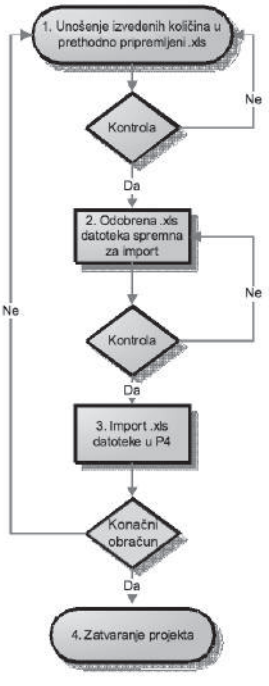
7.6 TROŠKOVNIK U EXCEL (.XLS) DATOTECI

Nakon procesa ugovaranja i izrade ugovornog troškovnika u nekom od programa za kalkulaciju kao rezultat treba se dobiti troškovnik u standardiziranom Excel formatu, putem kojeg je moguća komunikacija s Primaverom, odnosno moguće je unositi troškovnik direktno u Excelu. Svaka pojedina stavka verificirana je na ovoj razini. Pojedinačne stavke troškovnika importiraju se kao aktivnosti iz .xls datoteke prema pravilu 1:1. Atributi

postaju kodovi aktivnosti (Activity code) u P4 i omogućavaju grupiranje i sortiranje po definiranim kriterijima.



Slika 2.: Dijagram toka procedure odobravanja ugovornog troškovnika



Slika 3.: Dijagram toka procedure odobravanja izvršnih radova

8. MOGUĆNOST SUSTAVA

Aplikacija P4 u mogućnosti je izraditi niz izvještaja iz same aplikacije kombinirajući parametre koje zadane u modelu. Pored ovih izvještaja mogući su i grafikoni, kumulativne krivulje i slično. Podaci u klijentskoj aplikaciji se mogu pregledavati upotrebom grupiranja po neograničenom broju razina, upotrebom sortiranja po bilo kojem parametru i/ili upotrebom filtera po bilo kojem parametru.

Željeni pregled moguće je dobiti kombinacijom gore navedenih mogućnosti. Svaki pogled odnosno «layout» moguće je sačuvati tako da jednom definirana kombinacija ostane sačuvana. «Layout» može biti globalan (dostupan svima) ili korisnički (dostupan samom korisniku). Uz integraciju s drugim alatima specijaliziranima za izradu izvještaja (Crystal reports, Info maker) mogući su i drugi oblici izvještaja.

U slijedećim primjerima prikazani su različite mogućnosti «layouta» direktno iz aplikacije P4.

PRIMJERI

PLAN 2004 DET	Activity Name	Planirano	Ugovoreno	Ugovoreno s aneksima	Situirano	Preostalo
A	IZDACI ZA REDOVNU DJELATNOST	221,000,000.00	28,990,443.00	28,990,443.00	1,986,676.14	27,003,766.86
A.2	IZDACI ZA REDOVNO ODRŽAVANJE I OBNAVLJAN...	221,000,000.00	28,706,429.72	28,706,429.72	1,986,676.14	26,719,753.58
A.2.1	Projekti sanacije, održavanja i obnavljanja vodnih s...	4,106,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A.2.1.1	Međudržavni vodotoci, kanali i plovni putovi s pripadaj...	1,031,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A.2.1.2	Na ostalim državnim vodama	3,075,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A.2.2	Tehnička promatranja vodnih građevina	3,009,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A.2.3	Poslovi nadzora i drugi troškovi kontrole izvođenja ...	1,277,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A.2.4	Tehničko održavanje vodnog dobra i pripadajućih g...	106,254,000.00	15,327,563.26	15,327,563.26	702,195.11	14,625,368.15
A.2.4.1	Čišćenje, uklanjanje nanosa i održavanje vertikalne i ...	69,743,000.00	8,845,227.86	8,845,227.86	635,990.83	8,209,237.03
A.2.4.1.1	Na međudržavnim vodama	28,966,000.00	7,818,840.96	7,818,840.96	273,706.79	7,545,134.17
A.2.4.1.2	Na ostalim državnim vodotocima i kanalima	40,777,000.00	1,026,386.90	1,026,386.90	362,284.04	664,102.86

Slika 4.: Realizacija plana grupirana po strukturi Plana

PLAN 2004 DET	Activity Name	Planirano	Ugovoreno	Ugovoreno s aneksima	Situirano	Preostalo
oznaka stand. kalk.: 120.01.01		0.00	37,705.30	37,705.30	587.36	37,117.94
oznaka stand. kalk.: 120.02.01		0.00	32,040.35	32,040.35	5,005.12	27,035.23
oznaka stand. kalk.: 120.02.05		0.00	47,239.96	47,239.96	5,590.52	41,649.44
oznaka stand. kalk.: 120.02.10		0.00	723.70	723.70	0.00	723.70
oznaka stand. kalk.: 120.02.15		0.00	9,762.76	9,762.76	0.00	9,762.76
oznaka stand. kalk.: 120.02.50		0.00	220,349.56	220,349.56	11,333.43	209,016.13
oznaka stand. kalk.: 120.02.60		0.00	32,573.40	32,573.40	440.10	32,133.30

Slika 5.: Prikaz stanja radova grupiranih po kodu standardne kalkulacije

PLAN 2004 DET	Activity Name	Planirano	Ugovoreno	Ugovoreno s aneksima	Situirano	Preostalo
1	PRIPREMNI RADOVI	0.00	1,403,605.45	1,403,605.45	22,956.53	1,380,648.92
1.20	Čišćenje terena	0.00	1,403,605.45	1,403,605.45	22,956.53	1,380,648.92
2	ZEMLJANI RADOVI	0.00	7,404,776.57	7,404,776.57	43,450.58	7,361,325.99
2.01	Iskop humusa (buldozerom)	0.00	123,024.26	123,024.26	0.00	123,024.26
2.02	Široki iskop (buldozerom)	0.00	828,972.66	828,972.66	0.00	828,972.66
2.05	Iskop rovova za instalacije	0.00	1,905.16	1,905.16	0.00	1,905.16
2.06	Iskop za kanale i široke otkope (bagerom)	0.00	1,885,675.82	1,885,675.82	32,337.28	1,853,338.54
2.07	Prijevoz materijala	0.00	2,393,084.67	2,393,084.67	11,113.30	2,381,971.37
2.08	Uređenje temeljnog tla	0.00	48,932.36	48,932.36	0.00	48,932.36
2.09	Izrada nasipa	0.00	2,123,181.64	2,123,181.64	0.00	2,123,181.64
3	REGULACIJSKI RADOVI NA VODOTOCIMA	0.00	4,935,255.40	4,935,255.40	9,604.43	4,925,650.97
3.10	Deponija	0.00	10,443.20	10,443.20	0.00	10,443.20

Slika 6.: Prikaz stanja radova grupiranih po vrstama radova

9. ZAKLJUČAK

Cilj Pilot projekta implementacije Primavere je bio istražiti mogućnosti Primavera programskog rješenja koji bi osigurao jednostavnije i učinkovitije projektne procese, ostvario mogućnost integralne primjene „inženjerskog pristupa“ rješavanju problema uvažavajući postojeće procedure i procese unutar Hrvatskih voda. Radi složenih zahtjeva pristupilo se opsežnoj analizi i provjeri nekoliko različitih varijanti na raznim platformama koje Primavera podržava. Istestirane su dvije komplementarne verzije Primavere: Primevera Enterprise i Primavera Expedition na platformama windows klijenata te web (internet) klijenata.

U skladu sa svim zahtjevima te kroz analizu svih varijanti odlučeno je da se sustav sastoji od slijedećih modula:

- windows aplikacija Primavera Planner Professional P4
- web aplikacija Primavera Project Manager
- MS Excel tablice sa aplikacijom za import/eksport podataka sa Primaverom za dokumente: Ugovor, Dodatak Ugovoru, Obračunske situacije.

U konačno implementiranom rješenju postignute su slijedeće funkcionalnosti:

- izrada godišnjeg Plana Hrvatskih voda i Rebalansa godišnje plana,
- centralna baza podataka svih troškovnika Ugovora, obračunskih situacija do detalja svake pojedinačne stavke troškovnika,
- proces odobrenja Ugovora,
- proces odobrenja Dodatka Ugovoru,
- proces odobrenja Situacije,
- MS Excel format Ugovora,
- MS Excel format Dodatka Ugovoru,
- MS Excel format Obračunske situacije,

Pilot projekt pokazao je mogućnost implementacije cjelovitog sustava koje u potpunosti mogu zadovoljiti zahtjeve Hrvatskih voda u skladu sa suvremenim procesima i iskustvima, te osigurati daljnji razvoj.

LITERATURA:

1. Standardna kalkulacija cijena, Bilten IGH-Hrvatske vode
2. Primavera Project Management Reference Manual, USA, 2004
3. A guide to Project Management body of knowledge, William R. Duncan, Director of Standards, PMI, USA, 1996

AUTORI

Robert Kartelo dipl.ing.građ.
Hrvatske Vode, Zagreb, robert.kartelo@voda.hr

Hrvoje Meštrović dipl. ing. građ.
Primakon d.o.o., Zagreb, hrvoje@primakon.com

mr Davor Delić dipl. ing. građ.
Građevinski fakultet, Zagreb, dd@grad.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.05.

KVALITETA VODE ZA NAVODNJAVANJE

Elvis Kešetović

SAŽETAK: Prikazana je problematika osiguranja dovoljnih količina kvalitetne vode za navodnjavanje u suvremnim uvjetima naglog povećanja poljoprivrednih površina, osnovni kriteriji koje mora zadovoljiti voda za navodnjavanje, kao i specifični zahtjevi pojedinih biljaka glede kvalitete vode. Dan je kratak osvrt na stanje kvalitete vode u Republici Hrvatskoj i mogućnost korištenja pročišćenih otpadnih voda za navodnjavanje uz prikaz na konkretnom primjeru upotrebe ''sekundarnih'' voda nakom postupka membranskog pročišćavanja.

KLJUČNE RIJEČI: Kvaliteta vode, navodnjavanje, poljoprivreda, specifični zahtjevi, pročišćenje otpadne vode

WATER QUALITY FOR IRRIGATION

SUMMARY: Problem of ensuring enough amount of quality water for irrigation in modern conditions characterized with abruptly growth of agriculture area, basic conditions for satisfy water quality used for irrigation, specific requests certain plants due to water quality. Short overview of water quality conditions in Croatia are show and capability of using consolidated waste water for irrigation with specific example of membrane treatment tehnology.

KEYWORDS: Water quality, irrigation, agriculture, specific requests, consolidated waste water,

1. UVOD

Poljoprivredna proizvodnja oduvjek je bila osnova opstanka, razvoja i napretka ljudske zajednice. Naglim povećanjem populacije zahtjeva se intezifikacija poljoporivredne proizvodnje koja zahtjeva zahvaćanje sve većih količina vode za navodnjavanje. Prema Jensen-u (1990.), navodnjavane površine na svijetu su rasle ovim tempom: 8 milijuna hehtara 1800., 48 milijuna hektara 1900., 94 milijuna hektara 1950., 198 milijuna hektara 1970., 220 milijuna hektara 1990., dok se danas ta brojka procjenjuje na oko 300 milijuna hektara.

Ovakvo povećanje poljoprivrede nužno uzrokuje i povećanje potrebnih količina vode za navodnjavanje, koja u današnjem suvremenom svijetu ima sve manju kvalitetu, ali i kvantitetu.

Također, primjena različitih kemikalija na širokom prostoru na kojima se odvija

poljoprovredna proizvodnja uzrokuje da dio neraspadnutih kemikalija kroz tlo nađe svoj put do vodotoka, rijeka, jezera, podzemnih voda, čime se zatvara krug i još više smanjuje kvalitet vode za navodnjavanje.

2. UTJECAJ PRIRODNIH OBILJEŽJA MELIORACIJSKIH PODRUČJA NA IZBOR KOLIČINA I KVALITETE VODE ZA NAVODNJAVANJE

Na količinu i kvalitetu potrebne vode za navodnjavanje utječe niz međusobno povezanih prirodnih faktora, od klimatskih prilika do pedoloških, geomorfoloških, socijalnih i dr.

Jedan od najosnovnijih i najvažnijih faktora je svakako klima. Područja zemaljske kugle koja imaju izrazito suhu klimu imaju velike potrebe za vodom u velikim količinama, što znamo, predstavlja veliki problem. U takovim uvjetima izbor kvalitetne vode za navodnjavanje sužen je na korištenje zaslanjenih i otpadnih voda, što dalje postavlja pitanje kvalitete poljoprivrednje proizvodnje. Ukoliko se natapna površina nalazi u izrazito vlažnim predjelima gdje ima puno kukaca koji mogu prenositi različite bolesti, upotreba vode za navodnjavanje ograničena je na vrlo kvalitetnu voda koja isključuje upotrebu pročišćenih otpadnih voda radi sprečavanja širenja zaraza.

Geomorfološki sastav tla je jedan od važnih činioca prilikom planiranja količina i kvalitete vode za navodnjavanje. Neka tla su propusnija od drugih, pa će zahtjevati i veće količine natapne vode. Osim toga, ako je tlo propusno, a nalazi se u područjima bogatim podzemnom vodom, kvaliteta natapne vode treba biti visoka, da bi se spriječilo onečišćenje vodonosnika.

Kemijski sastav tla određuje kvalitetu vode koja se koristi. Ako je npr. tlo samo po sebi zaslanjeno, upotreba zaslanjenih voda mora biti isključena.

Nekoliko je osobina tla vrlo važno poznavati kod određivanja kvalitete i kemijskog sastava vode za navodnjavanje: reakcija tekuće komponente, odnosno pH, zatim potencijal oksidacije, kapacitet izmjene kationa i sadržaj organske tvari. Veličina pH možda je i najvažnija radi toga što se većina teških metala uglavnom pojavljuje pri niskim vrijednostima pH.

3. KRITERIJ KVALITETE VODE ZA NAVODNJAVANJE

Prikladnost neke vode za navodnjavanje treba razmotriti u odnosu prema utjecaju što bi ga mogla imati na bilje, tlo i životinjski svijet. Mogući negativni utjecaji natapne vode mogu se pokazati u određenim fizičkim, kemijskim i biološkim značajkama. Od fizičkih značajki koje treba razmotriti najvažniji su temperatura i mutnoća, a od kemijskih otopljene soli i plinovi. Poseban je problem primjena otpadnih voda, kod kojih treba osnovnu pozornost usmjeriti na toksičnost pojedinih komponenata, te mogućnost prijenosa različitih vrsta i oblika zaraza. U tablici 1. dan je prikaz najvažnijih fizičkih, kemijskih i bioloških značajki koje treba razmotriti prilikom ocjenjivanja mogućnosti primjene neke vode u poljoprivredi.

Tablica 1. Osnovni parametri za ocjenu kvalitete vode

Fizički	Kemijski	Biološki
ukupno otopljene soli suspendirani nanos temperatura boja/mutnoća tvrdoća	reakcija-pH odnos adsorpcije natrija vrsta i koncentracija aniona vrsta i koncentracija kationa mikroelementi toksični ioni, teški metali	broj koliformnih organizama broj patogenih klica biološka potreba za kisikom (BPK)

*preuzeto iz Priručnika za hidrotehničke melioracije-navodnjavanje (knjiga 6) Rijeka 1997., autor prof.dr. Zorko Kos

Dosada je u većem broju zemalja izrađeno i publicirano nekoliko klasifikacija i uputa za ocjenu kvalitete vode, ili samo za navodnjavanje ili za primjenu u poljoprivredi općenito. Neke se klasifikacije međusobno bitno razlikuju, djelom i zbog toga što su izrađene u različitim uvjetima i za različite svrhe. Spomenut ćemo agenciju FAO koja je u svojoj publikaciji o toj temi (1985.), podjelila problem kvalitete natapnih voda u dvije skupine, i to kvalitetu uobičajenih izvorišta vode i problem korištenja otpadnih voda. Razmatranje kvalitete vode za konvencionalna izvorišta može se grupirati u pet osnovnih skupina parametara, i to: fizičke značajke natapnih voda, slanost, brzina infiltracije vode, toksičnost specifičnih iona i ostali problemi.

Preporuke o procjeni mogućnosti primjene vode za navodnjavanje, koje se temelje na gore spomenutim parametrima, sadržane su u navedenoj publikaciji (1985.) i prikazane u tablici 2.

Po tim se uputama voda za navodnjavanje svrstava u jednu od navedenih triju kategorija, odnosno: bez ograničenja, slabo do umjereno, te strogo ograničenje. Pri upotrebi prve kategorije, uz uobičajeni način gospodarenja, nema nikakve opasnosti od pojave bilo kakvih problema na tlu i usjevima. Ako se želi natapati vodama druge kategorije, može se postići potpuni uspjeh uroda jedino uz uvjet brižljivog izbora kultura i primjenom posebnih mjera u gospodarenju tlom. Korištenje voda treće kategorije izazvat će ozbiljne probleme na tlu i znatno smanjenje uroda.

Tablica 2. sadrži preporučene vrijednosti ograničenja za uobičajene slučajeve i standardnu primjenu natapne vode. U njoj nisu sadržane vrijednosti ograničenja sadržaja ni pesticida i drugih polutanata koji se mogu pojaviti u vodi, niti mikroelemenata. Dakle, osim navedenog kemijskog sastava natapnih voda u tablici 2, sve vode sadrže neke elemente u tragovima (mikroelemente), odnosno u jako niskoj koncentraciji, najčešće nižoj od nekoliko mg/l. Najveći dio tih elemenata akumulira se na površini tla, a biljke se njima koriste u malim količinama. Ponekad se događa da ih biljke apsorbiraju u količini većoj nego što je njihova metabolična potreba, što može kasnije biti štetno za životinje i ljude koji ih troše. Zbog toga je i istraženo to područje i preporučene su granice za maksimalni sadržaj širokog spektra mikroelemenata, čiji je izvadak prikazan u tablici 3.

Za upotrebu uobičajenih natapnih voda od izuzetne je važnosti provesti kvalitetne laboratorijske analize čije okvirne vrijednosti su prikazane u tablici 4. Smatra se da rezultati zadovoljavaju ako ne odstupaju više od 5% od vrijednosti u tablici.

Tablica 2. Preporuke za interpretaciju kvalitete vode za navodnjavanje

Mogući problemi pri navodnjavanju	Jed. mjere	Ograničenje primjene		
		Nikakvo	Slabo do umjereno	Strogo
Slanost (utječe na raspoloživost vodebilju)1				
EV_V	dS/m	< 0,7	0,7-3,0	>3,0
ili OSU	mg/l	< 450	450-2000	>2000
Infiltracija (utječe nabrzinu infiltracije vode u tlo: ocjeniti korištenjem EVV i SAR2 zajedno)				
SAR=0-3 i EV_V =		>0,7	0,7-0,2	<0,2
SAR=3-6 i EV_V =		>1,2	1,2-0,3	<0,3
SAR=6-12 i EV_V =		>1,9	1,9-0,5	<0,5
SAR=12-20 i EV_V =		>2,9	2,9-1,3	<1,3
SAR=20-40 i EV_V =		>5,0	5,0-2,9	<2,9
Toksičnost specifičnih iona (utječe na osjetljivo bilje)				
Natrij (Na)				
Površinsko navodnjavanje				
Navodnjavanje kišenjem	SAR	<3	3-9	>9
Klor (Cl)	me/l	<3	>3	-
Površinsko navodnjavanje				
Navodnjavanje kišenjem	me/l	<4	4-10	>10
Bor (B)	me/l	<3	>3	-
Mikroelementi	me/l	<0,7	0,7-3,0	>3,0
Ostalo (utječe na osjetljivo bilje)				
Dušik (NO_3-N)[3]				
Bikarbonati (HCO_3)	mg/l	<5	5-30	>30
(samo kišenje iznad krošnji)				
pH (uobičajena vrijednost za sva ograničenja 6,5-8,4)	mg/l	<1,5	<1,5-8,5	>8,5

1 EVV - električna vodljivost - mjera saliniteta vode izražena u decisimensima po metru pri 25°C (dS/m) ili u jedinicama milimho po centimetru (mmho/cm). Obje su jedinice ekvivalentne. OSU znači otopljene soli ukupno, izražene u miligramima po litri (mgl)

2 SAR - sodium adsorption ratio. Odnos adsorpcije natija

3 NO3 - nitrati izraženi u kemijski ekvivalentnom dušiku (N)

Tablica 3. Izvadak iz tablice preporuka najveće dopuštene koncentracije mikroelemenata u vodi za navodnjavanje

Element	Najveća dopuštena koncentracija* (mg/l)	Napomena
Al	5,0	Može izazvati neplodnost kiselih tala s pH<5,5, ali znatno alkalna tla s pH>7,7 istaložit će ion i eliminirati toksičnost
Fe	5,0	Nije toksičan za bilje u prozračnim tlima, ali može pridonjeti zakiseljavanju tala i gubitku potrebne količine fosfora i molidbena
Mn	0,2	Toksičan jednom broju usjeva pri nekoliko desetinki do nekoliko mg/l, ali obično samo u kiselim tlima
Ni	0,2	Toksičan jednom broju usjeva pri 0,5 do 1,0 mg/l, ali se otrovnost smanjuje kod neutralnih ili bazičnih tala
Zn	2,0	Toksičan za većinu biljaka u širokom rasponu koncentracije, a toksičnost se smanjuje pri pH>6,0 i u tlima fine teksture ili organskog sastava

*Maksimalna koncentracija temelji se na dugoročnom natapanju visoke norme (10 000 m3/ha/god)

Tablica 4. Laboratorijske analize za procjenu uobičajenih natapnih voda

	Simbol	Jedinica mjere1	Uobičajena vrijednost u vodi za navodnjavanje
Salinitet			
Sadržaj soli			
električna vodljivost	EVV	dS/m	0-3 dS/m
ili			
otopljene soli ukupno	OSU	mg/l	0-2000 mg/l
Kationi i anioni			
kalcij	Ca^{++}	me/l	0-20 me/l
magnetij	Mg^{++}	me/l	0-5 me/l
natrij	Na^{+}	me/l	0-40 me/l
karbonati	CO_3^{--}	me/l	0-0,1me/l
bikarbinati	HCO_3^{-}	me/l	0-10 me/l
kloridi	Cl^{-}	me/l	0-30 me/l
sulfati	SO_4^{--}	me/l	0-20 me/l
Hraniva 2			
nitrati-dušik	NO_3-N	mg/l	0-10 mg/l
amonijak-dušik	NH_4-N	mg/l	0-5 mg/l
fosfat-fosfor	PO_4-P	mg/l	0-2 mg/l
kalij	K^{+}	mg/l	0-2 mg/l
Ostalo			
bor	B	mg/l	0-2 mg/l
reakcija	pH	-	6,0-8,5
natrij	SAR_3	mg/l	0-15 mg/l

[1]dS/m=decisimens po metru (ekvivalentan je 1 mmho/cm)

mg/l=miligram po litri~parts per milion (ppm)

me/l=miliekvivalent po litri (mg/l - ekvivalentna težina=me/l); u SI sustavu 1 me/l= 1 m/mol/l

[2]NO_3-N znači da će se rezultat laboratorijske analize za NO_3 izraziti u kemijski ekvivalentnom dušiku. Jednak postupak se primjenjuje i za

NH_4-N i PO_4-P, samo se u ovome zadnjem slučaju to izražava u fosforu

[3]SAR se računa za Na, Ca i Mg (izraženi u me/l)

FIZIČKE OSOBINE NATAPNE VODE (TEMPERATURA, MUTNOĆA)

Temperatura je najvažnija osobina natapne vode. Previše topla ili previše hladan voda za navodnjavanje može izazvati štete, naročito na mlađem bilju. Općenito se smatra da je za većinu usjeva u vegetacijskom razdoblju najpovoljnija temperatura vode oko 25°C. U koju ćemo grupu svrstati natapnu vodu, ovisi o području gdje se voda upotrebljava, o godišnjem dobu, vrsti usjeva, o metodi natapanja, fenološkoj fazi razvoja bilja te o vremenu u danu u kojemu se tlo natapa. Tako se npr. u južnim krajevima smatra da je voda temperature niže od 15 do 20°C hladna, a istovremeno se u alpskim predjelima drži da je voda hladna ako joj je temperatura niža od 6 do 10°C.

Uobičajeni pokazatelj muteži je protok nanosa u kg/s koji označuje masu nanosa koju vodotok pronosi kroz određeni presjek u jedinici vremena. Upotreba vode za navodnjavanje s većim sadržajem muteži može biti korisna ili štetna. Štetne posljedice pokazuju se taloženjem mulja na livadama, povišenjem kote terena, a naročito u zatrpavanju kanala i drugih građevina. Korisni učinci pokazuju se pri melioraciji kolmiranjem, u poboljšanju

pedoloških značajki tla (npr. u pijesku), te u doprinosu hranjivih materija bilju. Tipičan je stoljetni korisni učinak upotrebe mutne vode na poljoprivredu Egipta postignut poplavama hranjivim muljem što ga je Nil isprao pretežno u Etiopiji.

Kemijske osobine vode za navodnjavanje Soli mogu biti štetne za biljku na tri načina:

- toksičnim djelovanjem iona pojedinih elemenata,
- veći postotak nekih soli u vodi može stvoriti netopljive spojeve s nužnim hranjivim komponentama,
- čime sprečava prehranu bilja,
- osmotski tlak rastvora soli može biti tako visok da onemogući biljci adsorpciju potrebne količine vlage za razvoj.

Vrijednost saliniteta može se izraziti kao koncentracija iona (pozitivnih i negativnih), kao težina otopljenih soli u jednoj litri vode ili u jedinicama vodljivosti. Vode niskog saliniteta mogu se upotrebljavati za većinu usjeva i na većini tala. Potrebno je nešto malo ispiranja, ali to se ionako zbiva uobičajenim procesom. Sadržaj soli im je od 64-160 mg/l.

Vode srednjeg saliniteta mogu se normalno upotrebljavati samo ako se tlo povremeno ispire. Srednje otporni usjevi mogu se uzgajati bez naročitih postupaka za kontrolu saliniteta. Te vode sadrže 160 do 480 mg/l soli.

Vode visokog saliniteta nisu prikladne za navodnjavanje u normalnim okolnostima, ali ponekad se mogu upotrijebiti u posebnim uvjetima. Tlo mora biti jako propusno, a odvodnje besprijekorna. Znatne količine vode moraju se upotrebljavati za ispiranje. Uzgajati se mogu samo jako otporni usjevi. Te vode sadrže od 480 do 3200 mg/l soli.

Ukupna koncentracija soli može se adekvatno izraziti pomoću električne vodljivosti koja je vrlo koristan parametar, jer može biti brzo i lako određena. US Salinity Laboratory publicirao je 1954. nomogram za klasifikaciju kvalitetne vode ovisno o opasnosti od saliniteta, ali i alkaliteta. Iz slike 1. vidi se da se na vodoravnu os nanosi električna vodljivost koja najbolje predočuje salinitet, a na vertikalnu os nanosi se SAR vrijednosti kao pokazatelj alkaliniteta.

SAR (Sodium Adsorption Ratio) ili relativni odnos Na prema ostalim kationima, empirijska je veličina i obično se izražava odnosom:

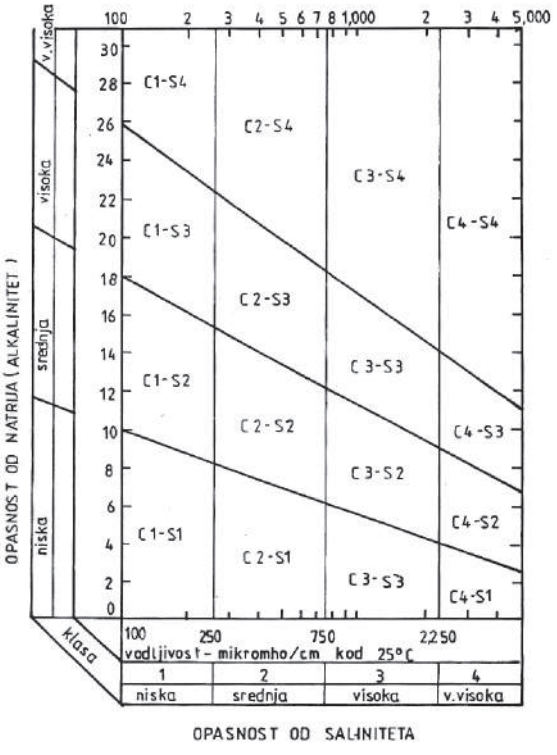
$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

gdje su vrijednosti za katione izražene u miliekvivalentima na litru.

Dijagram saliniteta prikazan na slici 1. omogućuje razvrstavanje natapnih voda u 16 kategorija. Dvije osnovne kategorije su vode za navodnjavanje pod utjecajem opasnosti od saliniteta i opasnosti od natrija. Vode s niskim sadržajem natrija mogu se upotrebljavati na gotovo svim tlima s malom vjerojatnošću razvoja štetne koncentracije zamjenjivog Na.

Vode sa srednjim sadržajem Na mogu biti vrlo opasne na tlima fine teksture i visoke sposobnosti zamjene kationa, osobito u uvjetima slabog ispiranja bez prisutnosti gipsa u tlu. Te se vode mogu upotrijebiti na krupnozrnatim ili organskim tlima dobre vodopropusnosti.

Vode s visokim sadržajem Na mogu stvoriti štetnu koncentraciju zamjenjivog natrija na većini tala pa zahtjevaju poseban postupak: dobru odvodnju, jako ispiranje i dodavanje



Slika 1.:Dijagram saliniteta

organske materije. Ponekad će biti nužni kemijski dodaci radi odstranjenja zamjenjivog Na, osim ako ti dodaci nisu topivi u vodi visokog saliniteta.

4. ZAHTJEVI BILJNIH KULTURA ZA OSIGURANJE KVALITETNE VODE U PROCESU NAVODNJAVANJA

Svaka biljna kultura ima svoje posebnosti vezano za najpovoljnije tlo, količinu potrebne vode, kvalitet potrebne vode, period vegetacije i sl. Prilikom navodnjavanja potrebno je uzeti u obzir zahtjeve pojedinih kultura za kvalitetom i kemijskim sastavom vode.

Sve biljne kulture podjeljene su u klase osjetljivosti prema gore navedenim parametrima. Kako je najviše vremena posvećeno problemu saliniteta tla, tako će se i zahtjeve biljnih kultura za kvalitetnom vodom za navodnjavanje prvenstveno promotriti kroz prizmu saliniteta. Raspon podnošljivosti soli između najosjetljivijih i najotpornijih kultura iznosi 8 do 10 puta. To omogućuje primjenu relativno zaslanjenih voda, za koje se ranije mislilo da su neupotrebljive.

U tablici 5. dan je opći prikaz otpornosti raznih biljnih kultura na salinitet.

Tablica 5. Relativna otpornost poljoprivrednih kultura na salinitet

Otporne	Umjereno otporne	Umjereno tolerantne	Umjereno osjetljive	Osjetljive
Žitarice i industrijsko bilje				Žitarice i industrijsko bilje
ječam				grah
pamuk				sezam
jojoba	Žitarice i industrijsko bilje			Povrtno bilje
šećerna repa	zob			grah
Trave i krmno bilje	raž			mrkva
zubača obična	soja			luk
pirika	pšenica			pasternak
divlja raž	pšenična raž			
lucerna				Voćarsko bilje
djetelina	Trave i krmno bilje			badem
kukuruz silažni	ječam silažni	Trave i krmno bilje		jabuka
zob silažna	proso	pirika američka		kajsija
Povrtno bilje	pšenica silažna	divlja raž kanadska		avokado
šparoga	repa			kupina
Voćarsko bilje	vlasulja			trešnja
kukuruz slatki	pirika sibirska	Povrtno bilje		višnja
krastavci	ljulj talijanski	artičoka	Žitarice i industrijsko bilje	ribiz
patlidžan	škajola	cikla		grejpfrut
kelj		tikve	bob	limun
koraba	Povrtno bilje		ricinus	mango
salata	brokoli	Voćarsko bilje	kukuruz	naranča
paprika	kelj pupčasti	smokva	lan	breskve
krumpir	kupus	maslina	kikiriki	kruška
rotkvice	cvjetača	papaja	riža	šljiva
špinat	celer	ananas	šećerna trska	jagoda
krumpir slatki		šipak	suncokret	
rajčica				
repa				
dinja				
vinova loza				

*preuzeto iz Priručnika za hidrotehničke melioracije-navodnjavanje (knjiga 6) Rijeka 1997., autor prof.dr. Zorko Kos

Treba obratiti pažnju i na otrovne ione klor, natrij i bor.

Klor je najučestaliji uzročnik toksičnosti vode za navodnjavanje. Osjetljivost pojedinih kultura na klor nije još u svijetu detaljnije izražena, kao npr. na salinitet, pa zasada i nema puno podataka o tome.

Natrij je otrovni element koji nije tako jednostavno dijagnosticirati kao kod klora. Otrovno djelovanje natrija smanjuje se znatno ili čak potpuno uklanja ako u tlu ima dovoljno kalcija. Istraživanja otrovnosti natrija trenutno su prilično aktualna u svijetu. Sa sigurnošću je utvrđeno, barem za nekoliko godišnjih usjeva, da pomanjkanje kalcija može imati jednake simptome i izazvati jednake štete kao koncentrracija natrija. U tom slučaju treba tlu dodavati gnojiva na bazi kalcija. U tablici 6. dana je relativna otpornost nekih kultura na zamjenivi natrij.

Tablica 6. Relativna otpornost nekih biljaka na zamjenjivi natrij

Osjetljive	Poluosjetljive	Otporne
avokado koštuničasto voće orasi grah pamuk kukuruz grašak grejpfrut naranča breskva leća kikiriki slanutak	mrkva djetelina bijela salata šećerna trska repa zob kapula rotkvice riža raž ljulj talijanski sirak špinat rajčica grahorica pšenica	lucerna ječam blitva šećerna repa zubača obična pamuk pirika obična

*preuzeto iz Priručnika za hidrotehničke melioracije-navodnjavanje (knjiga 6) Rijeka 1997., autor prof.dr. Zorko Kos

Bor je, za razliku od natrija, nužan element za razvoj biljaka. Biljke se njime koriste u vrlo malim količinama, a ako se koncentracija poveća, postaje otrovan. Npr. ako je za neki usjev koncentracija od 0,2 mg/l optimalna, vrijednost od 1 do 2 mg/l može biti toksična. Površinske vode obično ne sadrže bor u štetnoj koncentraciji, ali ga često imaju podzemne vode, naročito u području termalnih izvora i potresnih rasjeda. Bor može biti otrovan za sve kulture, ali naravno, pritom je raspon otpornosti širok. Relativna otpornost pojedinih kultura na toksičnost bora kreće se od 0,5 do 2,0 mg/l za osjetljivo područje, te od 2,0 do čak 15,0 mg/l za otporno područje.

5. PERCEPRIJA OSIGURANJA KVALITETNE VODE ZA NAVODNJAVANJE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Hrvatska ima dovoljno kvalitetne vode za navodnjavanje bez ograničenja. Rijeke Mura, Drava, Sava i Kupa bogate su vodom. Osim tih voda, predviđa se koristiti i vode iz brdskih akumulacija te višenamjenskih akumulacija, kao što su akumulacije hidroelektrana na rijeci Dravi (Upravo je u fazi izrada pilot polja za navodnjavanje poljoprivrednih površina u Međimurskoj županiji, a čije konstrukcija se temelji na uporabi vode iz akumulacije Čakovec).

Kvaliteta vode u rijekama zadovoljava kriterije za navodnjavanje. Prema kategoriji rijeke imaju vodu II i III kategorije, a iz brdskih akumulacija dobivat će se vode I kategorije.

No, unatoč trenutno vrlo optimističnoj slici raspoloživog vodnog bogatstva Republike Hrvatske, treba razmatrati i mogućnosti upotrebe alternativnih voda za poljoprivredu kao što su pročišćenje otpadne vode čiji je trend korištenja u svijetu u znatnom porastu. Općenito govoreći, u Hrvatskoj tijekom godine postoji dovoljno količina padalina, pa u tom pogledu Hrvatska ne pripada sušnim područjima. Međutim, u pojedinim je dijelovima Hrvatske godišnja raspodjela ukupnih oborina nepovoljna tako da se tijekom vegetacijskog perioda pojavljuju pretežno suha razdoblja. To je naročito izraženo u obalnim područjima Hrvatske. U takvim područjima je poželjna upotreba ‘’obnovljivih voda’’, no trend takvog korištenja otpadne vode u Hrvatskoj je još uvijek u povojima.

Spomenut će se kao primjer upotrebe takovih voda auto kamp ''Park-Umag'' koji postupkom MBR filtracije pročišćava svoje interne sanitarne vode, te ih koristi tijekom sezone za intenzivno zaljevanje zelenila i pranje prometnih površina.

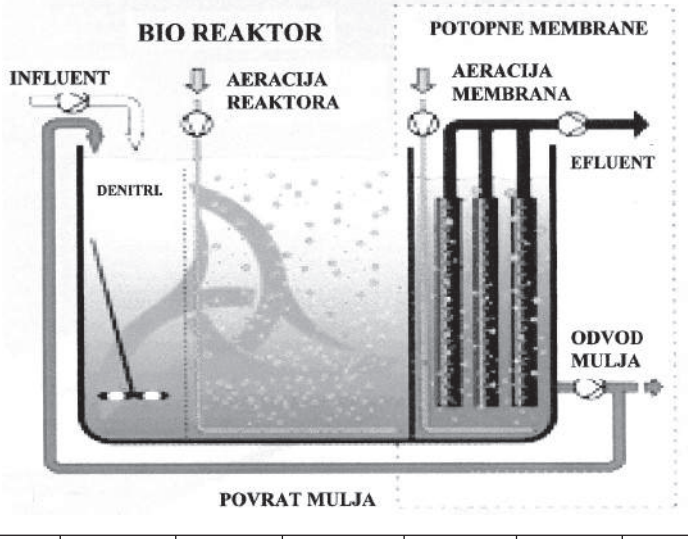
MBR (membranski bio reaktor) je tehnologija koja pripada grupi separacijskih procesa s biološkom obradom aktivnim muljem. Ovaj sustav obrade komunalnih/otpadnih voda omogućuje obradu otpadnih voda u četiri faze i nizu podfaza, ovisno o tehničkoj izvedbi. Osnovni princip je da se voda biološki obrađuje, a nakon toga propušta kroz membrane, koje zadržavaju mikroorganizme i sve zaostale organske i anorganske tvari, a propuštaju vodu visokog stupnja čistoće. MBR jedinica se sastoji se iz uređaja za s grubom i finom rešetkom, MBR reakcijska bazena (denitrifikacija, nitrifikacija, aeracija, područje membrana), ulazno izlaznih bazena koji čine bazen za egalizaciju influenta, bazen za stabilizaciju mulja i bazen za kontrolu efluenta.

Princim rada jednog takvog MBR reaktora dan je na slici 2.

Slika 2. Princip rada MBR reaktora

Kako je već spomenuto, MBR proces pročišćavanja otpadnih voda aktivan je zasad samo u ljetnim mjesecima, kada su povećane potrebe za vodom, naročito za zaljevanje zelenih površina u krugu kampa. U tablici 7. dan je prikaz analiza rada uređaja u špicu ljetne sezone (srpanj i kolovoz), kada je opterećenje uređaja najveće.Dani su usporedni rezultati kada uređaj nije u funkciji i uz upotrebu membranske filtracije.

Tablica 7. Rezultati analiza rada uređaja u auto kampu ''Park-Rovinj''



NAZIV PARAMETRA	Jed. mjere	Ulaz	Izlaz	Ulaz	Izlaz	Ulaz	Izlaz
		18.07.2005. (bez memb)		09.08.2005.		24.08.2005.	
Temp. vode	C	25,7	26,0	25,5	25,7		
pH		7,79	7,92	8,11	7,14	7,20	7,38
Suspnd. tvar	mg/l	191,1	175,7	599	2,86	300,2	0,0002

KPK	mgO2/l	920	747	890	33	1796	5
BPK5	mgO2/l	810	400	1040	2	600	1
Uk. fosfor	mgP/l	11,2	13,6	12,8	4,6	12,2	4,73
Uk. dušik	mgN/l	139	135	192	30,6	107	18,44
Amonij	mgNa/l					77,61	0,2
Nitrit	mgNa/l				7,41		0,027
Nitrati	mgNa/l				13,52		15,33
Uk. ulja i masti	mg/l	131	36	150,4	15,6	97,2	3,1
Mineral ulja	mg/l	19	4,37	6,8	1,2	2,01	0,44
Detergentski kationi	mg/l	0	0	0	0	0	0
Detergenti anionski	mg/l	3,55	7,10	6,95	0,24	2,5	0,1
Ukupno obrađeno vode	m3/dan	812		623		423	

Iz priložene tablice jasno je uočljiva efikasnost uređaja i količine pojedinih skinutih parametara, pa se može zaključiti da je korištenje otpadne vode kao vode za navodnjavanje uz današnju tehnologiju i znanje ne samo poželjno, već i neophodno. Ovo bi trebao biti ogledni primjer u Hrvatskoj kako sačuvati kvalitetne vodne rezerve i u budućnosti doprinjeti njihovom poboljšanju.

6. ZAKLJUČAK

U suvremenom svijetu potreba za hranom postaje sve izraženija, a samim tim i potreba za razvijenom poljoprivrednom proizvodnjom. Posljedica toga je povećan broj obradivih površina, odnosno potrebnih količina vode za navodnjavanje. Količina je kvalitetne vode za navodnjavanje vrlo oskudna.

Poljoprivreda je jedan složen proces u međuovisnosti o puno čimbenika (sastav tla, klimatske prilike, kemijski sastav vode i sl.). Povećanjem poljoprivredne proizvodnje i povećanjem upotrebe pesticida i umjetnih gnojiva, u zatvorenom krugu cirkulacije vode u prirodi dolazi do postupnog pogoršanja kvalitete vode. Dodajmo tome promjene klimatskih prilika, efekat staklenika i globalno zatopljene, čime se smanjuje količina ukupnih količina oborina u pojedinim djelovima zemlje. Sve to dovodi do zaključka da je kvalitetne vode za navodnjavanje sve manje, te da se civilizacija mora sve više okretati ‘’održivoj poljoprivredi’’, odnosno upotrebi alternativnih rješenja vode za navodnjavanje, kao što su otpadna voda i zaslanjena voda. Hrvatska ima tu sreću da je još uvijek izuzetno bogata vodnim resursima, izuzetno kvalitetne vode, bilo da je riječ o površinskim tokovima, bilo da je riječ o podzemnim tokovima, te u skoroj budućnosti treba dati više prostora projektima navodnjavanja i poboljšanja poljoprivredne proizvodnje, koja kod nas ima veliki potencijal. Naravno, potrebno je imati u vidu i mogućnost razvoja tehnologija koje će omogućiti upotrebu pročišćenih otpadnih voda i drugih voda niže kvalitete.

LITERATURA:

1. Priručnik za hidrotehničke melioracije - Navodnjavanje, knjiga 6 (1997): Zorko Kos, Stanislav Tedeschi, Frane Tomić, Dragutin Gereš, Davor Romić, Rijeka.
2. Tomić, F. (1988): Navodnjavanje. Zagreb.
3. Kos, Z. (1998): Kriterij kvalitete vode za natapanje, Građevinar 1998.

4. Romić, D.: Voda u poljoprivredi-potrebe, gospodarenje i zaštita.
5. Concaret, J., Guyot, J. Perrey, C. Kretanje suvišne vode u tlima, Institut za pedologiju i poljoprivredne melioracije, Zagreb.
6. Nacionalni projekt navodnjava i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj, Davor Romić, Josip Marušić.
7. Tadić, L. (2002): Analiza indikatora relevantnih za održivo gospodarenje vodama sliva Karašice i Vučice, Osijek.

AUTOR:

Elvis Kešetović, dipl.ing.građ.
IGH d.d., J. Rakuše 1, 1000 Zagreb, tel: 098/9844 254
elvis.kesetovic@igh.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.06.

PLANA NAVODNJAVANJA MEĐIMURSKE ŽUPANIJE I PILOT PROJEKT NAVODNJAVANJA U MEĐIMURJU

Elvis Kešetović, Ivica Mustač

SAŽETAK: Prikazani su osnovni elementi Plana navodnjavanja Međimurske županije izrađenog 2003. godine, te je na osnovu njega izrađena višekriterijska analiza za odabir najpovoljnije lokacije budućeg pilot područja. U nastavku su prikazani i osnovni elementi izrađenog pilot projekta navodnjavanja Međimurske Županije za površinu cca. 250 ha u južnom Međimurju sa zahvatom vode iz akumulacijskog jezera Čakovec.

KLJUČNE RIJEČI: plan navodnjavanja, županija, zahvat vode, Međimurje

Irrigation Plan of Medjimurje County and Pilot irrigation project in Medjimurje

SUMMARY: Basic elements of Irrigation Plan of Medjimurje county are presented which is made in 2003., with criterion analysis for selection optimum location of prospective pilot area. Hereafter, basic elements of Pilot project made in 2006. for cca. 250 ha area in south Medjimurje with water supply from accumulation lake Cakovec, are show.

KEYWORDS: irrigation plan, county, water supply, Medjimurje

1. UVOD

Prema veličini navodnjavanih površina naša država je na jednom od posljednjih mjesta u Europi. Prema neslužbenim podacima, u Republici Hrvatskoj se navodnjava samo 11600 ha poljoprivrednih površina, što je oko 1,14% od prirodno pogodnih tala za navodnjavanje (F=828 072 ha).

Stoga je Vlada Republike Hrvatske pokrenula *Nacionalni Projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama*, čiji je cilj prvenstveno poboljšati gospodanje prirodnim resursima. Očekuje se da će organiziranje infrastukture u poljoprivredi, okrupnjavanje poljoprivrednih površina, uvođenje navodnjavanja i novih tehnologija proizvodnje, polučiti i učinkovitiju poljoprivrednu proizvodnju. Navedene mjere će, nadalje, potaknuti promjenu strukture proizvodnje uvođenjem dohodovnijih kultura koje danas većinom uvozimo, te će projekt u konačnici rezultirati povoljnim makroekonomskim učinkom.

2. PLAN NAVODNJAVANJA MEĐIMURSKE ŽUPANIJE

Pojedine Županije već su počele svoju razvojnu politiku temeljiti na planovima navodnjavanjima kao strateškim projektima od izuzetne važnosti za budući razvoj. Tako je i Međimurska županija u suradnji s Hrvatskim Vodama 2003. godine, među prvima izradila Plan navodnjavanja na području svoje Županije. Plan su pregledali i dali pozitivno mišljenje stručnjaci Hrvatskih voda, te ga je razmotrilo i prihvatilo Poglavarstvao i Skupština Međimurske županije, čime je postao osnova je za izradu sve daljne projektne dokumentacije vezane za navodnjavanje poljoprivrednih površina u Županiji.

Osnovni cilj izrade Plana navodnjavanja je bio da utvrdi postojeće prirodne uvjete, zemljišni fond, sadašnju poljoprivrednu proizvodnju i organiziranost obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava, te predloži strukturu poljoprivredne proizvodnje u uvjetima navodnjavanja, analizira potrebu za vodom i odredi moguće izvore vode za navodnjavanje na definiranim površinama poljoprivrednog zemljišta.

Koncepcija navodnjavanja Međimurske županije determinirana je sljedećim osnovnim elementima: topografskim obilježjima, mogućnosti dobave vode za navodnjavanje, pogodnosti tala za navodnjavanje, te načinom natapanja proizvodnih površina. Temeljem tih analiza odabrano je rješenje navodnjavanja zahvatom vode iz višenamjenskih hidrotehničkih objekata Čakovec i Dubrava, te gravitacijskim transportom vode glavnim i područnim kanalima do poljoprivrednih površina za područje južnog Međimurja i mehaničkim dizanjem vode za područja sjeverno od Čakovca. Pregledna situacija površina obuhvaćenih Planom navodnjavanja prikazana je na slici 1.

Planom je određeno da se područje predviđeno za navodnjavanje Međimurske županije podijeli na četiri samostalna odvojena sustava navodnjavanja koji će omogućiti faznost izvedbe, što se može vidjeti na spomenutoj preglednoj situaciji (slika 1). Naziv sustava za navodnjavanje je definiran imenima glavnih dovodnih gravitacijskih kanala za navodnjavanje: ČAK1, ČAK2, DUB1, DUB2. Ukupne površine (ha) obuhvaćene ovim sustavima prikazane su u tablici 1.

Tablica 1.: Naziv kanala i njihova pripadajuća netto površina navodnjavanja

Naziv kanala	Netto površina navodnjavanja(ha)
ČAK 1	11771 ha netto
ČAK 2	6795,1 ha netto
DUB 1	3405,4 ha netto
DUB 2	1006,0 ha netto

Ovdje treba spomenuti i područje Zaštićenog krajolika rijeke Mure koje se nalazi na 15000 ha sjevernog i sjevero-istočnog djela Međimurske županije, a koje nije predviđeno za navodnjavanje, jer je rijeka Mura područje zaštićenog krajolika. Na područjima uz rijeku Muru nalazi se poljoprivredne površine na kojima su izvedeni sustavi odvodnje, a djelom i detaljna cijevna drenaža, te je provedena dobrim djelom komasacija ili okrupnjavanje tala, pa je predloženo da se uređene poljoprivredne površine na području zaštićenog krajolika rijeke Mure u bliskoj budućnosti izuzmu od zaštite, čime bi se mogle koristiti u ratarskoj proizvodnji s navodnjavanjem.

3. TEHNIČKE PRETPOSTAVKE PILOT PROJEKTA NAVODNJAVANJA

Navodnjavanje područja Međimurske županije, kako je to predloženo Planom navodnjavanja, vrlo je važan i značajni financijski, razvojni, organizacijski i tehnički projekt. Prema projektnoj dokumentaciji, vidljivo je da ukupni trošak navodnjavanja područja Međimurske županije iznosi cca. 580 milijuna kuna.

Potrebno je napomenuti da Međimurska županija godišnje raspolaže s manjim sredstvima unutar proračuna koji su namijenjeni za tu vrstu radova i koja su u odnosu na ukupnu, prije spomenutu vrijednost sustava za navodnjavanje, vrlo mala, pa se zbog toga nameće i pristupa k faznom izvođenju sustava za navodnjavanje. Osim toga, ovakova faznost izvedbe omogućuje analizu svih elemenata sustava navodnjavanja u njegovoj izgradnji, eksploataciji i održavanju čime se ostvaruje pretpostavka unapređenja budućih sustava, izbjegavanja pogrešaka i nepotrebnih financijskih troškova.

Slika 1.: Pregledna situacija površina obuhvaćenim Planom navodnjavanja Međimurske županije

Područje na kojem će se izvoditi prva faza projekta navodnjavanja nazivano je Pilot područje navodnjavanja, a prva faza nastavka pripreme projektne dokumentacije nazivamo ***Pilot projekt***.

Takvo jedno područje će služiti prvenstveno za upoznavanje proizvođača s prednostima navodnjavanja, odnosno kao model u kojem će se utvrditi korisnost sustava za navodnjavanje u stabilnosti i povećanju prinosa, kvaliteti uzgajanih kultura, te u konačnici, financijskoj koristi. Također, ovakvo područje je bitno radi utvrđivanja svih tehničko-tehnoloških djelova sustava, kako je spomenuto ranije, čime se u konačnici mogu izbjeći značajni troškovi.

Da bi se ostvarili svi ovi ciljevi prvenstveno je potrebno odabrati lokaciju Pilot područja navodnjavanja, koja mora zadovoljiti prioritetne parametre definirane u Planu navodnjavanja.

4. KRITERIJSKI ODABIR VARIJANTE NAJPRIHVATLJIVIJEG RJEŠENJA LOKACIJE PILOT PODRUČJA NAVODNJAVANJA

Višekriterijska analiza odabira prioriteta navodnjavanja na području obuhvaćenom Planom navodnjavanja Međimurske županije, koji međuostalim uključuje i izbor lokacije Pilot područja oslanja se na analizu niza kriterija, međusobno usko povezanih. Danas u svijetu postoji niz programskih paketa i metoda kojima se jedna ovakva analiza može provesti, a jedan je i EXPERT CHOICE koji koristi AHP metodu.

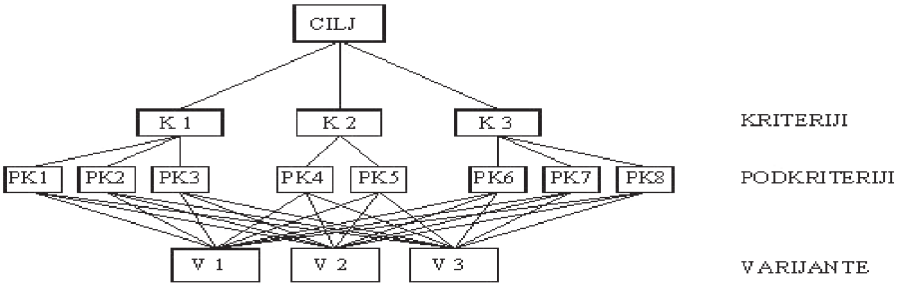
4.1 METODA AHP

Metoda AHP(Analitic Hierarchy Proces) metoda koja se temelji na četiri aksioma:

- Postoji reciprocitet odnosa alternativa (ako je jedno rješenje pet puta bolje od drugoga, onda je drugo pet puta lošije od prvoga),
- Pri usporedbi dviju varijanti po nekom kriteriju niti jedno ne smije biti beskonačno bolje od drugog,
- Problem je moguće formulirati hijerarhijski,
- Sve kriterije i varijante o kojima donosilac odluke razmišlja poželjno je uključiti u obradu.

Problem je potrebno definirati po hijerarhiji počevši od cilja, kao najviše hijerarhijske razine, preko kriterija i podkriterija, do varijanata, kao najniže hijerarhijske razine prema slici 2. AHP postupkom mogu se rješavati i problemi koji imaju veći broj hijerarhijskih razina od četiri.

Postoje dva načina strukturiranja hijerarhija. Prvi način strukturiranja problema je od vrha hijerarhije, odnosno cilja, prema nižim razinama, sve do najniže razine, odnosno dna, kojeg predstavljaju varijante.



Slika 2.: Hijerarhijski prikaz strukturiranja problema kod APH metode

AHP postupak podrazumijeva provedbu proračuna težina, odnosno važnosti kriterija, podkriterija i varijanata. Formiraju se matrice poredbe u kojima se definiraju preferencije dobivene poredbom parova (jednako važno, nešto važnije, izrazito važnije, vrlo izrazito važnije, ekstremno važnije, a između postoje kompromisne međuvrijednosti preferencije).

Te preferencije se određuju za varijante, kriterije i podkriterije.

4.1-1 RAZVOJ HIJERARHISKOG MODELA (CILJ, KRITERIJI, ALTERNATIVE)

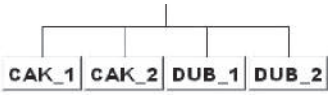
Prilikom razvoja hijerarhiskoh modela, osim definiranja jasnog cilja, znatno je važnije pravilno i sveobuhvatno definirati kriterije i podkriterije vrednovanja modela.

Osnovni kriteriji uzeti u obzir prilikom analize, svrstani su u 4 osnovne grupe, a prikazani su u tablici 2. Osim osnovnih kriterija, definirani su i potkriteriji za svaku grupu, kako je prikazano.

Tablica 2.: Osnovni kriteriji i potkriteriji za odabir najprihvatljivije lokacije Pilot područja navodnjavanja

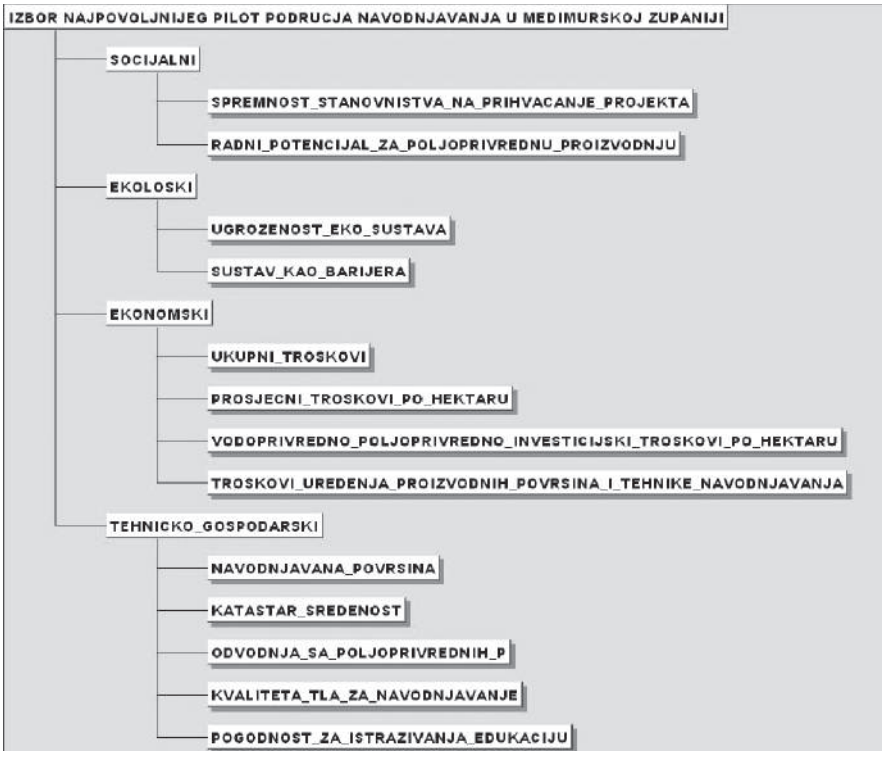
Rbr.	KRITERIJI	POTKRITERIJI
1.	SOCIJALNI KRITERIJI	Spremnost stanovništva na prihvaćanje projekta, Radni potencijal za poljoprivrednu proizvodnju
2.	EKOLOŠKI KRITERIJI	Ugroženost eko sustava, sustav kao barijera
3.	EKONOMSKI KRITERIJI	Ukupni troškovi, prosječni troškovi po hektaru, vodoprivredno poljoprivredno investicijski troškovi po hektaru, troškovi uređenja poljoprivrednih površina i tehnike navodnjavanja
4.	TEHNIČKO-GOSPODARSKI KRITERIJI	Navodnjavanje površina, Sređenost katastra, odvodnja s poljoprivrednih površina, kvaliteta tla za navodnjavanje, pogodnost tla z anavodnjavanje

Kada smo definirali osnovne grupa kriterija i potkriterija, definiraju se alternative, koje su prikazane kao četiri odvojena područja obuhvaćenja planom navodnjavanja, a prikazana na slici 3.



Slika 3.: Prikaz alternativa

Konačno, nakon definiranja svih prikazanih parametara, konstruira se hijerarhijski model problema odlučivanja s ciljem na vrhu, kriterijima i podkriterijima na nižim razinama, kako je prikazano na slici 4.



Slika 4.: Strukturirani hijerarhijski model problema

4.1-2 PROCJENA OMJERA TEŽINA KRITERIJA I ALTERNATIVA POMOĆU SAATYEVE SKALE

U ovom koraku se određuje procjena relativnih važnosti elemenata odgovarajuće razine hijerarhijske strukture problema, izračunaju se lokalne težine kriterija i podkriterija, a na posljednjoj razini prioriteti alternativa. Ukupni prioriteti alternativa izračunaju se tako da se njihovi lokalni prioriteti ponderiraju s težinama svih čvorova kojima pripadaju gledajući od najniže razine u hijerarhijskom modelu prema najvišoj i zatim zbroje.

Pa su tako u tablici 3. prikazane težine kriterija izračunate iz njihovih procijenjenih omjera.

U tablici 4. prikazane su težine podkriterija izračunate iz njihovih procijenjenih omjera.

Tablica 3.: Težine kriterija izračunate iz njihovih procijenjenih omjera

Kriterij	Težina
Socijalni	0.097
Ekološki	0.043
Ekonomski	0.409
Tehničko-gospodarski	0.451

Tablica 4.: Težine kriterija izračunate iz njihovih procijenjenih omjera

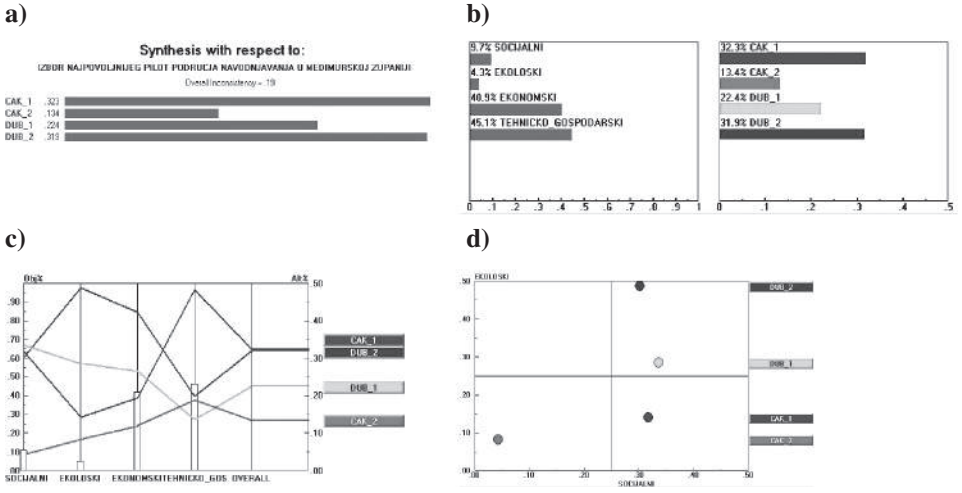
KRITERIJ	**TEŽINA**
SOCIJALNI	
Spremnost stanovnistva na prihvacanje projekta	0.75
Radni potencijal za poljoprivrednu proizvodnju	0.25
EKOLOŠKI	
Ugrozenost eko sustava	0.8
Sustav kao barijera	0.2
EKONOMSKI	
Ukupni troškovi	0.678
Prosječni troškovi po hektaru	0.176
Voldoprivredno poljoprivredni troškovi po hektaru	0.094
Troškovi uređenja poljoprivrednih površina i tehnike navodnjavanja	0.052
TEHNIČKO-GOSPODARSKI	
Navodnjavana površina	0.120
Sređenost katastra	0.092
Odvodnja s poljoprivrednih površina	0.489
Kvaliteta tla za navodnjavanje	0.263
Pogodnost tla za istraživanja i edukaciju	0.036

4.1-3 REZULTATI ANALIZE

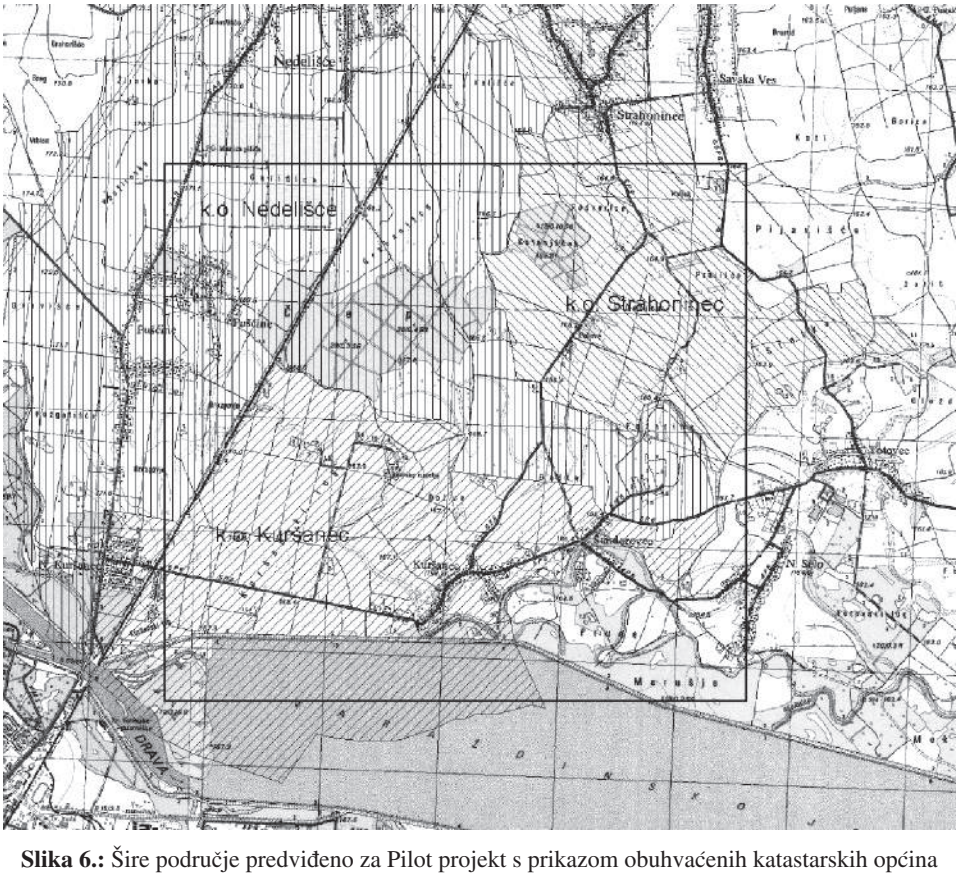
Lokalne težine kriterija i podkriterija odredili smo iz procjene relativnih važnosti elemenata zadane hijerarhijske strukture i one su prikazane u tablici 5., dok su rezultati analize osjetljivosti prikazani na slici 5a), 5b), 5c), 5d).

Alternative	Total	SOCIJALNI|RADNI_POTENCIJAL_ZA_POLJOPRIVREDNU_PROIZVODNJU|L: .250 G: .024)	SOCIJALNI|SPREMNOST_STANOVNISTVA_NA_PRIHVACANJE_PROJEKTA|L: .750 G: .073)	EKOLOSKI|UGROZENOST_EKO_SUSTAVA|(L: .800 G: .034)	EKOLOSKI|SUSTAV_KAO_BARIJERA|L: .200 G: .009)	EKONOMSKI|UKUPNI_TROSKOVI|L: .678 G: .278)	EKONOMSKI|PROSJECNI_TROSKOVI_PO_HEKTARU|L: .176 G: .072)	EKONOMSKI|VODOPRIVREDNO_POLJOPRIVREDNO_INVESTICIJSKI_TROSKOVI_PO_HEKTARU|L: .094 G: .038)	EKONOMSKI|TEDENJA_PROIZVODNIH_POVRSINA_I_TEHNIKE_NAVODNJAVANJA|L: .052 G: .021)	TEHNICKO_GOSPODARSKI|NAVODNJAVANA_POVRSINA|L: .120 G: .054)	TEHNICKO_GOSPODARSKI|KATASTAR_SREDENOST|L: .092 G: .041)	TEHNICKO_GOSPODARSKI|ODVODNJA_SA_POLJOPRIVREDNIH_P|L: .489 G: .220)	TEHNICKO_GOSPODARSKI|KVALITETA_TLA_ZA_NAVODNJAVANJE|L: .263 G: .119)	TEHNICKO_GOSPODARSKI|POGODNOST_ZA_ISTRAZIVANJA_EDUKACIJU|L: .036 G: .016)
CAK_1	0.575	0.389	0.95	0.304	0.237	0.091	1	1	0.369	1	1	1	0.073	1
CAK_2	0.239	0.146	0.099	0.069	0.585	0.149	0.254	0.19	1	0.36	0.228	0.385	0.13	0.203
DUB_1	0.399	1	0.806	0.672	0.247	0.49	0.492	0.4	0.448	0.164	0.465	0.076	0.41	0.101
DUB_2	0.569	0.074	1	1	1	1	0.147	0.09	0.987	0.055	0.092	0.055	1	0.072

Tablica 5.: Lokalne težine kriterija i podkriterija zadane hijerarhijske strukture



Slika 5.: Različiti prikazi Analize osjetljivosti



Slika 6.: Šire područje predviđeno za Pilot projekt s prikazom obuhvaćenih katastarskih općina

Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti, a na temelju zadanih kriterija i njihovih težina, najprihvatljivije područje za pilot projekt navodnjavanja u Međimurskoj županiji je ČAK - 1.

Drugo po redu najprihvatljivije područje je DUB - 2.

U zapadnom dijelu Županije, na područjima koja su predviđena za izradu Pilot projekta prikazanim na gornjoj slici, radi konfiguracije terena i radne kote u jezeru Čakovec, Planom navodnjavanja predviđen je bio sistem otvorenih gravitaciskih kanala.

Međutim, radi specifičnosti promatranog područja i što manjeg zauzimanja obradivih površina za dovodne kanale, odluka je Investitora (Međimurska županija) da se Idejni i Glavni projekt navodnjavanja Pilot područja izvede kao sustav zatvorene cijevne mreže, od zahvata vode na akumulaciji Čakovec, do razvoda vode po poljoprivrednoj površini.

Osim toga, gledano s tehničke strane, prednosti cijevnih vodova su u smanjenju gubitaka na procjeđivanje i isparavanje, te sposobnosti prilagođavanja svakoj konfiguraciji terena.

Opravdanost upotrebe cijevne mreže ogleda se i u tome što su takvi sistemi naročito preporučljivi za male i srednje sustave, za dovod vode za lokalizirana natapanja i natapanja kišenjam, koja su i predviđena za površine na ovom području.

Sustav navodnjavanja Pilot projekta sastoji se od *sustava za zahvaćenje vode iz akumulacijskog jezera Čakovec i distribucijskog tlačnog cjevovoda*, a obuhvaća područja katastarskih općina Strahoninec, Nedelišće i Kuršanec.

Sustav zahvaćanja vode iz akumulacije Čakovec sastoji se od: vodozahvata, dovodnog cjevovoda, crpne stanice s taložnicom i pratećih objekata, a distribucijski tlačni cjevovod od cijevne mreže, revizionih okana, hidranata i prateće opreme.

Zahvatna građevina predviđena je na lijevom nasipu akumulacijskog jezera HE Čakovec, na stacionaži 7+000 km, kao gravitacijski dovod do crpne stanice koja se nalazi 50-tak metara udaljena od nasipa. Minimalna kota zahvata vode definirana je temeljem analiza maksimalnih i minimalnih dnevnih i mjesečnih vodostaja u akumulacijskom jezeru Čakovec i određena je na koti 165,40 mn.m. Crpna stanica, izvedena je kao samostalni armirano-betonski objekat koji se sastoji od zahvatnog bazena, te prostora za crpke i prateću opremu. U unutrašnjem prostoru za smještaj opreme smještene su tri crpke u suhoj izvedbi ukupnog kapaciteta 240 l/s.

Distribucijski tlačni cjevovod (glavni i područni kanali), dimenzioniran je na temelju projektnih potreba za vodom kultura koje se planiraju navodnjavati i veličine poljoprivrednih površina. Promjeri se kreću od DN 300 za područne kanale do DN 600 za glavni tlačni vod. Predviđa se upotreba PEHD cijevi koje imaju vrlo dobra mehanička i termička svojstva.

Ukupna duljina glavnog tlačnog voda iznosi 4 + 554,89 km, a područnih vodova ukupno 3+191,54 km. Hidrantska mreža za priključivanje predviđene mehanizacije za navodnjavanje trasirana je svakih 80 m, prema potrebi mehanizacije za navodnjavanje. Predviđaju se hidrantski priključci zatvorenog tipa, odnosno ugrađeni u šahtove, radi samnjenja oštećenja koja se mogu javiti prolaskom mehanizacije. Proračunom temeljenim na potrebama predviđenih poljoprivrednih kultura za navodnjavanjem, analizama klimatskih, agropedoloških podataka i sličnih podataka izračunate su ukupne količine vode potrebne za navodnjavanje površina pilot područja (oko 450.000,00 m^3 godišnje za cca. 250 ha).

Temeljem ovih podataka i zahtjevanih hidrauličkih elemenata uređaja za kišenje, izračunati su potrebni kapaciteti crpne stanice koji će pokriti potrebu za vodom planiranih

poljoprivrednih površina. Ukupni kapacitet crpne stanice iznosi 240 l/s, kako je prije spomenuto. Pretpostavlja se ugradnja tri centrifugalne crpe u suhoj izvedbi, kapaciteta 80 l/s svaka.

Slika 7.: Osnovni elementi sustava navodnjavanja Pilot područja (lokacija vodozahvata, crpne stanice i trase glavnih i područnih vodova, površine predviđene za navodnjavanje)

6. ZAKLJUČAK

Međimurska županija 2003. godine je prva dala izraditi uz pomoć MPŠVG (Hrvatske vode) Plan navodnjavanja Međimurske županije (Elektroprojekt). Plan je definirao četiri odvojena područja navodnjavanja nazvana prema imenima glavnih dovodnih kanala: ČAK 1, ČAK 2, DUB 1, DUB 2 (slika 1). Pomoću kriterijske analize prema Planu navodnjavanja Međimurske županije odabire se najprihvatljivije Pilot područje navodnjavanja. Pomoću kriterija (socijalni, ekološki, ekonomski, tehničko-gospodarski kriteriji) i podkriterija, te pomoću odabranih alternativa (ČAK 1, ČAK 2, DUB 1, DUB 2)

i pomoću programskog paketa Expert Choice određeno je kao najprihvatljivije područje za navodnjavanje uz predviđeni dovodni kanal ČAK 1, dok je kao drugo najprihvatljivije područje za navodnjavanje DUB 1.

Za dio područja ČAK 1 izrađeno je Idejno rješenje (IGH, 2006) za cca. 250 ha površina za navodnjavanje i ono je doživjelo određenu devijaciju u odnosu na Plan navodnjavanja. Sustav otvorenih kanala za navodnjavanje zamjenjen je sustavom zatvorenih tlačnih cjevovoda. Sustav navodnjavanja Pilot projekta sastoji se od sustava za zahvaćenje vode iz akumulacijskog jezera Čakovec i distribucijskog tlačnog cjevovoda (slika 7). Ukupna duljina tlačnih cjevovoda iznosi 7.746,43 km, a za navodnjavanje površine od 250 ha pilot područja potrebno je cca 450.000,00 m^3 vode godišnje.

7. LITERATURA

1. Plan navodnjavanja na području Međimurske županije, Elektroprojekt Zagreb, 2003
2. Program: Expert Choice , http:// www.expertchoice.com
3. Karleuša, B., : Primjena postupaka višekriterijske optimalizacije u gospodarenju vodama, Magistarski rad, Zagreb, 2002
4. Idejni projekt navodnjavanja pilot područja u Međimurskoj Županiji, IGH D.D. Zagreb, 2006

AUTORI:

Elvis Kešetović, dipl.ing.građ.
IGH d.d. Zagreb, elvis.kesetovic@igh.hr

Ivica Mustač, dipl.ing.geoteh.
Hrvatske vode, VGI Međimurje, Čakovec, mustac@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.07.

NAVODNJAVANJE I ORGANIZACIJA POLJOPRIVREDNE PROIZVODNJE U HRVATSKOJ I EUROPSKOJ UNIJI

Zorko Kos, Senko Vlah

SAŽETAK: Hrvatska se definitivno opredijelila za pristup u Europsku uniju i sada ubrzanim tempom korača da ostvari taj cilj. S obzirom da Europska unija već sada ima 27 članica koje se međusobno bitno razlikuju po položaju, klimi, društvenom i gospodarskom ustroju te stupnju gospodarskog razvoja, praktički je nemoguće napraviti neku adekvatnu usporedbu s našom zemljom. S tim u vezi u ovome se radu - u najkraćim crtama - prikazuje razvoj poljoprivrede i stanje navodnjavanja u Hrvatskoj i Italiji, kao i utjecaj tog segmenta vodoprivrede na proizvodnju hrane. Činimo to stoga što je Italija prvi susjed Hrvatskoj, te je po položaju i klimatskim značajkama veoma slična našoj zemlji. Povijesno gledano, Italija je od davnine oskudijevala na proizvodnji hrane za svoje stanovništvo, te je bila upućena na uvoz velikih količina sve do 60-ih godina prošlog stoljeća, kada se proizvodnja stabilizirala. Hrvatska je oduvijek (s izuzetkom zadnjih 15-ak godina) imala pozitivnu vanjsko - trgovinsku bilancu prehrambenih proizvoda, te je izvozila veće količine viškova. Italija je kroz stoljeća krčila šume i isušivala močvare, te uspjela 75 % svog teritorija privesti poljoprivrednoj proizvodnji. Hrvatska je u daleko manjoj mjeri provodila te akcije i danas poljoprivredno tlo zauzima oko 56 % državnog teritorija. Unatoč tomu, Hrvatska danas po stanovniku raspolaže gotovo dvostruko većom površinom poljoprivrednog tla negoli Italija (0,71 prema 0,38 ha/st.) jer ima bitno nižu gustoću naseljenosti.

KLJUČNE RIJEČI: poljoprivreda, navodnjavanje, klima, obradivo tlo, gustoća stanovništva, veličina posjeda.

IRRIGATION AND ORGANIZATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN CROATIA AND EUROPEAN UNION

SUMMARY: The Republic of Croatia definitely decided to join the European Union and now with acelerated steps tries to realize the goal. Taking into consideration that the EU have already 27 members which are mutually very diferent, taking into consideration the site, climate, the social and economical development, as well as the grade of economical growth, what essentialy make more difficult the adequate comparison with Croatia. Taking this in consideration, in the full lenght paper, briefly, is described the development of agriculture and irrigation in Croatia and Italy as well as the influence of this part of water resources on food production. We do so because the Italy is the first neighbour of Croatia, and has the position and climatic characteristics very similar to our country. Historicaly, Italy from remote ages lacked in food production to feed their inhabitants, and was obliged to import considerable amount of food. Only in 1960. the domestic food production was

consolidated. Croatia, at all times (with the exception of last 15 years), had positive import - export trade of food production. Usually, exported considerable quantity of agricultural production. Italy, during centuries disafforestated, dried up the marshes and succeed the 75 % of their territory convert to agricultural land. Croatia was in much lower measure carried out such works and today the agricultural land comprise about 56 % of the national territory. Newertheless, the Croatia today dispose of, per capita, about the double area of agricultural land then Italy (0,71 to 0,38 ha/inh.), because Italy has more then double density population.

KEYWORDS: agriculture, irrigation, climate, arable land, population density, magnitude of the farms.

1. OPĆENITO

Hrvatska već više od godinu dana vrši intenzivne pripreme za ulazak u Europsku uniju. Momentalno Europska unija ima 25 članica, a uskoro se priprema novo proširenje. S obzirom da je u zadnjoj grupi zemalja (njih 10) koje su postale punopravne članice te asocijacije bilo najviše zemalja bivšeg socijalističkog bloka, za očekivati je da će i Hrvatska to uskoro biti. Dakako, za takav korak treba ispuniti određene uvjete temeljem jasno definiranih kriterija.

U ovome će se radu, u kratkim crtama, obraditi tematika poljoprivrede, odnosno proizvodnja hrane uglavnom temeljena na navodnjavanju i adekvatnoj organizaciji poljoprivredne proizvodnje. S obzirom da su geološke, hidrološke, klimatske, pedološke i druge značajke Hrvatske i Italije dosta slične, moguće je materiju koja se obrađuje dosta kvalitetno uspoređivati.

Hrvatska ima površinu od 56.538 km^2 i po zadnjem popisu stanovništva (2001.) imala je 4.437.460 stanovnika (78,5 st/km^2). Od ukupne površine zemlje na poljoprivredno tlo otpada 31.560 km^2 (2001.), što čini 55,8 %. Ocjenjuje se da se od obradivog tla, koje iznosi 1.994.000 hektara, ili 35,2 %, obrađuje svega 40 - 50 %. Postoci obrađenog tla osjetno variraju od županije do županije i tijekom vremena se mijenjaju. Gledano dugoročno, obrađene su se površine u zadnjih 50-ak godina prepolovile.

Ukupna površina Italije iznosi 301.262 km^2, a prema popisu iz 2001.g. na tom prostoru živi 56.995.744 stanovnika, odnosno u prosjeku 189 st/km^2. Italija je kroz stoljeća krčila šume i isušivala močvare radi povećanja poljoprivrednog tla kako bi time osigurala hranu za stalno rastući broj stanovnika. Danas (2001.) rapolaže s 21,5 milijuna hektara poljoprivrednog tla, od čega je 17.621.796 ha obradivo.

Temeljem navedenih osnovnih uvjeta za razvoj poljoprivredne proizvodnje konstatira se da Hrvatska raspolaže s oko 0,71 ha poljoprivrednog tla po stanovniku, dok Italija samo s 0,38 ha.

2. PRIRODNI PREDUVJETI ZA POLJOPRIVREDNU PROIZVODNJU

Kao što je već ranije spomenuto od ukupne površine teritorija Hrvatske oko 56 % čini poljoprivredno tlo. Ravnice, odnosno ravničaste površine (do 200 m.n.m.) zauzimaju nešto više od 50 % površine, jednu četvrtinu čine brežuljkasti tereni (do 500 m.n.m.), a preostale se površine nalaze iznad te kote. U Hrvatskoj nema visokih planina (iznad 2000 m.) pa se praktički čitavo područje može koristiti za poljoprivrednu proizvodnju.

U Hrvatskoj prevladavaju umjerene klimatske prilike, u obalnom je pojasu izražena

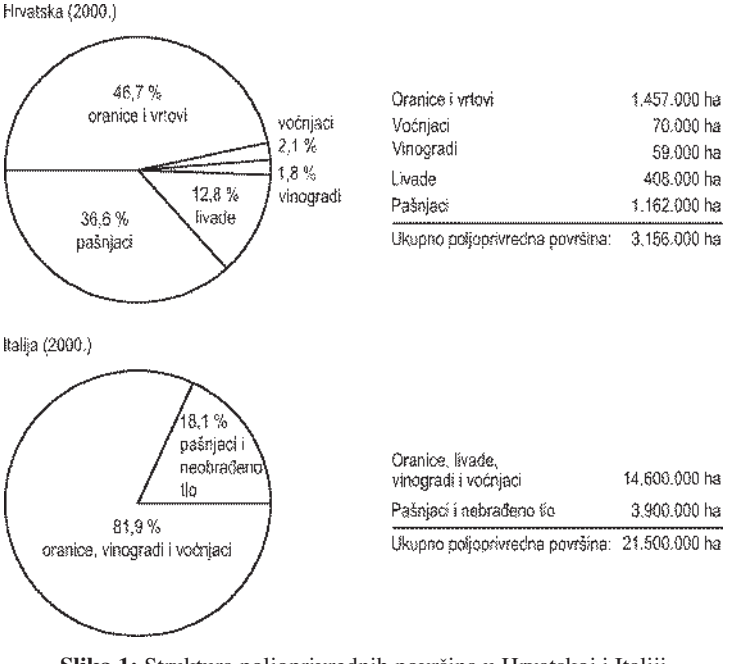
mediteranska klima, što pogoduje razvoju sredozemne vegetacije i uzgoju južnih kultura. U istočnom i sjevernom dijelu vladajuća je umjerena kontinentalna klima, a u planinama planinska. Srednje temperature zraka ovisne su o klimatskoj zoni, ali značajan je modifikacijski utjecaj reljefa i položaja, a posebno blizina Jadranskog mora. Uzgoj određenih poljoprivrednih kultuta treba prilagoditi klimatskoj zoni, ali praktički cijela je zemlja podobna za poljoprivrednu proizvodnju.

Hrvatska obiluje oborinama i vodama. Ovisno o klimatskoj zoni, srednje godišnje oborine se kreću od 700 do 3000 mm. Prosječna godišnja količina oborina iznosi 61.555 milijuna m^3, što čini 13.873 m^3 vode po stanovniku, odnosno 1.088 mm.

U Italiji poljoprivredne površine čine 71 % od ukupne površine zemlje što je znatno više nego u Hrvatskoj. Međutim, mjereno po glavi stanovnika, stanje je obrnuto: Hrvatska raspolaže s 0,71 ha/st., dok Italija samo s 0,38 ha/st..

Italija se, u osnovi, sastoji od tri prirodne cjeline: Alpe, Apenini i Padska nizina. Najveći dio zemlje ima sredozemnu klimu. Orografski je jako razvijena: Alpski planinski lanac pruža se u dužini od oko 1500 km s vrhovima gorja do 5000 metara; Apeninsko gorje proteže se duž cijele talijanske čizme, a nastavlja se i na Siciliji s planinskim vrhovima do 3000 metara (Gran Sasso d´Italia 2914 m.).

Najveća godišnja količina oborina pada u predalpskom području, obično 1000 - 2000 mm. Padska nizina ima u prosjeku 500 - 750 mm padalina, a najmanje istočni dio Sardinije (ispod 500 mm.). Na sjeveru glavnina oborina pada u proljeće i jesen, a na jugu zimi. Italija obiluje rijekama i jezerima; dakako najveća je rijeka Po koja se ulijeva u Jadransko more. Ukupno ima 11 većih jezera, od čega 5 glacijalnih u predalpskom području i 6 jezera na poluotoku nastalih u vulkanskim kraterima. Ukupna prosječna količina oteklih voda isnosi 187.000 milijuna kubnih metara, što čini 3.281 m^3/st., odnosno 6.212 m^3/ha.



Slika 1: Struktura poljoprivrednih površina u Hrvatskoj i Italiji

Radovi na integralnoj melioraciji, koji su započeli 30-ih godina prošlog stoljeća, intenzivno su nastavljeni iza Drugoga svjetskog rata, što je rezultiralo visokorazvijenom poljoprivredom i osjetnim povećanjem proizvodnje svih poljoprivrednih proizvoda.

3. RAZVOJ I STANJE HIDROTEHNIČKIH MELIORACIJA

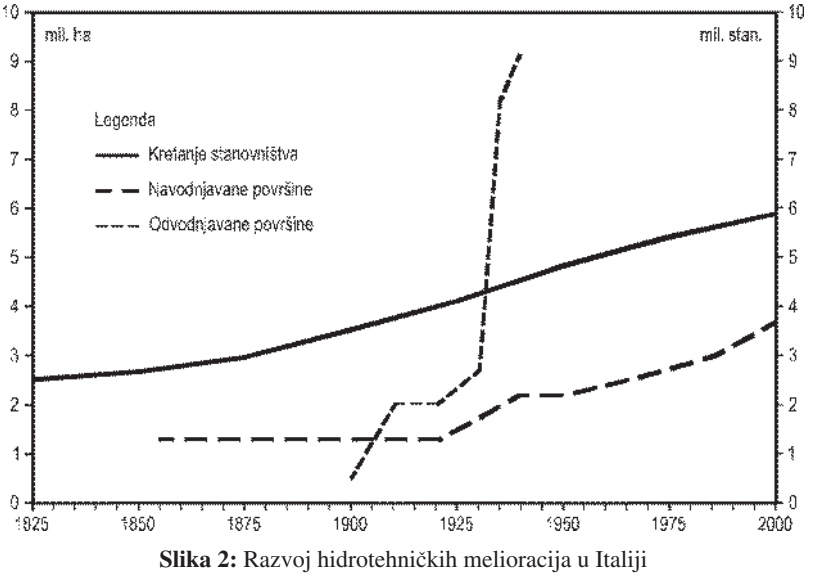
Kao što je već ranije spomenuto, oko 56 % površine Hrvatske čini poljoprivredno tlo, od čega obradivog ima oko 35 %. U najvećim i najvrijednijim nizinskim površinama izgrađeni su sustavi obrane od poplava i unutarnje odvodnje. 70-ih i 80-ih godina prošlog stoljeća bitno su unapređeni sustavi unutarnje odvodnje uvođenjem cijevne drenaže. Nažalost, dobar dio sustava je u lošem stanju uslijed neadekvatnog održavanja.

Što se navodnjavanja tiče, tu smo još uvijek na samim počecima. Prije desetak godina baratalo se s podatkom da navodnjavana površina iznosi 0,29 % od obradive površine, a u novije vrijeme da ona dosiže 9.264 ha, što bi bilo 0,46% od obradive površine. U svakom slučaju ovakav stupanj razvoja navodnjavanja ne može osjetnije utjecati na poljoprivrednu proizvodnju.

Kao kuriozitet svoje vrste spominjemo da je u desetogodištu 1945-55. na vodnom području Primorsko - istarskih slivova bilo izgrađeno natapnih sustava na površini većoj od 400 ha i to - za tada - najmodernijim rješenjima. Nijedan hektar na tim sustavima već odavno nije u pogonu.

Prema zakonu o integralnoj melioraciji u razdoblju od 1923.g. do 1938.g. izgrađeno je:

- sabirnih kanala za odvodnjavanje	12.942	km
- kanala za navodnjavanje	4.855	km
- seoskih cesta	6.280	km
- seoskih vodovoda	608	km
- crpnih postaja za odvodnjavanje	118.058	KS
- crpnih postaja za navodnjavanje	25.500	KS



Slika 2: Razvoj hidrotehničkih melioracija u Italiji

Nadalje, kolonizirano je oko 300.000 ha tla na kome je izgrađeno 34.425 seoskih zgrada uz ostalu infrastrukturu. Navodnjavanju je privedeno novih 800.000 ha tla.

U razdoblju iza Drugoga svjetskog rata, najprije su nacionalizirani preostali veleposjedi (uglavnom veleposjednika i Crkve) kao preduvjet modernizacije poljoprivrede, a potom je na uređenim površinama nastavljena kolonizacija, uz prethodnu izgradnju sve potrebne infrastrukture. Dakako, istovremeno je provedena modernizacija čitave ranije izgrađene infrastrukture. Italija je već krajem 60-ih godina prošlog stoljeća imala modernu i visokoproduktivnu poljoprivredu, što održava sve do danas.

Danas, odnosno prema popisu iz 2001.g., Italija ima 1.593.868 poljoprivrednih imanja s obradivom površinom od 17.621.796 ha. 60 % ovih imanja nema veću površinu od 5 ha, a pokrivaju svega oko 10% od ukupno obradive zemlje.

44 % imanja (oko 700.000) s površinom od oko 3,7 mil. ha imaju mogućnost korištenja navodnjavanja, što čini 21% od ukupno obradive površine. Najveći postotak natapanih površina nalazi se u regijama: Val d´Aosta 84,8 %, Liguria 70,2 % i Trentino Alto Adige (Južni Tirol!) 59,4 %. To je, na prvi pogled, jako čudno jer su to kišovita i hladnija područja. Od kultura najviše se natapa kukuruz i to 58,8 % od ukupno zasijane površine od nešto više od milijun ha, te povrće 75,8 % od zasijane površine od oko 185.000 ha. Prema načinu natapanja, 2001.g. natapalo se:

- prelijevanjem 850.560 ha
- potapanjem 217.536 ha
- kišenjem 1.051.201 ha
- lokaliziranim metodama 366.037 ha

4. PROIZVODNJA OSNOVNIH POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA DO 2000. G.

Kao što je poznato, Hrvatska je u razdoblju od 1970.g. do 1991.g. proizvodila dovoljne količine hrane za vlastite potrebe, a i izvozila je određene proizvode, posebno stoku. U nastavku navodimo ukupnu proizvodnju za karakteristične usjeve, te stoku i perad, a za razdoblje od 1976.g. do 2000.g.

	1976	**1990**	**2000**
1. pšenica (tisuće tona)	1.346	1.602	1.032
2. kukuruz (tisuće tona)	1.934	1.950	1.526
3. goveda (tisuće grla)	1.017	829	427
4. svinje (tisuće komada)	1.518	1.572	1.233
5. perad (tisuće komada)	12.915	17.102	11.253

Neosporno je da su ratna razaranja i tranzicija negativno utjecali na poljoprivrednu proizvodnju, ali dobrom organizacijom se do sada ne samo moglo dostići predratno stanje, već ga osjetno povećati. Naime, treba imati u vidu da uslijed silnog napretka znanosti i tehnologije, ono što se prije pedesetak godina radilo ili gradilo 10-ak godina to se sada obavi za jednu godinu.

Proizvodnja osnovnih poljoprivrednih proizvoda u 2000.g. bila je (u tonama):

- pšenica	1.032.085	na površini od	236.000	ha
- kukuruz	1.526.167	na površini od	389.000	ha
- ječam	151.439	na površini od	46.363	ha
- jabuke	81.339	uz rod. stabla	od 3,8	mil.
- šljive	39.857	uz rod. stabla od	5,6	mil.
- maslinovo ulje, hl.	23.544	uz rod. stabla od	3,1	mil.
- vino, tis. ht.	1.891	uz	59.000	ha vinograda

U Hrvatskoj ima oko 450 tisuća poljoprivrednih gospodarstava, ali samo njih 80 tisuća živi samo od poljoprivrede. Nije prihvatljivo da su glavni izvozni proizvodi Hrvatske samo cigarete, šećer i tuna.

Još 1973.g. Italija je bila u samom svjetskom vrhu po proizvodnji voća i povća, grožđa (vina) i agruma. Ti su se proizvodi uveliko izvozili, a izvoze se i danas. Nastavno se navodi proizvodnja nekih osnovnih poljoprivrednih kultura i stoke (u 1973.g.):

- pšenica	8.920.000	t od čega tvrda 68 %
- kukuruz	5.090.000	t
- riža	1.040.000	t
- agrumi	2.933.960	t
- vino	76.716.000	hl
- goveda	8.738.000	grla
- svinja	7.990.000	kom.

U zadnjih 10-15 godina Italija postupno smanjuje proizvodnju onih kultura koje nisu rentabilne za izvoz, naročito s razloga što je konkurencija na svjetskom tržištu porasla.

5. UTJECAJ NAVODNJAVANJA I ORGANIZACIJE AGRARA NA POLJOPRIVREDNU PROIZVODNJU

Kod razmatranja količine, kvalitete i ekonomičnosti proizvodnje pojedinih poljoprivrednih kultura - u sadašnje vrijeme - pojavljuje se čitav niz čimbenika koji na to utječu. Spomenut ćemo neke najvažnije.

- Organizacija proizvodnje. Znanost i tehnologija se - u procesu poljoprivredne proizvodnje - tako brzo mijenja (razvija) da je malo koji proizvođač (seljak, farmer) u stanju to pratiti. Zato su razvijene zemlje još prije više od 50 godina osnovale državne institucije (u Italiji je to *ispettorato agrario*) za stručnu i tehničku pomoć "seljacima". Svaki je agronom te institucije u neku ruku mentor većem broju poljoprivrednika i njegov je zadatak da se pobrine kada, kako, s čime i koliko će orati, sijati, žeti, itd. On se brine za investicije jer priprema materijale za financijske državne potpore. On se brine za otkup, iako to uglavnom čine zadruge (konzorciji). U svakom slučaju veoma je bitno da sve što seljak proizvede bude i otkupljeno. Zadatak je tih odgovarajućih institucija da se brinu kuda će s viškovima. Ukratko, u modernoj poljoprivredi postoji stroga podjela rada, pri čemu je seljak dužan da ore, sije i žanje, a sve ostalo mu mora osigurati "državna infrastruktura".

- Navodnjavanje. Uloga navodnjavanja bitno ovisi o meteorološkim prilikama područja. U sušnim i pustinjskim područjima je preduvjet bilo kakove proizvodnje. U umjerenom klimatskom pojasu predstavlja sigurnost proizvodnje (za sušne godine ili razdoblja). Kod određenih kultura osigurava kvalitet i klasu (jabuke, kruške i sl.). Npr. određene vrste voća mogu imati istu količinu uroda i u sušnoj i u kišnoj godini, ali u prvom slučaju urod završava u tvornici za preradu, a u drugom na stolu, što je s financijskog stajališta velika razlika. I, konačno, u onim krajevima gdje postoji opasnost od mraza za vrijeme cvatnje voćaka, navodnjavanjem se to može spriječiti.

U prethodnom smo izlaganju spomenuli da najveći postotak natapanih površina u Italiji nije na sušnom jugu već u nekim dijelovima vlažnog i kišom bogatog sjevera (Val d´Aosta, Alto Adige i sl.). Očigledno je da natapanje u ovim krajevima ima prvenstvenu funkciju kvalitete proizvoda i/ili sigurnost žetve.

6. ZAKLJUČAK

I, na kraju, pokušat ćemo temeljem određenih pokazatelja utvrditi razlike između poljoprivredne proizvodnje Hrvatske i Italije. Kao prvo, raspoloživo poljoprivredno tlo, mjereno po glavi stanovnika, u Hrvatskoj je dvostruko veće nego u Italiji (0,71 ha/st. prema o,38). Samo s tog stanovišta gledano Hrvatska bi trebala proizvoditi hrane dva puta više nego Italija (mjereno po stanovniku, dakako), što, jasno, nije tako.

Italija je desetljećima bila deficitarna žitaricama i mesom (stokom). Povećanjem proizvodnje pšenice na oko 9 milijuna tona godišnje u 70-im godinama prošlog stoljeća (ali i drugih proizvoda) uvelike je smanjila potrebu za uvozom prehrambenih proizvoda. Dok su još 70-ih u strukturi ukupnog uvoza, prehrambeni proizvodi iznosili oko 23%, 2000.g. ta se vrijednost smanjila na oko 10%.

Nadalje, Italija bitno više proizvodi neke tipično sredozemne proizvode, npr. agrume na razini od 3 milijuna tona godišnje što je 75 puta više nego Hrvatska (40 tisuća tona), ili vino 77 milijuna hl. što je 40 puta više od Hrvatske koja proizvodi oko 1,9 milijuna hl. Italija je najveći proizvođač i izvoznik tjestenina na svijetu. I, konačno, Italija je 2000. g. izvezla hrane i poljoprivrednih proizvoda za oko 22 milijarde USD, s tendencijom brzog rasta, dok je ta vrijednost za Hrvatsku oko 300 milijuna USD. Usput napominjemo da je u 2001.g. ukupna vanjskotrgovinska razmjena Italije iznosila: uvoz 339 milijardi USD, a izvoz 351 milijardu dolara. Najveći vanjskotrgovinski suficit Italije iznosio je 44,9 milijardi dolara i to 1996.godine. Radi usporedbe navodimo da se, zadnjih godina, hrvatska vanjsko-trgovinska razmjena kretala na razini: uvoz 20 milijardi USD, a izvoz 10 milijardi USD.

LITERATURA

1. Kos, Z., (1992.): Povijesni pregled razvoja navodnjavanja. Priručnik za hidrotehničke melioracije, II. kolo, knjiga 1, str. 1-59. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci.

2. XXX: Istituto nazionale di statistica (2006.). L' interscambio Commerciale italiano: una nuova base informativa per le analisi di lungo periodo.

3. XXX: Statistički ljetopis 2001.

4. Tomić, F., Romić, D., Mađar,S. (2006.): Stanje i perspektive melioracijskih mjera u Hrvatskoj. Zbornik radova znanstvenog skupa "Melioracijske mjere u svrhu unapređenja ruralnog prostora, str. 7-20. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti.

5. Kos, Z., (1996.): Organizacija i održavanje natapnih sustava. Priručnik za hidrotehničke melioracije, II. kolo, knjiga 5, str. 207-246. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci.

AUTORI:

Dr. sc. Zorko KOS, prof. emeritus
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Viktora Cara Emina 5
Senko VLAH, dipl. inž. građ.
Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva
Rijeka, Frana Supila 13

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.08.

VODNO GOSPODARSTVO U FUNKCIJI RAZVOJA OSJEČKO - BARANJSKE ŽUPANIJE

Maja Lamza - Maronić[1], Jerko Glavaš[2]

SAŽETAK: Zbog svojih prirodnih svojstava vode u Republici Hrvatskoj imaju osobitu zaštitu. Vodno gospodarstvo, Zakonom o vodama (1. siječnja 1996.), usklađeno je sa Ustavnim načelima Republike Hrvatske.

Vode su proglašene općim dobrom i zbog svojih prirodnih svojstava ne mogu biti ni u čijem vlasništvu. Vodama u Republici Hrvatskoj, na teritorijalnom principu, upravljaju Hrvatske vode. Upravljanje vodama definira se kao skup aktivnosti, odluka i mjera čija je svrha ostvarivanje jedinstvenog vodnog režima i težnja poboljšanju na promatranom području.

Cilj je uspostavljanje i održavanje ravnoteže između potrebnih količina vode odgovarajuće kvalitete za različite namjene i zaštite voda od onečišćenja s jedne strane i prirodnih procesa, vodnog gospodarstva i zaštite od štetnog djelovanja s druge strane.

Usklađenje gospodarskog razvoja i potreba za vodom sa istodobno ograničenim ljudskim resursima uz usklađenje postojećeg vodnog režima cilj je upravljanja vodama.

Pri tome se mora voditi računa o zaštiti okoliša i povezanosti vodnog gospodarstva sa ostalim djelatnostima promatranog područja: poljoprivreda, promet, turizam, energetika.

Vodeći računa o mnogim čimbenicima od kojih su najznačajniji: oštećenja i gubici vodnih građevina tijekom agresije na Republiku Hrvatsku, potrebna obnova područja pogođenim domovinskim ratom, potencijalne štete od elementarnih nepogoda, nedovoljan stupanj izgrađenosti pojedinih vodnih sustava. U Osječko - baranjskoj županiji vodu za navodnjavanje moguće je koristiti iz rijeka Drave i Dunava, iz brdskih akumulacija, iz prirodnih i umjetnih vodotoka područja i iz resursa podzemnih voda.

Potrebne količine vode koje treba osigurati za navodnjavanje poljoprivrednih kultura proizlaze iz potreba pojedine kulture, promjena strukture biljne proizvodnje, mogućim uvođenjem postrne sjetve te dinamikom razvoje sustava za navodnjavanje.

Izradom vodnogospodarske osnove u funkciji razvoja Osječko - baranjske županije neophodna je suradnja svih subjekata gospodarstva, društva i lokalne samouprave, jer se samo tako mogu ostvariti sinergijski efekti prirodnih, ekonomskih i socijalnih čimbenika koji bi omogućili skladan i realan razvoj Osječko - baranjske županije.

KLJUČNE RIJEČI: vodno gospodarstvo, razvoj, Osječko - baranjska županija

1 Maja Lamza - Maronić, Ph.D., full professor, Faculty of Economics in Osijek, maja@efos.hr
2 Jerko Glavaš, B.Sc., assistant, Faculty of Economics in Osijek, jglavas@efos.hr

WATER MANAGEMENT IN FUNCTION OF DEVELOPMENT OF OSJEČKO - BARANJSKA COUNTY

SUMMARY: Water resources have been declared general goods and due to their natural properties they cannot be owned by anyone. Water resources in Croatia are managed by Hrvatske vode (a water management company), based on the territorial division.

Water management is defined as a group of activities, decisions and measures whose purpose is creation of a unique water regime and aspiration for improvement in the monitored area.

The goal is to establish and maintain balance between the needed quantities of water of adequate quality for different purposes as well as protection of water resources from pollution on the one hand, and natural processes, water management and protection from harmful effects on the other hand. The goal of water management is harmonization of economic development and the needs for water with limited human resources at the same time, with harmonization of the existing water regime. The care must be taken about environmental protection and connection of water management with other activities in the observed area: agriculture, traffic, tourism, energy industry. There are many factors that have to be taken care of, the most important among them being: damages and losses of water management facilities during agression on Croatia, necessary reconstruction of war-affected areas, potential damages caused by natural disasters, insufficient level of development of particular water systems. Water for irrigation in Osječko-baranjska county can be found in the river Drava and the river Danube, then in water accummulations in hills, in natural and artificial waterflows in this area and in underground water resources.

The required quantities of water that should be provided for crop irrigation are result of the needs of a particular crop, change in the structure of plant production, possible introduction of sowing into stubble fields, and dynamic of irrigation system development.

Development of a water management base in function of Osječko-baranjska county requires cooperation of all economic entities, society and local self-government, because only in this way the sinergic effects of natural, economic and social factors can be achieved, which would provide harmoniuos and realistic development of Osječko-baranjska county.

KEY WORDS: water management, development, Osječko-baranjska county

1. UVOD

Vode su opće dobro koje zbog svojih prirodnih svojstava imaju osobitu zaštitu Republike Hrvatske. Korištenjem voda smatra se zahvaćanje, crpljenje i uporaba površinskih i podzemnih voda za različite namjene (opskrba vodom za piće, sanitarne i tehnološke potrebe, navodnjavanje i dr.).

Navodnjavanje na ovim područjima treba predstavljati vid dopunskog dodavanja vode u razdobljima kada se ukaže potreba. Dosadašnje klimatske karakteristike osiguravale su relativno visoku proizvodnju te se o navodnjavanju nije dovoljno vodilo računa. Tek posljednjih godina, s izraženijim ekstremima kiša i suša, pokreću se aktivnosti na realizaciji navodnjavanja kao nužnim dijelom agrara.

2. POČETNE HIPOTEZE

Glavna teza ovoga rada jest ukazati na probleme navodnjavanja općenito u Republici Hrvatskoj u odnosu na određene zemlje i predvidjeti mogućnosti ekpanzivnijeg razvoja poljoprivredne gospodarske grane upravo na području Osječko - baranjske županije.

Prilikom navodnjavanja svakako treba voditi računa o vrsti tla i ekonomskoj opravdanosti same površine za navodnjavanje. Svakako je važno obratiti pozornost na izbor načina navodnjavanja i doziranju prilikom navodnjavanja.

3. NAVODNJAVANJE - POJAM

Navodnjavanje je drevna tehnika poboljšanja kvalitete poljoprivrede. Može se reći da je navodnjavanje umjetno dodavanje vode u svrhu optimalnog rasta i razvoja uzgajanih kultura, kada je tijekom vegetacijskog razdoblja nedostaje u tlu.

To je melioracijska mjera koja se može primijeniti u različite svrhe. Pored primjene u svrhu vlaženja tla, koristi se i u svrhu fertirigacije, desalinizacije tla, borbe protiv mraza i dr.

Najviše se, dakle, koristi za borbu protiv suše, odnosno u svrhu vlaženja tla.

Najveća površina I. i II. rajona pogodnosti koji predstavljaju dobro i umjereno pogodna tla za navodnjavanje nalazi se na području Osječko-baranjske županije (oko 21%), te na području Vukovarsko-srijemske županije (oko 14%). [3]

4. EKONOMSKA OPRAVDANOST NAVODNJAVANJA

Prema navedenim tezama rada, potrebno je navesti poziciju Osječko - baranjske županije s obzirom na vodna područja kojima pripada.

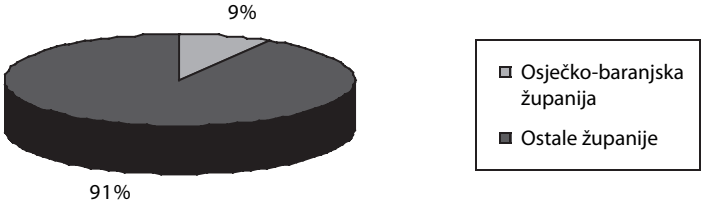
U hidrografskom smislu, područje Osječko - baranjske županije pripada vodnom području Drave, Dunava i Save na kojem djeluju Hrvatske vode Vodnogospodarski odjel Osijek s vodnogospodarskim ispostavama u Osijeku, Donjem Miholjcu, Dardi i Vinkovcima.

Područje Županije zahvaća četiri slivna područja:

- slivno područje "Vuka",
- slivno područje "Karašica-Vučica",
- slivno područje "Baranja" i
- slivno područje "Biđ-Bosut".

Područje Osječko-baranjske županije ima ukupno 277.848,5 ha poljoprivrednog zemljišta što u odnosu na 3.220.431 ha ukupnog poljoprivrednog zemljišta u Republici Hrvatskoj iznosi 9,0 %. Ukupno obradivih poljoprivrednih površina na području Županije ima 231.273 ha u odnosu na 2.034.059 ha obradivih površina u Republici Hrvatskoj što čini 11,4%. To je samo nekoliko kvantitativnih pokazatelja poljoprivrednog značaja područja Osječko - baranjske županije unutar Republike Hrvatske i uvelike opravdava potrebu sustavne realizacije navodnjavanja područja Osječko - baranjske županije.

3 Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj, str. 90-91; Zagreb, 2005.



Slika 1: Poljoprivredna zemljišta u Republici Hrvatskoj

Područje Osječko-baranjske županije temeljem hidrografske karte i karte slivova podzemnih voda, te temeljem procijenjene vodne bilance Hrvatske sadrži vrlo visok potencijal za navodnjavanje koji predstavlja osigurane dovoljne količine površinske i podzemne vode za navodnjavanje i u sušnim razdobljima.[4] Razlog tome je pogodan položaj uz velike rijeke Dunav i Dravu gdje se ističe područje Baranje.

5. POLJOPRIVREDA U FUNKCIJI RAZVOJA GOSPODARSTVA

Ukupne poljoprivredne površine u Osječko - baranjskoj županiji iznose 257.595 ha od čega se kao oranične površine koristi oko 81%. Prema strukturi vlasništva oko 60% površina nalazi se u vlasništvu poljoprivrednih obiteljskih gospodarstava, a prosječna veličina posjeda iznosi 2,9 ha. U strukturi sjetvenih površina prevladavaju žitarice, industrijsko bilje i krmno bilje.

Prema popisu stanovništva, od ukupno 303.506 stanovnika, 21.112 je poljoprivredno stanovništvo koje živi u 41.103 poljoprivredna kućanstva. U poljoprivrednim kućanstvima još uvijek je najveći broj (12.144) onih s posjedom do 0,5 ha dok svega 774 obiteljska gospodarstva posjeduju oraničnu površinu veću od 20 ha.

Na području županije djeluje 213 poljoprivrednih poduzeća u rasponu od ratarske i stočarske proizvodnje pa do uslužnih djelatnosti u poljoprivredi sela, te 458 poduzeća prerađivačke industrije. Među brojnim poljoprivrednim poduzećima na području županije djeluju i tri velika agroindustrijska kompleksa zaokruženih tehnoloških cjelina, IPK Osijek d.d., Belje d.d. i PPK Valpovo sa tradicionalno poznatim proizvodima prehrambene i mlinsko-pekarske industrije.

Osim poznatih tvrtki kao Pivovara d.d. Osijek, Lura keksi d.d., IPK Kandit d.d. Osijek, Tvornica šećera, Tvornica ulja Čepin, MIA Osijek, Đakovština d.d. u novije vrijeme javljaju se i vrlo uspješna poljoprivredna poduzeća kao PZ Osatina d.o.o. Koritna, Novi Berak d.o.o., Osilovac d.o.o. te proizvodnja tradicionalnog slavonskog kulena u poduzeću Palčok d.o.o. Osijek.[5]

6. VODE KAO ČIMBENIK RAZVOJA POLJOPRIVREDE

Temelj gospodarskog razvoja Osječko - baranjske županije je u svakom slučaju usko vezan za razvoj poljoprivrede i turizma. Iz ta dva gospodarska segmenta tj. djelatnosti proizlazi strateška važnost vode kao izvora svih aktivnosti.

4 Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj, str. 99; Zagreb, 2005.

5 Informacija o stanju u gospodarstvu na području Osječko - baranjske županije, Osječko - baranjska županija, listopad 2006., Osijek

Interes za intenzivnijom proizvodnjom doveo je u ranijem razdoblju do izgradnje hidromelioracijskih sustava za odvodnju. Može se reći da je površinska i podzemna odvodnja poljoprivrednih površina na većem dijelu područja Osječko - baranjske županije riješena, što predstavlja značajni preduvjet za razvoj navodnjavanja. Sadašnje stanje karakterizira nedostatna realizacija planiranih objekata za zaštitu od štetnog djelovanja voda što je uglavnom rezultat pomanjkanja financijskih sredstava.

Tradicionalna poljoprivredna proizvodnja i prateća preradbena industrija pripadaju najznačajnijim gospodarskim granama u Osječko-baranjskoj županiji.

Poljoprivredna proizvodnja je proizvodnja koja najviše ovisi o klimatskim uvjetima, a određene suše ukazuju na značenje navodnjavanja poljoprivrednih površina na kojima su zasijane poljoprivredne kulture za poljoprivrednu proizvodnju u vremenu velikih klimatskih promjena. Upravo stoga, s ciljem unaprjeđenja vodnog gospodarstva u funkciji poljoprivredne proizvodnje Osječko-baranjska županija donijela je Plan navodnjavanja područja Osječko-baranjske županije te Program uređenja detaljne kanalske mreže u svrhu navodnjavanja i odvodnje na području Osječko-baranjske županije. Izazov, ali i velika prilika gospodarstva, a posebno poljoprivrede Osječko - baranjske županije se temelji baš na mogućnosti daljnjeg navodnjavanja poljoprivrednih površina koje su i u prošlosti predstavljale žitnicu Hrvatske.

Područje Osječko-baranjske županije prema svojim topografskim, pedološkim i klimatskim karakteristikama ima dobre preduvjete za razvoj intenzivnog poljodjelstva s osnovnim ciljem profitnom proizvodnjom hrane kao jedne od osnovnih gospodarskih grana Republike Hrvatske.

Osnovni cilj izrade Plana navodnjavanja Osječko-baranjske županije bio je definiranje smjernica, kriterija i ograničenja za planski razvitak navodnjavanja na području Osječko - baranjske županije u sadašnjim i budućim uvjetima poljoprivredne proizvodnje i raspoloživih resursa voda.

Sadašnje stanje uređenosti zemljišta karakterizira provedena komasacija i okrupnjavanje na najvećem dijelu posjeda, dobra kanalska mreža za odvodnju i veliki dio površina pod drenažom. U globalu se može reći da odvodni sustav funkcionira na zadovoljavajućem nivou, te jedino nedostatna sredstva za njihovo održavanje čine problem ukupnog funkcioniranja i pojave poplava.

Na području Osječko-baranjske županije do sada se organizirano navodnjava cca 700 ha: područje Bare, područje uz Karašicu, Belje, Zelčin, Hana-Našice, te nekoliko lokaliteta privatnih proizvođača na površinama uglavnom do 10 ha. Prema podacima Hrvatskog zavoda za statistiku iz 2002. godine na području Županije registrirano je 50 lokacija gdje se primjenjuje navodnjavanje i to voća, povrća i ratarskih kultura.[6]

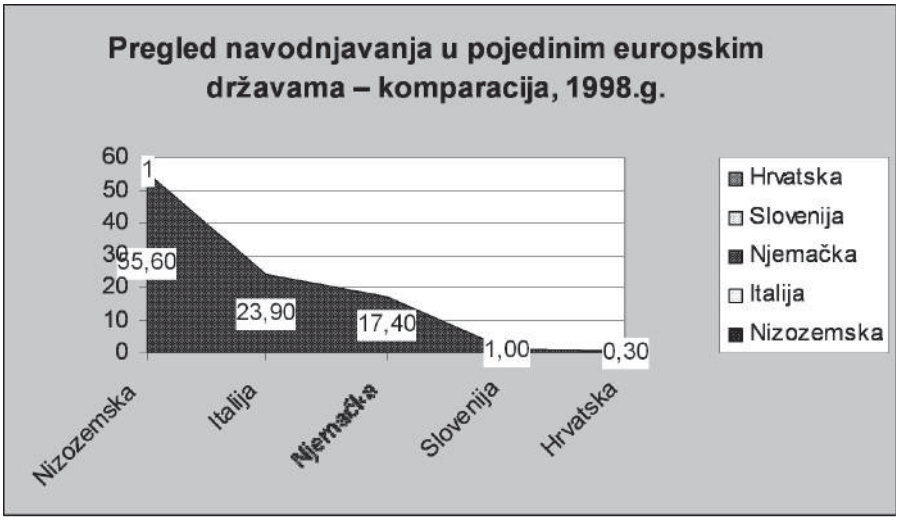
Stoga je nužno da i Republika Hrvatska pokrene ovo pitanje s mrtve točke pogotovo u svjetlu velikih šteta od suša kao i enormnog uvoza hrane.

Opće je poznato da danas nema visoko razvijene države bez visoko razvijene poljoprivrede, a niti visoko razvijene poljoprivrede bez navodnjavanja.

Trebamo li, i da li možemo uopće povući paralelu između Republike Hrvatske i recimo Izraela, ili Osječko - baranjske županije i primjerice Kalifornije.

Možda i ne, ali moramo sagledati sve mogućnosti i prikazati što zapravo predstavlja odgovorno upravljanje i značaj znanja i spoznaje o prilikama određene nacionalne ekonomije.

6 "Stanje navodnjavanja u Hrvatskoj 2002. godine", Zbornik radova III. Hrvatske konferencije o vodama 2003. godine, Josipović i dr., 2003.



Slika 2: Pregled navodnjavanja u pojedinim europskim državama - komparacija, 1998.g.

Za primjer uzmimo Izrael koji je površinom manji od polovice Republike Hrvatske (površine 20.700 km^2) s oko 6,5 milijuna stanovnika. Klima u Izraelu je pretežito pustinjska i ima najmanju količinu obnovljive vode na svijetu (cca 400 m^3/stanovnik).

U poljoprivredi Izrael podmiruje vlastite potrebe i još izvozi hrane u visini od 1 milijardu USD godišnje.

7. ZAKLJUČAK

Kada govorimo o izazovima vezanim za navodnjavanje i Europsku uniju, neprelazna je činjenica da je Republika Hrvatska što se tiče nedovoljnog navodnjavanja i iskorištenja postojećih kapaciteta obradive zemlje i vode trenutno među posljednjima u Europi.

Najveći propusti su učinjeni isključivo zbog objektivnih razloga vezanih za rat u Republici Hrvatskoj, ali su najvažniji razlozi koji su mogli biti puno pozitivniji. To su prvenstveno razlozi neshvaćanja poljoprivrede kao temelja privrede i ključnog čimbenika razvoja.

Tržište Europske unije nam je zanimljivo jer predstavlja određenu priliku plasiranja proizvoda „zdrave“ hrane, ali isti ti proizvodi se trebaju također plasirati na domaćem tržištu i to najviše preko turističke ponude, dakle povezivanjem zelene i plave hrvatske regije.

Zapadnoeuropske zemlje su nakon Drugoga svjetskog rata razvile vrlo učinkovitu poljoprivredu i danas raspolažu s vrlo velikim viškovima proizvoda.

Unatoč viškovima, Europska unija ne posustaje u daljnjem razvoju i povećanju proizvodnje, te oko polovice proračuna namjenjuje upravo poljoprivredi. Republika Hrvatska bi po pitanju pripreme poljoprivrede za ulazak u Europsku uniju trebala načiniti ogromne korake.

Nacionalna poljoprivreda stvara određenu vrstu sigurnosti i pokretač je ukupnog razvoja, te osigurava rast gotovo svih ostalih gospodarskih grana uz isključivo odgovorno upravljanje.

Republika Hrvatska ima bogatstva vode i zemlje kao izuzetno dane preduvjete za razvoj poljoprivrede i života uopće. Samosvjesnim upravljanjem tih resursa Republika Hrvatska bi trebala koristiti dane resurse poput, primjerice, Austrije ili Švicarske.

Prema procjenama stručnjaka Hrvatska bi mogla proizvoditi hrane za 20 do 25 milijuna stanovnika, a opće je poznata činjenica da se u posljednih desetak godina uvozi oko 50 % potreba.[7]

LITERATURA

1. Glas koncila (2005): broj 7 (1599), Intervju prof.dr. Ivan Šimunić
2. Informacija o stanju u gospodarstvu na području Osječko - baranjske županije (2006): Osječko - baranjska županija, Osijek
3. Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj(2005): Zagreb, 2005.
4. Plan navodnjavanja područja Osječko - baranjske županije (2006): „Županijski glasnik“, (broj 2/95., 2/97., 3/99., 3/01., 8/01., 4/02., 9/03., 7/05. - pročišćeni tekst i 13/05.)
5. "Stanje navodnjavanja u Hrvatskoj 2002. godine" (2003): Zbornik radova III. Hrvatske konferencije o vodama 2003. godine, Josipović i dr.
6. www.obz.hr (12.02.2007.)

AUTORI

Prof.dr. sc. Maja Lamza - Maronić[8]
Ekonomski fakultet u Osijeku
Gajev trg 7, 31 000 Osijek
Mob: +385 91 224 4036, Fax: +385 31 211 604, E-mail: maja@efos.hr

Jerko Glavaš, dipl.oec.[9]
Ekonomski fakultet u Osijeku
Gajev trg 7, 31 000 Osijek
Mob: +385 91 224 4082, Fax: +385 31 211 604, E-mail: jglavas@efos.hr

7 Glas koncila (2005): broj 7 (1599), Intervju Prof.dr. Ivan Šimunić, str. 8-9
8 Maja Lamza - Maronić, Ph.D., full professor, Faculty of Economics in Osijek, maja@efos.hr
9 Jerko Glavaš, B.Sc., assistant, Faculty of Economics in Osijek, jglavas@efos.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.09.

VIŠENAMJENSKI KANAL DUNAV-SAVA U SUSTAVU EUROPSKE MREŽE UNUTARNJIH PLOVNIH PUTOVA

Josip Marušić, Berislav Brkić, Ivan Kolovrat

SAŽETAK: U cilju povezivanja Hrvatske sa sustavom europskih unutarnjih plovnih putova potrebno je ostvarenje projekta odnosno izgradnja *Višenamjenskog kanala Dunav-Sava (VKDS)* po parametrima V.b klase međunarodnih plovnih putova. A to je i obveza Hrvatske nakon potpisivanja *Ugovora o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značenja (AGN-ugovor)* 27. lipnja 1997. g. te njegovom potvrdom u Saboru 12. studenog 1998. g. Po AGN-ugovoru u Hrvatskoj je u sustav europskih plovnih pored dionica rijeka Dunav, Sava i Drava uvršten i projekt VKDS. Izgradnjom VKDS od Vukovara pored Vinkovaca do Šamca dužine 61,4 km ostvarilo bi se skraćenje plovidbe rijekom Savom i Dunavom u smjeru Srednje i Zapadne Europe za 417 km, a u smjeru Istočne Europe odnosno Crnog mora za 85 km. U radu su dati osnovni pokazatelji o izradi studijske i projektne dokumentacije VKDS od 1965. do 1991. te od 1993. do 2000. g. kao i obveze po ocjeni *Studije utjecaja VKDS na okoliš* (ožujak 1999.). Posebno su prikazani zakonski i navigacijski uvjeti za uključivanje Hrvatske u sustav europskih unutarnjih plovnih putova te opis poslova za dovršenje prostorno-planske, studijske i projektne dokumentacije koja je potrebna za početak izgradnje VKDS.

KLJUČNE RIJEČI: *projekt, kanal, Dunav, Sava, značenje, sustav, europski, plovni, putovi*

DANUBE - SAVA MULTIPURPOSE CANAL IN THE EUROPEAN NAVIGABLE INLAND WATERWAYS SYSTEM

SUMMARY: The construction of *the Danube - Sava Multipurpose Canal* (DSMC) should be undertaken in order to connect Croatia with the European system of inland waterways *(VKDS)* according to the international waterway parameters of the V.b class. At the same time, it is also Croatia's obligation after signing the *Agreement on Major Inland Waterways of International Importance (AGN-agreement)* from 27th June 1997 and followed by its confirmation at the Parliament on 12th November 1998. DSMC project is, besides the sections of the Danube, Sava and Drava rivers also included into the system of European waterways within the AGN-agreement. The construction of DSMC from Vukovar next to Vinkovci and up to Šamac in the length of 61,4 km would shorten the navigation along the rivers of Sava and Danube in the direction of Middle and Western Europe for 417 km, and in the direction of Eastern, i.e. in the direction of the Black Sea for 85 km. The paper deals with the basic indicators of DSMC's study and project documentation from 1965 to 1991, and from 1993 to 2000 along with the obligations contained in the evaluation

of the *Environmental Impact Study of DSMC* (March 1999.). The paper features legal and navigational conditions for Croatia to join the system of European navigable inland waterways as well, and it implies the description of operations for completing physical and planning study and project documentation needed for the start of DSMC's cosntruction.

KEYWORDS: *project, canal, Danube, Sava, significance, system, European, navigable, waterways*

1. UVOD

U 1985. g. završen je idejni projekt *«Višenamjenskog kanala Dunav-Sava»* (VKDS) po parametrima IV. klase međunarodnih unutarnjih plovnih putova: - *širina dna 24,0 m; nagib stranica 1:3; dubina plovne vode 3,5 m; širina razine plovne vode 45,0 m; dužina trase 58,9 km, slobodna visina za plovidbu ispod mostova 6,9 m - za plovila nosivosti 1.500 t*. U 1989. g. izrađena je «*Predstudija utjecaja VKDS na okoliš*», a u 1990. g. i «*Predstudija opravdanosti izgradnje VKDS*». Vlada R. Hrvatske je 19. ožujka 1991. g. donijela «*Odluku o pripremi za izgradnju VKDS*» - u suglasju sa zadacima dugoročnog gospodarskog razvoja Hrvatske (NN 19/91). Nažalost, u ljetnim mjesecima 1991. g. počela su ratna djelovanja bivše «JNA» i raznih srbo-četničkih vojnih snaga na većem dijelu područja Hrvatske. Pored nevinih ljudskih žrtava, velikih razaranja stambenih, gospodarskih, sakralnih, zdravstvenih, infrastrukturnih i ostalih objekata te ostalih negativnih posljedica - ratna djelovanja su između ostalog dovela i do prekida aktivnosti na ostvarenju projekta VKDS.

Nakon prekida u 2001. g. tek su u 2005. g. nastavljene aktivnosti i poslovi na dovršenju studijske i projektne dokumentacije koja je potrebna za ishođenje lokacijske dozvole i pripremne radove u cilju ostvarernja projekta VKDS. Pored velikog prometnog projekt VKDS ima i značenje u stvaranju preduvjeta za poboljšanje odvodnje te posebno navodnjavanja poljoprivrednih površina na slivnom području Biđa, Bosuta i Vuke - kao sastavnog dijela programa uspješnijeg razvoja poljoprivrede. Također ostvarenjem projekta VKDS moguće je reguliranje vodnog režima prema zahtjevima optimalnog razvoja šumske vegetacije na slivnom području Biđa i Bosuta - uključujući i hrastove šume na slivu Spačve i Studve. Posebno treba imati na umu veliko ekološko značenje VKDS zbog mogućnosti oplemenjivanja malih voda i to kako Biđa, Bosuta i Vuke tako i njihovih pritoka na njihovim nizinskim dionicama. Ostvarenje projekta VKDS je sastavni dio programa uspješnijeg prometnog, ali i gospodarskog povezivanja kako hrvatskog Podunavlja i Jadrana tako i racionalnijeg povezivanja Hrvatske sa sustavom europskih unutarnjih plovnih putova.

2. IZRAĐENA STUDIJSKA I PROJEKTNA DOKUMENTACIJA VKDS OD 1993. DO 2000. G.

I pored teškog stanja u gospodarstvu zbog ratnih posljedica tijekom 1991. i 1992. - krajem 1993. g. nastavljene su aktivnosti na aktualizaciji studijske i projektne dokumentacije VKDS. Sastavni dio toga je i početak suradnje stručnjaka Hrvatske i tvrtke «Rhein-Main-Donau» AG, München - u cilju korištenja iskustava u procesu projektiranja, financiranja i izgradnje višenamjenskog hidrotehničkog sustava i plovnog puta «Rhein-Main-Donau» koji je u cjelosti pušten u promet 25. rujna 1992. (dužina plovnog puta 555 km sa 52 brodske prevodnice).

U 1994., 1995. i 1996. g. izvršeni su poslovi dopune, sistematizacije i analize hidroloških

podataka na slivnom području Biđa, Bosuta i Vuke za potrebe novelacije i dopune hidrauličkog i navigacijskog rješenja VKDS po parametrima V.b klase međunarodnih unutarnjih plovnih putova. *U 1998. g. završen je «Idejni projekt Višenamjenskog kanala Dunav-Sava» sa sljedećim parametrima: - širina dna 34,0 m, nagib stranica kanala 1:3, dubina plovne vode 4,0 m, širina razine plovne vode 58,0 m, dužina trase 61,4 km, slobodna visina za plovila 9,1 m, standardni plovni gabarit 42,0 x 2,5 m, a ispod mostova 58,0 x 9,1 m.*

VKDS je od km 0+000 (Dunav) do km 9+580 u vodnom režimu Dunava, a od km 59 + 925 do km 61 + 400 u vodnom režimu rijeke Save. Dužina trase VKDS od Vukovara pored Vinkovaca do Šamca je povećana od 58,9 km na 61,4 km zbog potrebe zaštite područja vodocrpilišta regionalnog vodovoda kojim se planira opskrba 260.000 stanovnika dijela područja Istočne Slavonije. Po parametrima V.b klase međunarodnih unutarnjih plovnih putova predviđena je dvosmjerna plovidba krutih potisnih sastava dimenzija: *185 x 11,4 x 2,8 m koji se sastoji od 2 serijski spojene potisnice «Europa II» nosivosti 1.850 t i potiskivača*. Minimalni radius plovnog puta je 750 m. Sastavni dio idejnog projekta VKDS su odgovarajuća rješenja sljedećih građevinskih objekata:

2 brodske prevodnice, 2 pristaništa (u Vinkovcima i Cerni),

4 ustave, 2 crpne stanice, 2 derivacijska kanala, 1 sifon, 17 cestovnih i 4 željeznička mosta, 1 pješački most te 9 križanja trase kanala s cjevovodima i 16 križanja s dalekovodima.

Od 1993. do 2000. g. za idejni projekt VKDS izrađena je sljedeća dokumentacija:

- 6 projektnih zadataka, 19 prostorno planskih elaborata, 22 pripremno-studijska elaborata, 22 terensko-istražna elaborata, 8 prometnih podloga i elaborata, 49 idejnih projekata objekata na VKDS te Biđu, Bosutu, Vuki i Derivacijskom kanalu, 3 prospekta odnosno publikacije i 2 video prezentacije projekta VKDS (hrvatski, njemački i engleski).

Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša 16. ožujka 1999. g. je donijela *RJEŠENJE* kojim se utvrđuje da je projekt VKDS prihvatljiv za okoliš uz primjenu mjera zaštite okoliša i provedbe programa praćenja stanja okoliša. Na izvršenju terenskih snimanja i ispitivanja te izradi studijske i projektne dokumentacije VKDS i Nove luke Vukovar (NLV) sudjelovalo je 156 u praksi s pozitivnim rezultatima potvrđenih i potrebnih stručnjaka i znanstvenika iz 22 institucije i tvrtke Hrvatske te konzultanti iz tvrtke «Rhein-Main-Donau» AG-Consult, München.

Unatoč obvezama RH prema potpisanom AGN ugovoru, Ministarstvo za javne radove, obnovu i graditeljstvo nije u financijskim planovima u 2001., 2002. i 2003. g. predvidjelo potrebna sredstva za provedbu aktivnosti i poslova na dovršenju studijske i projektne dokumentacije VKDS, a bez toga nije moguće započeti pripremne i ostale radove na njegovoj izgradnji. A prekinuta je i suradnja sa stručnjacima tvrtke «Rhein-Main-Donau», AG München.

3. ZAKONSKI I NAVIGACIJSKI UVJETI ZA UKLJUČIVANJE HRVATSKE U MREŽU EUROPSKIH UNUTARNJIH PLOVNIH PUTOVA

Prema prihvaćenom osnovnom projektnom zadatku iz 1994. godine koji je dopunjen u 1997. - u 1998., 1999. i 2000. godini, nastavljena su terenska snimanja i istražni radovi kao i dovršetak studijske i projektne dokumentacije VKDS prema aktualnim elementima V-b. klase međunarodnih unutarnjih plovnih putova.

Hrvatska je 24. lipnja 1997. g. u Helsinkiju potpisala, a Hrvatski državni sabor 12. studenoga 1998. g. potvrdio Ugovor o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značenja (AGN). Sastavni dio tog ugovora je i nova UN/ECE klasifikacija plovnih putova iz 1992. godine. Prema tom ugovoru najvažniji su unutarnji plovni putovi u smjeru sjever-jug koji osiguravaju pristup pomorskim lukama te spajaju države europskog sjevernomorskog područja preko Podunavlja s državama sredozemnog područja (slika 1). Najvažniji unutarnji plovni putovi u smjeru zapad-istok, presijecajući tri ili više spomenutih putova (smjer sjever-jug).

Prema Ugovoru (AGN) o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značaja u Hrvatskoj su u sustav Europskih plovnih putova uvršteni sljedeći plovni putovi (E-p.p.):

E-80 - rijeka Dunav od Batine do Iloka, km 1.433+000 do km 1.295+501; VI.c klase;

E-80-08 - rijeka Drava do Osijeka, km 0+000 do km 22+000, IV. klase;

E-80-10 - budući "Višenamjenski kanal Dunav-Sava" od Vukovara do Šamca, duljine 61,5 km, V.b klase;

E-80-12 - rijeka Sava od Jamene do Siska, km 207+000 do km 583+000, IV. klase.

Radi reguliranja obveza prema AGN ugovoru Hrvatska je donijela Zakon o plovidbi unutarnjim vodama i Zakon o lukama unutarnjih voda. Dio tema iz gospodarskog područja i vlasničkih odnosa u području plovidbe utvrđen je u Zakonu o vodama i Zakonu o koncesijama. Da bi ostvarila deklarirane klase svojih plovnih putova, Hrvatska ih mora građevinskim zahvatima i navigacijskom opremom prilagoditi novoj klasifikaciji te održavati prema AGN ugovoru.

Nova klasifikacija unutarnjih plovnih putova od međunarodnog značaja uključuje sljedeća osnovna tehnička načela E-plovnih putova:

- Klasa plovnog puta utvrdit će se prema horizontalnim dimenzijama motornih plovila, tegljenica i potiskivanih sustava, te prema standardiziranim dimenzijama tj. njihovoj najvećoj širini.
- Samo plovni putovi koji zadovoljavaju barem najosnovnije zahtjeve klase IV. (minimalne dimenzije plovila 85 m x 9,5 m) mogu se smatrati E-plovnim putovima (rijeka Sava i Dunav).
- Pri moderniziranju plovnih putova klase IV. (kao i manjih regionalnih plovnih putova), preporučuje se zadovoljiti barem klase V.a (ili više kategorije, ako je to moguće).
- Novi E-plovni putovi trebaju, međutim, najmanje ispunjavati zahtjeve klase V.b. U tom smislu valja osigurati najmanji gaz od 2,80 m. Zahtjeve plovnih putova V.b klase treba imati i projekt VKDS, a prema AGN ugovoru.
- Da bi se osigurao djelotvorniji kontejnerski promet, slobodne se visine ispod mostova moraju predvidjeti s 5,25 m za 2 reda kontejnera, 7 m za 3 reda i 9,10 m za 4 reda kontejnera.
- Unutarnji plovni putovi na kojima se očekuje znatan opseg kontejnerskog i RO-RO prometa trebaju najmanje ispuniti zahtjeve klase V.b, što je uvjet i za projekt VKDS.
- Najveći gaz (4,50 m) i najmanja slobodna visina ispod mostova (9,10 m) trebaju biti osigurani na svim dijelovima mreže koji su izravno povezani s priobalnim pravcima.

Prihvaćanje nove klasifikacije unutarnjih plovnih putova uzrokovano je promjenom tehnologije unutarnje plovidbe s teglenja na veće krute potisne sustave (duljine 100 do

300 m).

4. UKLJUČIVANJE HRVATSKE U SUSTAV EUROPSKIH UNUTARNJIH PLOVNIH PUTOVA

U cilju povezivanja Hrvatske s mrežom europskih unutarnjih plovnih putova bitan je mješoviti riječno-željeznički prometni koridor «*Podunavlje - Jadran*», jer je međunarodni tranzitni promet na njemu jedini gospodarski argument za razvoj i podizanje klasa hrvatskih unutarnjih plovnih putova. Za njegovo ostvarenje valja ponajprije izgraditi VKDS po elementima V.b klase te kanalizirati rijeku Savu do Siska i Rugvice. Ostvarenje projekta VKDS treba vrednovati kao I. fazu, kanaliziranu rijeku Savu (s 3 protočne hidroelektrane) kao II. fazu, a izgradnju dolinske željeznice «Karlovac - Rijeka» kao III. fazu ostvarenja mješovitog prometnog povezivanja Podunavlja i Jadrana preko Hrvatske, ali isto tako i povezivanje Sredozemlja, Podunavlja i Baltika (sl. 1.).

Osobito je važno imati na umu odnos troškova prijevoza na primjeru država s razvijenom mrežom unutarnjih plovnih putova (rijeke, kanalizirane rijeke i plovni kanali), a oni iznose: riječnim putem 0,028 EUR/t km, željeznicom 0,086 EUR/t km, a cestom 0,156 EUR/t km. Sastavni dio toga je i ekološka prednost riječno-kanalskog prometa u odnosu na željeznički i cestovni promet. Do 1991. g. u Hrvatskoj je plovni promet sudjelovao sa samo 4,0%, a u zemljama srednje i zapadne Europe od 15 do 25 posto u ukupnom prometu roba tih država. U prijevozu industrijske i ostale robe troškovi prometa u Hrvatskoj sudjeluju sa 15 posto, a u državama srednje i zapadne Europe sa 5 posto u ukupnim prodajnim cijenama roba. Navedeni pokazatelji potvrđuju opravdanost i potreba ostvarenja projekta VKDS kao sastavnog dijela bržeg i racionalnijeg uključivanja Hrvatske u europsku mrežu unutarnjih plovnih puteva. A to je preduvjet i za uspješniji razvoj kombiniranog prometa kao i cjelokupnog gospodarstva Hrvatske.

Na slici 1. prikazana je mreža europskih plovnih puteva čiji sastavni dio treba biti i ostvarenje projekta VKDS.

Slika 1.: Mreža Europskih plovnih puteva.

5. AKTIVNOSTI I POSLOVI NA DOVRŠENJU I NOVELACIJI STUDIJSKE I PROJEKTNE DOKUMENTACIJE VKDS U 2006. I 2007. G.

Nakon više stručnih rasprava (2004. i 2005. g.) voditelja i glavnih izvršitelja aktivnosti i poslova koji su sudjelovali u izradi studijske i projektne dokumentacije te dostavljenih obrazloženja, nadležna ministarstva (MPŠVG, MZOPUG, MMTPR) u suradnji sa Agencijom za plovne putove unutarnjih voda u svibnju 2006. g. su prihvaćen je prijedlog programa:

izrade prostorno-planske dokumentacije studijska razina projekta (*novelacija idejnog rješenja, procjena utjecaja na okoliš, izrada stručne podloge za lokacijske dozvole i ishođenje lokacijske dozvole*), geodetski radovi, novelacija geotehničkih istražnih radova i izrada programa geotehničkih istražnih radova za glavni projekt, novelacija idejnog projekta te provedba upravnog postupka (ishođenje načelne dozvole) za izgradnju višenamjenskog kanala Dunav-Sava.

Nakon provedenog natječaja 29. lipnja 2006. g. zaključen je i potpisan Ugovor o izvršenju navedenih poslova između Agencije za plovne putove unutarnjih voda i Instituta građevinarstva Hrvatske, u suradnji sa Građevinskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, Vodoprivredno-projektnim biroom d.d., Zagreb, Zavodom za geodetske poslove d.d. Osijek, Zavodom za prostorno planiranje Osijek i Elektroprojektom d.d. Zagreb. U sklopu dovršenja projektne i ostale dokumentacije potrebno je između ostalog dati i rješenje o mogućnosti korištenja zemljanog materijala iz iskopa VKDS za potrebe izgradnje autoceste KORIDOR V.c kao i projekta navodnjavanja poljoprivrednih površina.

Rok završetka poslova novelacije te dovršenja planske, studijske, projektne i ostale dokumentacije VKDS je kraj lipnja 2007. g. - uključujući ishođenje lokacijske dozvole, a do kraja rujna i ishođenje načelne dozvole.

6. ZAKLJUČAK

U prostorno planskim dokumentima i strategiji prometnog razvitka Hrvatske 1999. g. definiran je razvitak sustava hrvatskih unutarnjih plovnih putova, a u sklopu toga je i ostvarenje projekta VKDS. Krajem 1998. g. završen je aktualni idejni projekt VKDS, a početkom 1999. g. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša donijela je RJEŠENJE kojim je utvrđeno da je projekt VKDS prihvatljiv za okoliš. Nažalost od 2001. do 2004. g. došlo je do prekida u obavljanju aktivnosti i poslova na dovršenju studijske i projektne dokumentacije VKDS odlukom tadašnjeg Ministarstva za javne radove, obnovu i graditeljstvo. Od 2005. g. nastavljeni su poslovi na dovršenju i novelaciji prostorno-planske, studijske i projektne dokumentacije VKDS do razine koja je neophodna za ishođenje lokacijske i načelne dozvole - s rokom dovršenja u 2007. g.

Po prihvaćenom i potpisanom AGN ugovoru pored plovnih dionica rijeka Dunava, Save i Drave u sustav europskih plovnih putova uvršten je i projekt VKDS po parametrima V.b klase međunarodnih unutarnjih plovnih putova. Imajući na umu ekonomske i ekološke prednosti prometa plovnim putovima treba sagledati i vrednovati značenje VKDS u cilju povezivanja Hrvatske s europskim sustavom unutarnjih plovnih putova, ali i kao sastavnog dijela uspješnijeg gospodarskog povezivanja i razvoja država Podunavlja i Jadrana.

POPIS LITERATURE I IZVORA PODATAKA

1. *Studijska, projektna i ostala dokumentacija VKDS od 1984. do 1990. g*. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Vodoprivredno projektni biro d.d. Zagreb i Hrvatske vode Zagreb.
2. *Odluke Vlade Republike Hrvatske u svezi pripremnih poslova i potrebe ostvarenja projekta «Višenamjenski kanal Dunav-Sava»*, Zagreb, ožujak i lipanj 1991., travanj 1996., kolovoz 2002.
3. Marušić, J., Pršić, M. (1998.): *«The choice of charging system for the Navigation lock in the Multi-purpose canal Danube-Sava»*, XIX Conference of the Danube countries of Water management, Osijek, p 575-586.
4. Marušić, J. (1999.): Značenje *«Višenamjenskog kanala Dunav-Sava» za gospodarsko povezivanje Podunavlja s Jadranom*, HAZU, Zagreb, Anali, Osijek, str. 57-88.
5. Brkić, B., Kolovrat, I., Marušić, J. (2000.): *Aktualni projekt «Višenamjenskog kanala Dunav-Sava»*, Sabor hrvatskih graditelja, Cavtat, str. 773-794.
6. *Studije i projekti «Višenamjenski kanal Dunav-Sava»*, Vodoprivredno-projektni biro d.d. Zagreb i Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1991.-2000.
7. *Izvještaji o planiranim i izvršenim poslovima na izradi studijske i projektne dokumentacije «Višenamjenskog kanala Dunav-Sava»*, JVP «Hrvatska vodoprivreda», 1991.-1996. i «Hrvatske vode», 1996.-2003.
8. *Strategija prometnog razvitka Hrvatske u 21. stoljeću (2001.)*, Ministarstvo pomorstva, prometa i veza, Zagreb.
9. Marušić, J. (2002.): *Economic Importance and the Environment of the Multipurpose Danube-Sava Canal*, Transport and Environment, Symposium, Modern Traffic, Opatija, Croatia, 2002, pp 66-71.
10. Marušić, J., Kolovrat, I. (2004.): *Značenje i problemi ostvarenja projekta Višenamjenskog kanala Dunav-Sava*, Sabor hrvatskih graditelja 2004., Cavtat.
11. Martinčić, J., Marušić, J., Legac, I. (2004.): *Gospodarsko povezivanje Podunavlja s Jadranom - dosadašnja istraživanja kao okosnica saznanja o prometnom pravcu «Baltik - Srednja Europa - Jadran»*, Koridor V.c kao poveznica na prometnom pravcu «Baltik - Srednja Europa - Jadran», Osijek, str. 47-57.
12. Marušić, J., Pršić, M. (2005.): *Značenje unutarnjih plovnih putova za prometno povezivanje Hrvatske i Podunavskih zemalja*, «Prometna povezanost Hrvatske s europskim zemljama u funkciji razvoja sjeverozapadne Hrvatske, HAZU, Varaždin, str. 147-162.
13. *Prijedlog aktivnosti i poslova za dovršenje studijske i projektne dokumentacije VKDS u 2006. g*., Vodoprivredno-projektni biro d.d. Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatske vode Zagreb, Uprava vodnog gospodarstva - MPŠV: Zagreb, svibanj 2005. i ožujak 2006.
14. Marušić, J. (2006.): *Višenamjenski kanal Dunav-Sava u funkciji KORIDORA 5c*. Znanstveni simpozij «Saobraćajni sistem KORIDORA 5c - nove mogućnosti razvoja, Sarajevo, str. 251-256.
15. Marušić, J., Kolovrat, I. (2006.): *Višenamjenski kanal Dunav-Sava, osnovni pokazatelji o studijskoj i projektnoj dokumentaciji od 1991. do 2005. g*., 3. Međunarodni znanstveni simpozij KORIDOR 5c - kao euroregionalna poveznica na prometnom pravcu Baltik - Srednja Europa - Jadran, Osijek - Vukovar.

6. *Dokumentacija za nadmetanje - novelacija i dovršenje prostorno-planske, studijske i projektne dokumentacije VKDS*, Agencija za plovne putove unutarnjih voda, Zagreb - Vukovar, 2006.

17. *Izvještaji o novelaciji i dovršenju prostorne, studijske i projektne dokumentacije VKDS*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Agencija za plovne putove unutarnjih voda i IGH, Zagreb, 2006. i 2007.

AUTORI:

Prof. dr. sc. Josip Marušić, dipl. ing. građ.,
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26,
tel. 01/4639-612, fax 01/4639-238, e-mail: marusicj@grad.hr

Berislav Brkić, dipl. ing. kult. tehn.,
Vodoprivredno projektni biro d. d., Zagreb

Ivan Kolovrat, dipl. ing. građ.,
Hrvatske vode, Zagreb

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.10.

NACIONALNI PROJEKT NAVODNJAVANJA I GOSPODARENJA POLJOPRIVREDNIM ZEMLJIŠTEM I VODAMA

Josip Marušić, Davor Romić

SAŽETAK: Izrađeni i od Vlade RH prihvaćeni *Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodrenja poljoprivrednim zemljištem i vodama (NAPNAV)* sastavni je dio dugoročnog programa razvoja vodnog gospodarstva i poljoprivrede Hrvatske. U njegovoj izradi sudjelovali su hrvatski stručnjaci i znanstvenici, a korištena su inozemna iskustva država s dugom tradicijom izgradnje i korištenja sustava za navodnjavanje. Na osnovu sistematiziranih i analiziranih prirodnih potencijala vode i tla te definiranih relevantnih kriterija kao i primjene suvremenih metoda, *izrađena je karta prioritetnih područja za navodnjavanje u Hrvatskoj*. Sastavni dio izrade NAPNAV bio je i prikaz postojećeg stanja u poljoprivredi s pokazateljima o prinosima biljnih kultura sa i bez korištenja sustava navodnjavanja. Posebno je istaknuto značenje i potreba dovođenja hidromelioracijskih sustava za odvodnju na njihovu projektno-izvedbenu razinu kao i potreba njihovog redovitog održavanja te okrupljavanje odnosno povećanje površina poljoprivrednih parcela. To je preduvjet racionalnog funkcioniranja i korištenja sustava za navodnjavanje koji su u funkciji promjene strukture poljoprivredne proizvodnje kao i ostvarenja visokih i stabilnih prinosa biljnih kultura. Također je predloženo nominiranje, vrednovanje i praćenje NAPNAV s opisom aktivnosti, poslova i obveza institucija i korisnika u procesu ostvarenja i korištenja sustava za navodnjavanje.

KLJUČNE RIJEČI: *projekt, navodnjavanje, gospodarenje, zemljište, voda, korištenje, prinosi, biljne kulture*

NATIONAL PROJECT OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL SOIL AND WATER MANAGEMENT

SUMMARY: *The National Project of Irrigation and Soil and Water Management (NAPNAV)* accepted by the Government of the Republic of Croatia is a constituent part of a long term development programme of Croatian water management and agriculture. The National Project was created by Croatian scientists and experts applying other countries' experience with long tradition of irrigation system construction and use. On the basis of systematised and analysed natural water and soil potentials and defined relevant criteria implying current methods a chart of irrigation priority areas for Croatia was developed. An integral part of NAPNAV's elaboration was an illustration of existing condition in agriculture with a review of vegetal crops with and without irrigation system. The vital importance and the need for implementation of drainage systems were emphasised, along

with their upgrading to design and performance level. The regular maintenance and growing, i.e. enlargement of agricultural lots is included here as well. This is a pre-requisite of rational functioning and irrigation system usage which can influence modifications in agricultural production's structure and for the production of high and stable vegetal crops. The nomination, evaluation and monitoring of NAPNAV with description of activities, operations and obligations in the process of irrigation system development and usage were proposed as well.

KEYWORDS: project, irrigation, management, soil, water, usage, crops, vegetal culture

1. UVOD

U cilju stvaranja preduvjeta za uspješniji razvoj poljoprivrede, Vlada Republike Hrvatske je (12.03.2004.) donijela ODLUKU o izradi «*Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama*» (NAPNAV), čija izrada je započela sredinom 2004., a završena sredinom 2005. godine. U izradi NAPNAV sudjelovalo je 45 stručnjaka i znanstvenika iz 10 referentnih institucija Hrvatske sa konzultantima iz Italije. Prema veličini navodnjavanih površina (9.700 ha), Hrvatska se nalazi među posljednjim mjestima država Europe, a zbog učestalih pojava suša sve su veće štete u poljoprivrednoj proizvodnji. U 2000. i 2003. g. ukupno procijenjene štete zbog suša u vegetacijskom razdoblju procijenjene su na 3,4 milijarde kuna, a u sušnim godinama je i veći platni deficit u poljoprivredi. Zbog toga je od velikog značenja iznalaženje optimalnih tehničkih i financijskih rješenja kao i izgradnja objekata i sustava navodnjavanja. A to je sastavni dio programa proizvodnje hrane i to kako za vlastite potrebe tako i za izvoz, a u sklopu toga i uspješnijeg razvoja cjelokupnog gospodarstva Hrvatske.

Na osnovu provedene sistematizacije i analize podataka o prirodnim resursima vode i tla te potrebi stvaranja i održavanja optimalnog vodnog režima zemljišta u cilju ostvarenja visokih i stabilnih prinosa biljnih kultura, izrađen je NAPNAV kojeg je Vlada RH prihvatila 17. studenog 2005. g. Njegovo ostvarenje je započeto izradom županijskih planova, a u 2006. idejnih te u 2007. i glavnih projekata navodnjavanja. Korištenjem sustava navodnjavanja moguća je promjena strukture poljoprivredne proizvodnje te povećanja njene konkurentnosti kao i ostvarenje povoljnijih makroekonomskih učinaka, a to kako u poljoprivredi tako i u cjelokupnom gospodarstvu Hrvatske.

2. POLAZIŠTA ZA IZRADU NAPNAV

Nezadovoljavajuće stanje u poljoprivredi i vodnom gospodarstvu je posljedica ratnog djelovanja agresora u 1991. i 1992. g. i okupiranosti 30% površine Hrvatske do 1995., a dijelom i do završetka procesa mirne reintegracije u 1998. g. te nedovoljnom shvaćanju i nedostatku provedbe odgovarajućih mjera i odluka kao i osiguranja izvora financiranja od strane nadležnih državnih institucija u razdoblju od 1991. do 2003. g. Posljedica toga je i smanjenje razine funkcioniranja hidrotehničkih objekata i sustava za potrebe odvodnje suvišnih voda kako s poljoprivrednih tako i ostalih površina. A njihovo dovođenje na projektno-izvedbeno stanje je preduvjet za cjelokupno gospodarenje zemljištem i vodama kao sastavnog dijela uspješnijeg razvoja vodnog gospodarstva i poljoprivrede. Iskorištenje prirodnih potencijala tala u najvećoj mjeri ovisi o vodnom režimu koji se ostvaruje i održava izgradnjom i redovitim održavanjem hidromelioracijskih objekata i sustava za odvodnju i navodnjavanje. To je posebno važno za vegetacijsko razdoblje biljnih kultura. Iako je Hrvatska bogata vodnim resursima treba imati na umu da su oborine sve češće

neravnomjerno raspoređene u prostoru i vremenu u odnosu na potrebe i korištenje voda i to kako u poljoprivrednoj proizvodnji tako i za ostale namjene (vodoopskrba, energija, industrija, plovidba). Suša je normalna, ali i sve učestalija klimatska pojava. U poljoprivredi se suša povezuje s različitim meteorološkim pojavama: manjak oborina, nedostatak vode u tlu, sniženje razine podzemne vode, razlika između aktualne i potencijalne evapotranspiracije. Posljednjih godina sve je češća pojava suša: 1992., 1995., 1998., 2000. i 2003. Nažalost o posljedicama suša i ne samo u poljoprivredi piše se i govori u vrijeme njihovih pojava, ali do 2004. g. nisu poduzete potrebne aktivnosti te mjere i radovi za smanjenje šteta od pojave suša u poljoprivredi. U 2000. g. potvrđeni iznos šteta od suša u poljoprivredi je bio 1.406.088.741, a u 20003. čak 2.020.560.000 kuna - odnosno ukupno 3.426.648.741 kuna (3,4 milijarde kuna).

S navedenim iznosom moguće je izgraditi sustave za navodnjavanje 50.207 ha poljoprivrednih zemljišta (9.100 EUR/ha 68.250 kn/ha). U Hrvatskoj se 1990. g. navodnjavalo 13.500 km, a u 2006. godini samo 9.700 ha! Jasno da je u sušnim godinama i veći platni deficit u poljoprivrednoj proizvodnji. Također treba imati na umu da je sredstvima za izgradnju jednog kilometra autoceste (prosječno 5.792.000 EUR/km) moguće izgraditi 636 ha sustava za navodnjavanje - uključujući kako objekte zahvata i dovoda vode do poljoprivrednih površina tako i razvodne mreže te strojeva i opreme za navodnjavanje. Nažalost još se uvijek neravnomjerno raspoređuju državna sredstva i to kako po gospodarskim djelatnostima tako i na prostoru Hrvatske. Posljedica toga je neravnomjerni razvoj Hrvatske, a posebno usporeni razvoj poljoprvrede u odnosu na raspoložive prirodne resurse tla i vode kao i potrebe proizvodnje hrane za vlastite potrebe, ali i veće mogućnosti izvoza te za razvoja turizma. Važna je konstatacija da su razvoji poljoprivrede i turizma bili i ostali primarne djelatnosti u svakoj strategiji gospodarskog i društvenog razvoja Hrvatske i to kako u bivšoj državi tako i u samostalnoj Hrvatskoj, ali bez dovoljne državne potpore i provedbenih programa za razvoj poljoprivrede kao i pripadajućih vodnogospodarskih djelatnosti.

Iznalaženjem optimalnih tehničkih i financijskih rješenja te izgradnjom sustava za navodnjavanje znatno se smanjuju štete od suša, a na pojedinim područjima moguće ih je potpuno izbjeći. Sastavni dio toga je i potreba ubrzanja započetih reorganizacija u području poljoprivredne proizvodnje, uključujući posebno rješenje pitanja vlasnika i korisnika zemljišta na kojima se uzgajaju biljne kulture. Kako inozemna tako i naša iskustva su potvrdila da su najbolji rezultati odnosno prinosi biljnih kultura ostvareni na površinama s izgrađenim i redovito održavanim hidromelioracijskim sustavima za odvodnju i navodnjavanje te prethodno provedenom (re)komasacijom zemljišta. Na takvim melioracijskim područjima s pravilno oblikovanim i većim površinama proizvodnih parcela moguće je racionalno korištenje poljoprivrednih strojeva i vozila i to kako u procesu pripreme zemljišta tako i uzgoja biljnih kultura - od sjetve i sadnje do žetve i berbe. Također je moguća primjena suvremenih agroteničkih mjera i provedba pripadajućih radova u procesu pojedinih faza razvoja biljnih kultura odnosno njihovih plodova - u cilju ostvarenja visokih i stabilnih prinosa - kao sastavnog dijela programa povećanja dohodovnosti u poljoprivrednoj proizvodnji.

Do sada je u Hrvatskoj provedeno niz terenskih snimanja i ispitivanja kako melioracijskih tako i ostalih područja na osnovu kojih je moguće koristiti dobivene rezultate za izradu potrebnih topografskih, pedoloških, klimatskih, hidroloških i vegetacijskih podloga koje su relevantne za kontrolu i održavanje postojećih, ali i izgradnju novih hidromelioracijskih sustava za odvodnju, a posebno navodnjavanje. Racionalno korištenje raspoloživih prirodnih resursa vode i tla za potrebe ostvarenja visokih i stabilnih prinosa biljnih

kultura moguće je prvenstveno na površinama s izgrađenim objektima i sustavima za navodnjavanje. Kvalitetno izgrađeni i redovito održavani hidromelioracijski sustavi su sastavni dio programa integralnog i racionalnog gospodarenja tlom i vodom, ali i programa održivog razvoja. U skladu s tim treba sagledati i vrednovati značenje i potrebu ostvarenja «*Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama - kao preduvjeta uspješnijeg razvoja poljoprivrede, ali i cjelokupnog gospodarstva Hrvatske*». Posebno je važna konstatacija da su razvijene države prvenstveno one koje imaju dovoljnu proizvodnju hrane i energije i to kako za vlastite potrebe tako i za izvozne programe odnosno povećanje svoje pozitivne platne bilance.

3. OSNOVNI POKAZATELJI O POLJOPRIVREDNOM ZEMLJIŠTU I STUPNJU IZGRAĐENOSTI HIDROMELIORACIJSKIH SUSTAVA

Pored prirodnih obilježja bitni su i osnovni pokazatelji o namjeni korištenja i vlasništvu poljoprivrednog zemljišta kao stanje njihovog režima, što je vidljivo u tablici 1.

Tablica 1.: Namjena korištenja i vlasništvo poljoprivrednog zemljišta

Red. broj	Namjena korištenja zemljišta	Vlasništvo poljoprivrednog zemljišta					
		Privatno		Državno		Ukupno	
		hektara	posto	hektara	posto	hektara	posto
1.	Oranice i vrtovi	1.173.328	55,8	286.506	27,7	1.459.834	46,5
2.	Voćnjaci	65.331	3,1	2.453	0,2	67.784	2,2
3.	Vinogradi	52.516	2,5	4.578	0,4	57.094	1,8
4.	Livade	342.368	16,3	53.361	5,2	395.729	12,6
5.	Pašnjaci	468.711	22,3	687.962	66,5	1.156.673	36,9
	Ukupno 1.-5.:	2.102.254	100	1.034.860	100	3.137.114	100

Pored podataka prikazanih u tablici 1 važni su i podaci o poljoprivrednom zemljištu po popisu koji je obavljen 2003. g., a to su: - ukupna korištena površina 1.077.403 ha, a broj parcela 1.936.090, korištena površina po jedinici popisa 2,39 ha, a prosječna veličina parcela samo 0,56 ha.

Navedene podatke treba imati na umu u sagledavanju potrebe i provedbe mjera u cilju okrupnjavanja odnosno povećanja površina i oblikovanje pravilnih poljoprivrednih parcela veće površine za potrebe racionalnijeg korištenja strojeva i vozila te primjene odgovarajućih agrotehničkih mjera u procesu biljne proizvodnje. A sastavni dio toga je i promjena plodoreda odnosno strukture sjetve. U strukturi zasijanih površina osnovni pokazatelji su sljedei: žitarice - 64,1 posto; uljano sjemenje i plodovi 8,8; krumpir 5,8; ostalo povrće 6,0; šećerna repa 2,6; krmno bilje 11,1; duhan 0,5 i aromatično bilje 0,2 posto.

Za promjenu strukture sjetve i bolje korištenje poljoprivrednog zemljišta potrebna izgradnja hidrotehničkih objekata i sustava za zaštitu od poplava rijeka i bujičnih vodotoka te posebno izgradnja i redovito održavanje hidromelioracijskih objekata i sustava, a osnovni podaci o njima sljedeći:

- Ukupne melioracijske površine u Hrvatskoj (100%) 1.673.792 ha

- Potpuno izgrađeni sustavi površinske odvodnje (43,3%) 724.749 ha
- Dijelom izgrađeni objekti i sustavi površinske odvodnje (19,4%) 324.662 ha
- Neizgrađeni objekti i sustavi površinske odvodnje (37,3%) 624.381 ha
- Ukupne melioracijske površine s potrebom podzemne odvodnje 822.350 ha
- Potpuno izgrađeni sustavi kombinirane odvodnje (površinska i podzemna odvodnja s agrotehničkim mjerama) (14,8%) 121.484 ha
- Kombinirana odvodnja dijelom - nepotpuno izgrađeno (3,3%) 27.169 ha
- Duljina glavnih vodotoka melioracijskih područja 6.594 km
- Duljina melioracijskih kanala III. i IV. reda 26.357 km
- Betonski cijevni propusti promjera 50-200 cm 21.659 građevina
- Betonski pločasti propusti otvora 200-1000 cm 1.486 građevina
- Betonske i kamene stepenice visine 80-120 cm 1.085 građevina
- Poluautomatski cijevni čepovi promjera 50-200 cm 506 građevina
- Ostali hidromelioracijski objekti 1.466 građevina
- Crpne stanice - 75 objekata ukupne snage 22.470 KW i kapaciteta 320,9 m^3/s
- Površine koje su navodnjavane u 2006. g. - samo 9.700 ha i to bez sustavnih rješenja.

Nažalost najmanje je izgrađenih objekata i sustava za navodnjavanje poljoprivrednih zemljišta. Prema izvršenoj sistematizaciji i analizi prirodnih podataka o potencijalu zemljilšta u Hrvatskoj je za navodnjavanje vrlo visokog i visoko pogodnog potencijala 484.026 ha, a umjerenog potencijala 979.178 ha. Nažalost u 1990. g. navodnjavalo se 13.500 ha, a u 2006. samo 9.700 ha poljoprivrednih zemljišta - što je samo 2,0 posto od vrlo visokog i visokog povoljnog potencijala, a uzimajući u obzir i umjereni potencijal tala za navodnjavanje to je samo 0,66%. Zbog navedenih podataka Hrvatska je i nadalje među zadnjim mjestima po navodnjavanim površinama među državama Europe.

4. OSNOVNI POKAZATELJI NACIONALNOG PROJEKTA NAVODNJAVANJA I GOSPODARENJA POLJOPRIVREDNIM ZEMLJIŠTEM I VODAMA (NAPNAV)

4.1. Vodnogospodarski uvjeti za navodnjavanje

Vodnogospodarski uvjeti za navodnjavanje su definirani u Zakonu o vodama (ZOV) i Zakonu o financiranju vodnog gospodarstva (ZOFVG) te odgovarajućim podzakonskim aktima odnosno pravilnicima. Oni su sastavni dio planskih osnova za upravljanje vodama, a to su: Strategija upravljanja vodama (SUV), Planovi upravljanja vodnim područjima (PUVP) i Planovi upravljanja vodama (PUV). Strategija upravljanja vodama zasniva se na terenskim snimanjima i istraživanjima (a po potrebi i laboratorijskim), znanstvenim istraživanjima, kontinuiranom praćenju rasporeda stanja i pojava u vezi s vodama i njihovim korištenjem (uključujući i navodnjavanje) uvažavajući specifičnosti vodne problematike svakog vodnog područja i cjelovite zaštite okolilša. PUVP mora biti u skladu sa Strategijom upravljanja vodama. PUV izvršni je planski dokument na temelju kojeg se prikupljaju prihodi i podmiruju izdaci za ostvarenje programa gospodarenja vodama.

Korištenje voda za melioracijsko navodnjavanje ostvaruje se zahvaćanjem voda iz vodotoka, akumulacija, jezera, crpljenjem podzemnih voda i prikupljanjem oborinskih voda - pod uvjetima određenim vodopravnom dozvolom te ugovorom o koncesiji. Glavni preduvjeti

za izradu projektne dokumentacije sustava za navodnjavanje kao i njihove izgradnje su površine na kojima su provedene komasacije zemljišta te izgrađeni i redovito održavani hidromelioracijski sustavi za odvodnju. Sastavni dio toga su i podaci o izgrađenosti akumulacija iz kojih je moguće korištenje vode za navodnjavanje kao i višenamjenskim vodnogospodarskim objektima. Također je bitno osiguranje financijskih sredstava i to kako za izgradnju tako i održavanje sustava za navodnjavanje - što se ostvaruje putem naknade za navodnjavanje odnosno provedbu ZOFVG.

4.2. Prostorni raspored vodnih resursa i pogodnosti tala

Za potrebe navodnjavanja posebno značenje ima bilanca raspoložive vode na slivnim i vodnim područjima. Korištenjem podataka iz SUV i analizom 30-godišnjih klimatskih, hidroloških i ostalih pokazatelja za 16 većih slivnih odnosno hidrografskih cjelina određena je bilanca voda na osnovu koje su predložene moguće količine vode za navodnjavanje. Prostorni raspored vode prikazan na sljedećim kartama izrađenim u GIS-u:

- Hidrografska karta Hrvatske,
- Karta postojećih akumulacija i retencija,
- Karta planiranih akumulacija i retencija,
- Karta slivova podzemne vode.

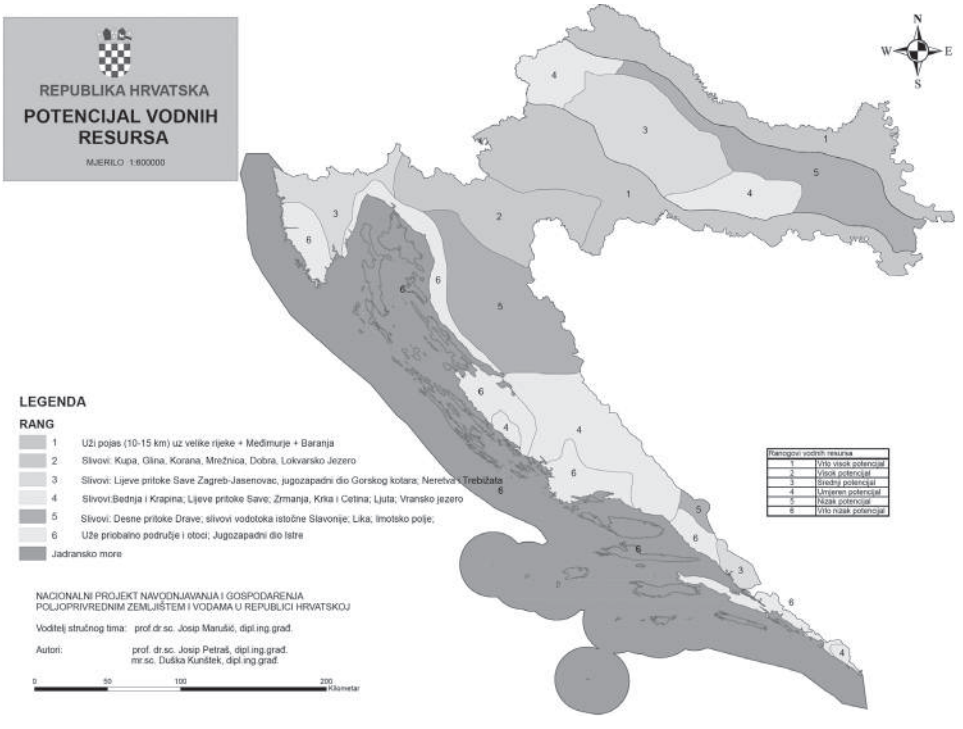
Za potrebe višekriterijalne analize i rangiranja prioriteta navodnjavanja u Hrvatskoj je izrađena je

- Karta potencijalnih vodnih resursa sa 6 razina potencijala od vrlo visokog do vrlo niskog ranga - što je prikazano na slici 1.

Sastavni dio kartografskog prikaza su opisni pokazatelji za: prostorni raspored vodnih resursa prema vrsti zahvata vode, mreža površinskih vodotoka, akumulacije i retencije, ostali zahvati površinskih voda, podzemne vode. Za potrebe NAPNAV izvršena je sistematizacija i analiza tala na osnovu provedenih pedoloških istraživanja za potrebe izrade:

- Namjenske pedološke karte pogodnosti tala za obradu R. Hrvatske;
- Hidropedološke karte R. Hrvatske;
- Karte staništa R. Hrvatske - za potrebe rasprostranjenosti šuma;
- Namjenske pedološke karte poljoprivrednog zemljišta R. Hrvatske.

Na poljoprivrednim površinama u najvećoj mjeri su zastupljena automorfna tla - 1.502.082 ha i hidromorfna tla 1.087.905 ha. Posebno su prikazana 36 tipa tala od kojih su: močvarno glejno tlo 13.8%, lešivirana tla na 13,3%, a pseudoglej na 11,9% poljoprivrednih zemljišta. Također je izrađen tablični prikaz za 72 sistematske jedinice tala - s pripadajućim opisnim pokazateljima koji su bitni pri izboru pogodnosti tala za navodnjavanje po predloženom rangiranju od pogodnih do trajno nepogodnih tala. Pogodnosti zemljišta za navodnjavanje po županijama su prikazane u tablici 2.



Slika 1.: Karta potencijala vodnih resursa za navodnjavanje.

Tablica 2.: Pogodnosti zemljišta za navodnjavanje po županijama.

Županija	1 (Vrlo visoka)	2 (Visoka)	3 (Umjerena)	4 (Niska)	5 (Vrlo niska)
Zagrebačka		39004	120329	3453	7,40
Krapinsko-zagorska			31093	23193	3751
Sisačko-moslavačka		22916	99433	19463	79,3
Karlovačka		6125	40981	4737	362
Varaždinska		21437	34933	9496	193
Koprivničko-križevačka		39483	53817	9383	
Bjelovarsko-bilogorska		36406	99463	3999	42,2
Primorsko-goranska			16711	2066	1959
Ličko-senjska			928	5139	41413
Virovitičko-podravska		33881	51449	31796	360
Požeško-slavonska		83	32020	25699	74,3
Brodsko-posavska		34818	67123	7216	7,03
Zadarska		7654	53948	275	5811
Osječko-baranjska		81837	59699	138023	16,7
Šibensko-kninska		11536	33250	969	20,4
Vukovarsko-srijemska		60099	29215	72465	
Splitsko-dalmatinska	44,3	6795	58328	2110	305
Istarska	1627	20464	59763	3491	141
Dubrovačko-neretvanska	4306	8741	10450	13,8	3,00
Međimurska		37400	7016		
Grad Zagreb		9369	19226	283	
UKUPNO	5977	478049	979178	363268	54546

4.1. Mogućnosti navodnjavanja u Hrvatskoj

Utvrđivanje potreba biljnih kultura za vodom je od velikog polaznog značenja za određivanje površina na kojima je moguće navodnjavati poljoprivredno zemljište. To je određeno korištenjem računalnog modela «Cropwat» (po prijedlogu eksperata FAO). Referentna evapotranspiracija je izračunata po Pen-Montheit-ovoj metodi, a efektivne oborine su obrađene po SCS metodi (Soil Conservation Service). Deficit vode utvrđen je usporedbom godišnjih vrijednosti prosječne godišnje referentne evapotranspiracije, efektivne oborine i deficita vode za 16 klimatskih postaja (s numeričkim tabličnim prikazom). Nedostaci vode u prosječnoj i sušnoj godini te smanjenje prinosa za lagano i teksturno teže tlo analizirano je za pet biljnih kultura: kukuruz, šećerna repa, rajčica te jabuka sa i bez zatravljivanja - s tablilčnim prikazom za 16 meteoroloških postaja. Na osnovu sistematiziranih i analiziranih podataka prirodno raspoloživih resursa tla i vode izrađen je prikaz sljedećih pokazatelja:

- Invertizacija površina rajona pogodnosti zemljišta za navodnjavanje po županijama,
- Prostorni raspored vodnih resursa prema vrsti zahvata vode,
- Određena ranjiva i zaštićena područja na kojima se ne mogu graditi sustavi za navodnjavanje,
- Utjecaj navodnjavanja na onečišćenje okoliša,
- Utjecaj na vodnu bilancu i kvalitetu vode te utjecaj na tlo i živi svijet,
- Monitoring okoliša u navodnjavanim područjima - tlo i voda.

Posebno je dat opis osnovnih pokazatelja za:

- Edukaciju kadrova i to za: zahvaćanje i distribuciju vode, praćenje i provedbu kontrole navodnjavanja te edukacija vlasnika i korisnika zemljišta za navodnjavanje,
- Popis potrebne planske te predinvesticijske i investicijske dokumentacije,
- Izrada idejnih, glavnih i izvedbenih projekata sustava za navodnjavanje.

Na osnovu izrađenih karata pogodnosti tala za navodnjavanje, potencijala vodnih resursa, prirodnih potencijala, zaštićenih područlja i deficita vode izrađena je

- Karta prioriteta za navodnjavanje sa podacima rangiranog potencijala zemljišta za navodnjavanje - što je prikazano na slici 1 sa sljedećim podacima:
- vrlo visoki potencijal 5.977 ha i visoki potencijal 478.049 ha - ukupno 484.026 ha
- umjereni potencijal zemljišta za navodnjavanje 979.178 ha.

Najviše površina vode pogodnosti za navodnjavanje je na području Osječko-baranjske županije 81.837 ha i Vukovarsko-srijemske županije 60.099 ha. Pored kriterija raspoloživosti prirodnih resursa (voda, tlo) za određivanje prioriteta u postupku nominacije planova i projekata navodnjavanja razmatrani su te vrednovani i uvaženi sljedeći kriteriji:

- analiza ekonomske isplativosti (profitabilnosti),
- povećanje prihoda po jedinici površine (hektar),
- sufinanciranje (država, korisnici, koncesija),
- sociološki kriteriji (broj poljoprivrednih gospodarstava i drugih korisnika projekta, mogućnost zapošljavanja, razvoj ruralnih područja),
- suglasnost korisnika i vlasnika zemljišta koje se planira navodnjavati.

Posebno su dati opisni pokazatelji za nominiranje, vrednovanje i praćenje provedbe

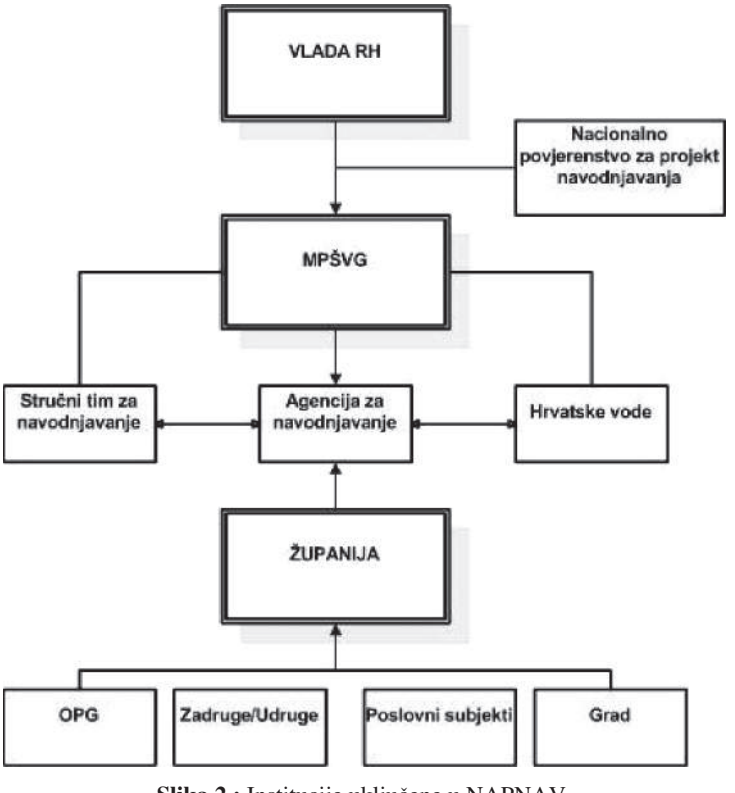
projekata navodnjavanja s podcima o veličini sustava i potencijalnim korisnicima - što je vidljivo u sljedećem prikazu.

4.1. Obveze institucija i korisnika u provedbi NAPNAV

Vlada RH je 12. ožujka 2004. g. donijela Odluku o osnivanju Nacionalnog povjerenstva za provedbu NAPNAV sa zadatkom koordinacije aktivnosti pojedinih ministarstava i subjekata uključenih u provedbi NAPNAV.

Istog dana Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva donijelo je RJEŠENJE o imenovanju Stručnog tima za kontrolu izrade NAPNAV po razini dokumentacije i vrsti poslova izrade sustava navodnjavanja.

Vlada RH je prihvatila NAPNAV - 17. studenog 2005. s ciljem boljeg gospodarenja i korištenja prirodnih resursa vode i tla.



Slika 2.: Institucije uključene u NAPNAV.

Po *Zakonu o vodama* Hrvatske vode - pravna osoba za upravljanje vodama, su zadužene i odgovorne za obavljanje poslova kojima se ostvaruje upravljanje državnim i lokalnim vodama u opsegu utvrđenom planovima i sukladno sredstvima po *Zakonu o financiranju vodnog gospodarstva i ostalim namjenskim izvorima financiranja*. U sklopu toga su i obveze Hrvatskih voda u korištenju voda za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta koje ujedno obavljaju i stručni nadzor u procesu planiranja, projektiranja, građenja, održavanja i korištenja sustava za navodnjavanje - kao sastavni dio cjelovitog programa upravljanja vodama.

Županije kao jedinice regionalne uprave, imaju ulogu koordinacije svih sudionika u procesu ostvarenja i korištenje sustava za navodnjavanje: poljoprivrednih proizvođača, izrađivača planova i projekata, graditelja objekata za navodnjavanje, trgovačkih društava za održavanje i upravljanje sustavom navodnjavanja. Po ZOV županije mogu uvesti naknadu za financiranje troškova tehničkog i gospodarskog održavanja sustava za navodnjavanje.

Krajnji korisnici su obiteljska gospodarstva, zadruge i udruge kao pravni subjekti. Oni su izravno zainteresirani za provedbu projekata navodnjavanja te njihovo korištenje, ali su obvezni sudjelovati u financiranju troškova izgradnje kao i održavanja sustava na površinama koje koriste u poljoprivrednoj proizvodnji. Prikaz institucija uključenih u provedbi NAPNAV prikazan je na slici 2.

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva ima naročito odgovornu ulogu na svim razinama provedbe NAPNAV - od izrade planova i projekata, izgradnje i održavanja do korištenja sustava navodnjavanja. MPŠVG vrednuje nacionalnu korist od provedbe NAPNAV u skladu s kriterijima i mjerilima koja su relevantna za unapređenje cjelokupne poljoprivredne proizvodnje i to kako za vlastite potrebe tako i za povećanje izvoza. Razvoj navodnjavanja je pitanje i političke obveze prema pojedincima, interesnim skupinama ili regijama koje su zainteresirane za izgradnju i korištenje sustava navodnjavanja kao sastavnog dijela programa razvoja cjelokupnog gospodarstva na pripadajućem području. Posebno treba ubrzati prilagodbu postojećih zakonskih propisa i donošenje novih zakonskih akata koji reguliraju pitanja izgradnje i gospodarenje sustavima za navodnjavanje. Sastavni dio toga je i definiranje slijeda postupaka za dobivanje dozvola i suglasnosti te planiranju i osiguranju sredstava za sufinanciranje poslova u procesu ostvarenja projekata sustava za navodnjavanje, a posebno pilot-projekata navodnjavanja.

Za provedbu NAPNAV od posebnog je značaja međusektorska suradnja. A to je moguće ostvariti pravovremenim izvršenjem obveza svih sudionika koje su određene u aktualnim zakonima, a prvenstveno ZOV, ZOFVG, Zakonu o poljoprivrednom zemljištu, Zakonu o koncesijama, Zakonu o zaštiti okoliša. *MPŠVG* ima posebnu obvezu iznalaženja dostatnih izvora za sufinanciranje provedbe NAPNAV, a to su sredstva: državnog proračuna RH, pristupni fondovi EU, komercijalni krediti s jamstvom RH, lokalna uprava, korisnici sustava navodnjavanja. A svi sudionici u procesu provedbe NAPNAV trebaju imati na umu da je glavni preduvjet za kandidiranje sufinanciranja kvalitetno izrađena projektna i ostala dokumentacija sustava navodnjavanja i riješeni imovinsko pravni status zemljišta koje se planira navodnjavati.

5. ZAKLJUČAK

Nacionalnim projektom navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama su određena područja koja su pogodna za izgradnju sustava navodnjavanja - na osnovu analiziranih pokazatelja prirodnih resursa vode i tla u Hrvatskoj. Pored vrednovanja prirodnih obilježja melioracijskih područja definirani su i mjerodavni ekonomski i društveni čimbenici imajući na umu značenje poljoprivrede za cjelokupni gospodarski razvoj. Za nominiranje projekata navodnjavanja bitno je uvažavanje sljedećih kriterija: analiza ekonomske isplativosti, promjena strukture sjetve i povećanje prinosa biljnih kultura (t/ha; kn/ha), stanje izgrađenosti i održavanja hidromelioracijskih sustava za odvodnju, povećanje površine i smanjenje broja poljoprivrednih parcela - provedbom (re)komasacija zemljišta, broj obiteljskih gospdarstava i drugih korisnika zemljišta koje se planira navodnjavati, definiranje obveza svih sudionika u procesu planiranja, projektiranja, građenja, održavanja i korištenja sustava za navodnjavanje. Predložen je

način sufinanciranja sredstava za navodnjavanje - ovisno o veličini površina, razini izrade planske i ostale dokumentacije te njihove izgradnje. S prihvaćenim NAPNAV započeta je izrada županijskih planova navodnjavanja u 2005. i 2006. g., a u 2006. i 2007. izrada idejnih i glavnih projekata sustava navodnjavanja. Sastavni dio tog programa je obnova objekata u ratu oštećenih, ali i neodržavanih objekata za navodnjavanje. Provedbom NAPNAV stvaraju se preduvjeti za uspješniji razvoj poljoprivrede koja je bila i ostala strateška djelatnost za cjelokupni gospodarski, ali i društveni razvoj HRVATSKE - s ciljem da bude LIJEPA NAŠA i u proizvodnji zdrave hrane i to kako za vlastite potrebe tako i za izvoz hrane.

POPIS LITERATURE I DOKUMENTACIJE

1. Zakon o vodama i *Zakon o financiranju vodnog gospodarstva* (1995.), NN 107/95.

2. Izmjene i dopune Zakona o vodama i Zakona o financiranju vodnog gospodarstva (2005.), NN 150/05.

3. Mađar, S., Marušić, J., Tomić, F., (1996.): *Stupanj uređenosti poljoprivrednog zemljišta u Hrvatskoj*, Nacionalno izvješće RH za «Svjetski skup o hrani», World foud summit, Rame, 1999., str. 1-15.

4. Marušić, J. (1999.): *Održavanje melioracijskih kanala i vodnog režima poljoprivrednih zemljišta*, 2 HKOV, Dubrovnik, str. 673-680.

5. Romić, D. i suradnici (1999.): *Kakvoća i mogućnost upotrebe vode za navodnjavanje u dolini Neretve*, 2. HKOV, Dubrovnik, str. 813-819.

6. Marušić, J. (2001.): *Komasacija i hdromelioracije zemljišta - preduvjet dugoročnog i stabilnog razvitka poljoprivrede*, Geodetski list, Zagreb, str. 105-120.

7. Josipović, M. i suradnici (2002.): *Navodnjavanje, zaštita voda i tla u održivoj poljoprvredi Istočne Hrvatske*, 37. znanstveni skup hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem, Opatija.

8. Marušić, J. (2003.): *Stanje i značenje hidromelioracijskih sustava za poljoprivrednu proizvodnju u Hrvatskoj*, Priručnik za hidrotehničke melioracije, III. kolo, Knjiga 1, GF Rijeka, HDON, HHD, Zagreb, str. 49-95.

9. Romić, D., Josipović, M. i suradnici (2003.): *Stanje navodnjavanja u Hrvatskoj*, 3. HKOV Osijek, str. 797-804.

10. Marušić, J. (2003.): *Izgradnja i održavanje hidromelioracijskih sustava za odvodnju u Hrvatskoj*, Hrvatske vode, 11 (2003.), 45, Zagreb, str. 1-12.

11. Vodnogospodarska osnova Hrvatske - VOH, radni materijal (2003.), Hrvatske vode, Zagreb.

12. Marušić, J. (2004.): *Hidromelioracijski sustavi - preduvjet razvoja poljoprivrede*, 39. znanstveni skup hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem, Opatija, str. 441-452.

13. Marušić, J. i suradnici (2004.): *Navodnjavanje - zanemarena djelatnost u Hrvatskoj*, Sabor hrvatskih graditelja, Cavtat, str. 993-1004.

14. Romić, D. (2004.): *Voda u poljoprivredi - potrebe, gospodarenje i zaštita*, 4. znanstveni skup hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem, Opatija.

15. Strategija upravljanja vodama, nacrt, radni materijal (2006.): Hrvatske vode i Uprava vodnog gospodarstva, MPŠVG, Zagreb.

16. Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama (2005.): Agronomski i Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu - u suradnji sa 12 institucija i tvrtki (45 koautora).

17. Romić, J., Marušić, J. (2006.): *Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenje poljoprivrednim zemljištem i vodama*, 40. znanstveni skup hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem, Opatija, pozivni rad.

18. Marušić, J. (2006.): *Utjecaj održavanja hidromelioracijskih sustava na gospodarenje poljoprivrednim zemljištem*, X. kongres Hrvatskog tloznanstvenog društva s međunarodnim sudjelovanjem, Šibenik.

19. Melioracijske mjere u svrhu unapređenja ruralnog prostora s težištem na Nacionalni projekt navodnjavanja, Skupina autora, HAZU i HDON, 2007., str. 1-205.

AUTORI:

prof. dr. sc. Josip Marušić, dipl. ing. građ.,
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26,
tel. 01/4639-612, fax 01/4639-238, e-mail: marusicj@grad.hr

prof. dr. sc. Davor Romić, dipl. ing. agr.,
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.11.

POSEBNOSTI PLANIRANJA NAVODNJAVANJA U PRIOBALNIM PODRUČJIMA U PRIMORSKO-GORANSKOJ ŽUPANIJI

Nevenka Ožanić, Barbara Karleuša, Josip Rubinić, Danko Holjević

SAŽETAK: Poznato je da je poljoprivreda jedna od strateških djelatnosti svake države. Bez navodnjavanja u postojećim uvjetima nije moguće osigurati profitabilnu i stalnu poljoprivrednu proizvodnju, neovisnu o pojavama ekstremno sušnih hidroloških prilika koje se sve učestalije i intenzivnije javljaju. Za razvoj navodnjavanja nužno je postojanje prirodnih i društveno-ekonomskih preduvjeta, koji su ovisni o specifičnostima svakoga područja, ali te specifičnosti uvjetuju i ograničenja. Priobalna područja Hrvatske imaju značajnije manje poljoprivredne površine pogodne za razvoj navodnjavanja u odnosu na kontinentalna područja. Razvoj poljoprivrede na takvim je područjima prije svega u funkciji zaustavljanja negativnih demografskih kretanja na zaobalnom području, odnosno vratiti dio stanovništva na depopularizirani kontinentalni, a dijelom i otočni prostor.

U danom je radu, s različitih aspekata (agronomski, vodnogospodarski, prostorno-planerski, ekonomski, ekološki...) analiziran planerski aspekt razvoja navodnjavanja u takvim specifičnim sredinama, a koje zahtijeva interdisciplinarni pristup. Dane su smjernice, kriteriji i ograničenja za planski razvitak navodnjavanja na području Primorsko-goranske županije (PGŽ) u sadašnjim i budućim uvjetima poljoprivredne proizvodnje i raspoloživih vodnih i zemljišnih resursa. Utvrđeno je da je potrebe za vodom za navodnjavanje moguće zadovoljiti iz vodnih resursa u okruženju (većinom gradnjom akumulacija), a konkretizacija tih mogućnosti predmet je obrada detaljnijih planova realizacije navodnjavanja.

KLJUČNE RIJEČI: poljoprivreda, navodnjavanje, plan navodnjavanja, Primorsko-goranska županija

SPECIFIC QUALITIES OF PLANNING THE IRRIGATION IN LITTORAL REGIONS ON PRIMORSKO-GORANSKA COUNTY

ABSTRACT: It is well known that agriculture is one of the strategic activities of each country. Without irrigation, a profitable and constant agricultural production within the existing conditions, which would be independent from occurrence of the extremely droughty hydrological circumstances occurring more and more often and intensively, can not be provided. The existence of natural and socio-economic conditions is essential for the development of irrigation. Those conditions depend on specific qualities of each region, but those specific qualities also require different limitations. As compared to the continental parts, in the littoral regions of Croatia there are significant smaller agricultural areas

suitable for development of agriculture. The development of agriculture in such areas is, still and all, functioning as a prevention of negative demographic migrations in the littoral hinterland. Its aim is to bring back a number of people to the depopulated continental, and partly, insular area. Taking different aspects into consideration (the agricultural, the water-management, the regional planning, the economic, the environmental one...), this paper analyzes the planning aspect of development of irrigation in those specific regions, which requires interdisciplinary approach. The paper provides guidelines, criteria and limitations for a planned development of irrigation in Primorsko-goranska County (PGŽ) under present and future conditions of agricultural production and available water and land resources. It has also been established that the needs can be met from the water resources in the surroundings (mostly by building storage reservoirs). The concretization of those possibilities is a subject of analyzing detailed planes for realization of irrigation in particular areas.

KEYWORDS: agriculture, irrigation, irrigation plan, Primorsko-goranska County

1. POLAZNE POSTAVKE

Cilj je svake društvene zajednice razvijeno gospodarstvo što svakako podrazumijeva i razvijenu poljoprivredu. U svim se strateškim dokumentima razvoja RH poljoprivreda stavlja na jedno od prvih mjesta, a posebno se naglašava zeleno-plava linija poljoprivrede i turizma kao komplementarnih gospodarskih grana. U prijašnjem razvoju PGŽ poljoprivreda je postupno gubila svoju važnost zbog bržeg razvoja industrije, prometa i turizma. Međutim, raspoloživi prirodni resursi - odnosno pedološke i klimatske karakteristike područja, te povećana potražnja za hranom (i to pogotovo zdravom), kao i mogućnosti izvoza u novim tržišnim uvjetima uz privatno poduzetništvo, iako joj ne mogu vratiti nekadašnju ulogu, mogu sasvim sigurno pridonijeti revitalizaciji tog sektora.

PGŽ prostorno gledajući čini 6,34% ukupnog prostora Republike Hrvatske, i zauzima površinu od 3.582 km^2 [3]. Prostor je raznovrstan u zemljopisnom smislu, a karakterizira ga i vrlo dinamična izmjena reljefa, a time i klimatoloških i hidroloških značajki. Značajan dio područja Županije ima razvijenu hidrografsku mrežu površinskih vodnih tokova, ali ima i takvih krških područja gdje se otjecanje odvija podzemnim putovima [6]. Velik dio prostora županije zauzimaju i zone sanitarne zaštite izvorišta pitke vode koji se prihranjuju iz takvih krških prostora Vodotoci Čabranka i Kupa, koji pripadaju slivu Crnog mora čine i najveći dio međudržavne granice sa susjednom Slovenijom, a Rječina je najveći vodotok jadranskog sliva. Generalno, područje PGŽ se može podijeliti na goransko područje, primorsko i otočno.

Tlo je jedno od važnih prirodnih bogatstva te predstavlja važan prirodni resurs. Pri usporedbi sa podacima za cjelokupni prostor Republike Hrvatske gdje poljoprivredne površine čine 55,43% od ukupnih površina te po jednom stanovniku otpada 0,71 ha, PGŽ razmjerno je siromašna poljoprivrednim resursima. Poljoprivredne površine u Županiji čine 39,57% ukupne površine, a po jednom stanovniku dolazi svega 0,46 hektara ovih površina. Uz to, u Županiji je nepovoljnija i kvalitativna struktura zemljišta, jer oranice u poljoprivrednim površinama sudjeluju sa svega 9,41%, a u Hrvatskoj ukupno taj postotak iznosi čak 46,53%. S druge strane, pašnjaci u Županiji čine dvije trećine poljoprivrednih površina, a u državi nešto više od jedne trećine. Stanovništvo i gospodarstvo je također u znatno manjem udjelu vezano uz poljoprivredu nego što je to u državi.

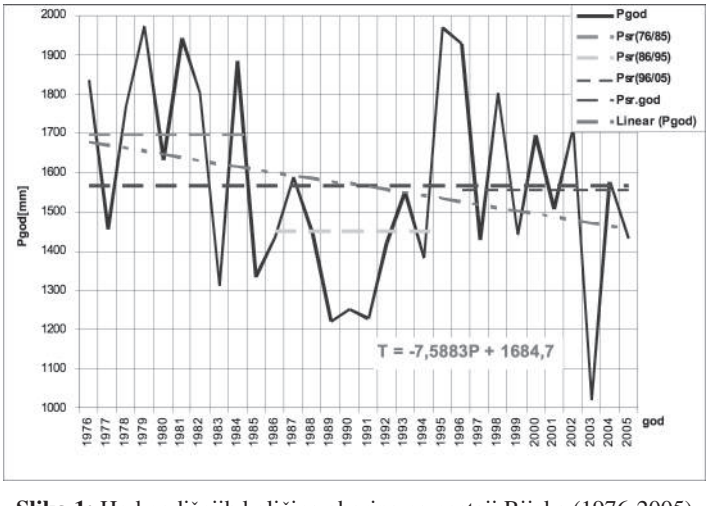
Unatoč razmjerno malom udjelu u gospodarstvu Županije, značaj poljoprivrede izuzetan je i nezaobilazan radi njena utjecaja na različite segmente prostora i društva, a to su prije svega [3]:

- zaustavljanje trenda gubitka najvrjednijeg poljoprivrednog zemljišta,
- zaustavljanje procesa depopulacije neurbanih područja Županije,
- poticanje formiranja i razvoja obiteljskih gospodarstava,
- očuvanje tradicijskih djelatnosti i vrijednosti pojedinih prostornih cjelina,
- očuvanje prirodnih resursa promicanjem održive, poglavito ekološke poljoprivrede i oblikovanje okoliša,
- uvrštavanje autohtone poljoprivredne proizvodnje u turističku ponudu Županije, te
- osiguranje sirovina za dio prerađivačke ili uslužne industrije u regiji.

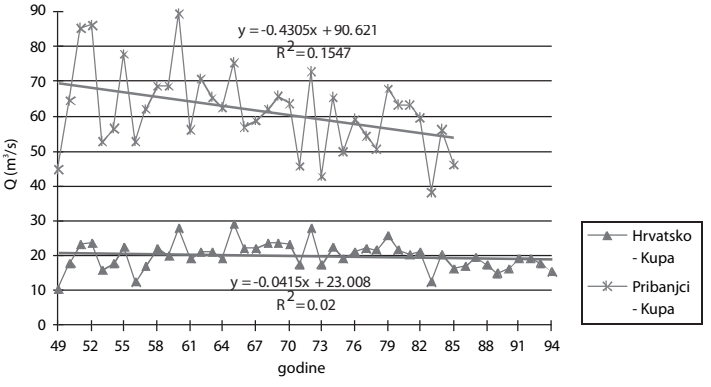
Osnovni zadatak izrade Plana navodnjavanja PGŽ bio je definiranje smjernica, kriterija i ograničenja za planski razvitak navodnjavanja na području Županije u sadašnjim i budućim uvjetima poljoprivredne proizvodnje i raspoloživih vodnih i zemljišnih resursa. Utvrđivanjem postojećih prirodnih uvjeta, zemljišnih i vodnih resursa, sadašnje poljoprivredne proizvodnje i organiziranosti obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava definirane su lokacije poljoprivrednih površina Županije na kojima je moguće uspostaviti sustave navodnjavanja, predložena struktura poljoprivredne proizvodnje u uvjetima navodnjavanja, analizirano je stanje i potreba za vodom, te određeni mogući izvori vode za navodnjavanje na lociranim i definiranim površinama poljoprivrednog zemljišta.

2. RAZLOZI NAVODNJAVANJA PODRUČJA PGŽ

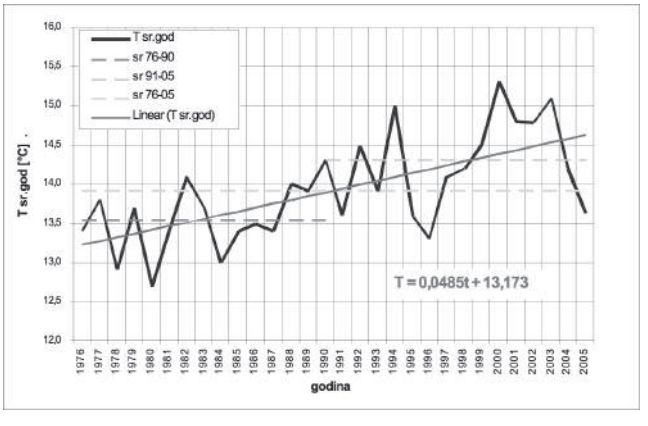
Navodnjavanje kao melioracijska mjera ima za cilj nadoknaditi nedostatak vode koji se javlja kod uzgoja poljoprivrednih kultura, odnosno korigiranje prirodnog režima vlaženja umjetnim dodavanjem vode u trenutku podobnom za pravilan razvoj biljke omogućava podizanje dostignutog praga u proizvodnji ratarskih kultura i u godinama koje su sušne - što je sve učestalija pojava [4]. Na Slici 1,2 i 3 prikazan je trend opadanja god. količina oborina i protoka, te povećanje temperature zraka na karakterističnim postajama [6].



Slika 1: Hod godišnjih količina oborina na postaji Rijeka (1976-2005)



Slika 2: Hod sr. god. protoka na odabranim hidrološkim postajama u slivu Kupe



Slika 3: Hod srednjih godišnjih temperatura zraka na postaji Rijeka (1976-2005)

Navodnjavanjem se do neke mjere kompenziraju negativni učinci smanjenja prihrane kemijskim sredstvima za prinose, te se omogućava proizvodnja "zdrave hrane". Tendencija smanjenja godišnjih oborina pogotovo u vegetacijskom razdoblju dovela je do povećanog interesa za navodnjavanjem na području Primorsko-goranske županije. Osiguranje vode za navodnjavanje u skladu s potrebama poljoprivredne proizvodnje, ali i održivog razvoja zajednice, osnovni je zadatak vodnogospodarskih organizacija u rješavanju problema navodnjavanja [1].

Generalni razlozi za osiguranje navodnjavanje nekog područja su:

- povećanje prinosa biljnih kultura, stabilizacija proizvodnje u sušnim razdobljima i promjena strukture sjetve
- orijentacija tržišnoj ekonomiji i visokoprofitabilnim kulturama uz reduciranje uvoza
- smanjena ponuda povrća domaćih proizvođača
- smanjenje utjecaja prisutnih globalnih klimatskih promjena koje se ogleaju u sve učestalijim i većim nestašicama vode
- smanjenje raspoloživog prostora za proizvodnju hrane
- snižavanje razine podzemnih voda

- negativna vodna bilanca u vegetacijskom razdoblju

Uz odgovarajuće prateće aktivnosti, kvalitetna izrada i uspješna provedba Plana može utjecati na više trendova, od kojih izdvajamo slijedeće:

- podizanje kvalitete odlučivanja na razini lokalne uprave temeljem kvalitetnog planskog dokumenta,
- razvitak tehnologije poljoprivredne proizvodnje i promjena strukture sjetve prema dohodovnijim kulturama,
- poboljšanje nadzora nad izvorima i racionalnije korištenje vodnih resursa,
- povećanje atraktivnosti poljoprivredne proizvodnje na područjima pogodnim za navodnjavanje.

3. POSEBNOSTI NAVODNJAVANJA PODRUČJA PGŽ

Jedna od najizrazitijih posebnosti PGŽ je njeno rasprostiranje na tri različita tipa prostornih cjelina i sukladno tome različitim uvjetima koji determiniraju i dosadašnji, kao i budući razvoj i prisutne probleme. To su goransko brdsko-planinsko područje koje karakterizira izrazita depopulacija stanovništva, relativno usko priobalno područje sa izraženim svim aspektima suvremenih procesa litoralizacije, te otočko područje sa svim specifičnostima i problemima koje nose otočke sredine ‡ od također izražene depopulacije stanovništva (osim kod otoka Krka gdje je most s kopnom uvjetovao njegov dinamični razvoj).

Za čitavo područje PGŽ karakteristična je rascjepkanost i dispegiranost malih posjeda u više parcela. Takva struktura posjeda je i jedan od trenutno najvećih ograničavajućih faktora razvoju navodnjavanja. Stoga u organizacijsko-tehnološkom smislu treba tražiti rješenja za njihovo okrupnjavanje. Treba istaknuti i potrebu za uvažavanjem posebnosti pojedinih dijelova Županije u kojima je poljoprivreda od velike važnosti za lokalnu zajednicu. To znači da, unatoč razmjerno manjem značaju za gospodarstvo cijele Županije, poljoprivreda na pojedinim lokacijama može biti presudni izvor dohotka i zaposlenosti stanovništva. Na takvim lokacijama, ukoliko postoje prirodni uvjeti, potrebno je osigurati i društveno-ekonomske uvjete za uspostavu učinkovitog sustava poljoprivredne proizvodnje [3].

Sveukupna ocjena stanja uređenosti zemljišta i poljoprivredne proizvodnje u Županiji u prosjeku je niska, i rijetki su primjeri proizvođača s visokim proizvodnim i ekonomskim rezultatima. Ovakvo je stanje posljedica dugogodišnjeg odljeva ljudi i kapitala iz poljoprivrede, zbog pojave i razvitka društveno i financijski atraktivnijih izvora zaposlenja i dohotka. Velike rezerve za povećanje proizvodnje postoje u nekorištenim površinama i povećanju sadašnjeg prinosa, ali i nedostatak vode za navodnjavanje.

Specifičnosti prostora PGŽ nameću i izvjesna ograničenja razvoju navodnjavanja na dijelu potencijalno pogodnog područja. Prije svega to se odnosi na ograničenja vezana uz definirane zone sanitarne zaštite izvorišta pitke vode (Odluka o sanitarnoj zaštiti izvora vode za piće na riječkom području - Službene novine PGŽ (2001); broj 04/01 [7]. Naime, dobar dio krških izvorišta pitke vode koji su uključeni u javne vodoopskrbne sustave ima dijelove svoga područja prihranjivanja u krškom zaleđu. Poseban je problem kada se radi o prihranjivanjima s pojedinih krških polja kod kojih je u pravilu, ako je riješena odvodnja, to uglavnom ujedno i najpogodnije poljoprivredno tlo. No, to su i lokaliteti s najbržim unosom onečišćenja produciranih na poljoprivrednim površinama u aktivne dijelove podzemnih krških vodonosnika [3].

4. RASPOLOŽIVI PRIRODNI RESURSI ZA NAVODNJAVANJE

4.1. Tlo

Na području PGŽ tlo je jedno od važnih prirodnih bogatstva te predstavlja važan prirodni resurs. Najvrednije poljoprivredne površine Županije nalaze se na flišnoj zoni koja se proteže od Klane, kroz dolinu Rječine do Vinodola, uključujući dijelove otoka Raba i Krka. Istočnim priobalnim dijelom i otocima dominiraju krški pašnjaci, a vrijedne su poljoprivredne površine nastale antropogenim utjecajem i to terasiranjem i gradnjom suhozida. Na području Gorskog kotara koji je uglavnom pokriven šumama, poljoprivredne su površine formirane na manjim poljima uz naselja.

Analizom i namjenskom interpretacijom pedoloških i hidropedoloških podataka te vrednovanjem sadašnje pogodnosti sistematskih jedinica poljoprivrednog zemljišta PGŽ (tablica 1) u Planu su izdvojena područja prioriteta za navodnjavanje i uređenje poljoprivrednog zemljišta. Za ukupnu ocjenu prioriteta za navodnjavanje na prostoru PGŽ nužno je bilo pored pogodnosti poljoprivrednog zemljišta, sagledati i mogućnost osiguranja i distribucije vode, stanje uređenosti zemljišta sa stajališta zaštite od štetnog djelovanja vanjskih i vlastitih voda, stupnja grupiranosti i okrupnjenosti posjeda te proizvodne opremljenosti gospodarstva za proizvodnju predviđenih sjetvenih kultura. Izdvojena je najprije 41 lokacija ukupne površine 21.527,0 ha, a nakon toga 9 prioritetnih područja ukupne površine 2181,0 ha [3].

Tablica 1: Stanje pogodnosti tla za navodnjavanje

PODRUČJA PRIORITETA	
Broj	**Površina (ha)***
I. Prioritet za navodnjavanja s agromelioracijama	17 972,0
II. Prioritet za hidromelioracije u primjeni navodnjavanja	358,0
III. Nepogodna tla za navodnjavanje	107 720,7
UKUPNO ZA POLJOPRIVREDNO ZEMLJIŠTE	**126 050,7**
Naselja s okućnicama	4 439,8
Vodene površine	901,5
Šume	227 360,0
UKUPNA POVRŠINA ŽUPANIJE	**358 752,0**

*Proračun je izvršen na temelju površine za sistematske jedinice tla

4.2. Vode

Zbog raznovrsnosti područja Županije i u hidrološkom smislu, ono je podijeljeno u nekoliko hidrološki sličnih prirodnih cjelina: područje primorskih slivova, slivovi visokog goranskog krša, te područja sliva Kupe i otočki slivovi.

Kod prethodno izdvojenih lokaliteta pogodnih za navodnjavanje prema pedološkoj karti gotovo da nema u blizini istraženih vodnih resursa (vodotoka, izvora ili vodonosnika) čije bi se vodne rezerve mogle koristiti za navodnjavanje bez izgradnje većih hidrotehničkih objekata za zadržavanje voda neposredno iz hidrološkog ciklusa. Zbog toga će biti nužno istražiti mogućnost izgradnje površinskih spremnika (bazena ili akumulacija napajanih iz povremenih površinskih vodotoka, oborinskim vodama iz sustava nakapnih ploha,

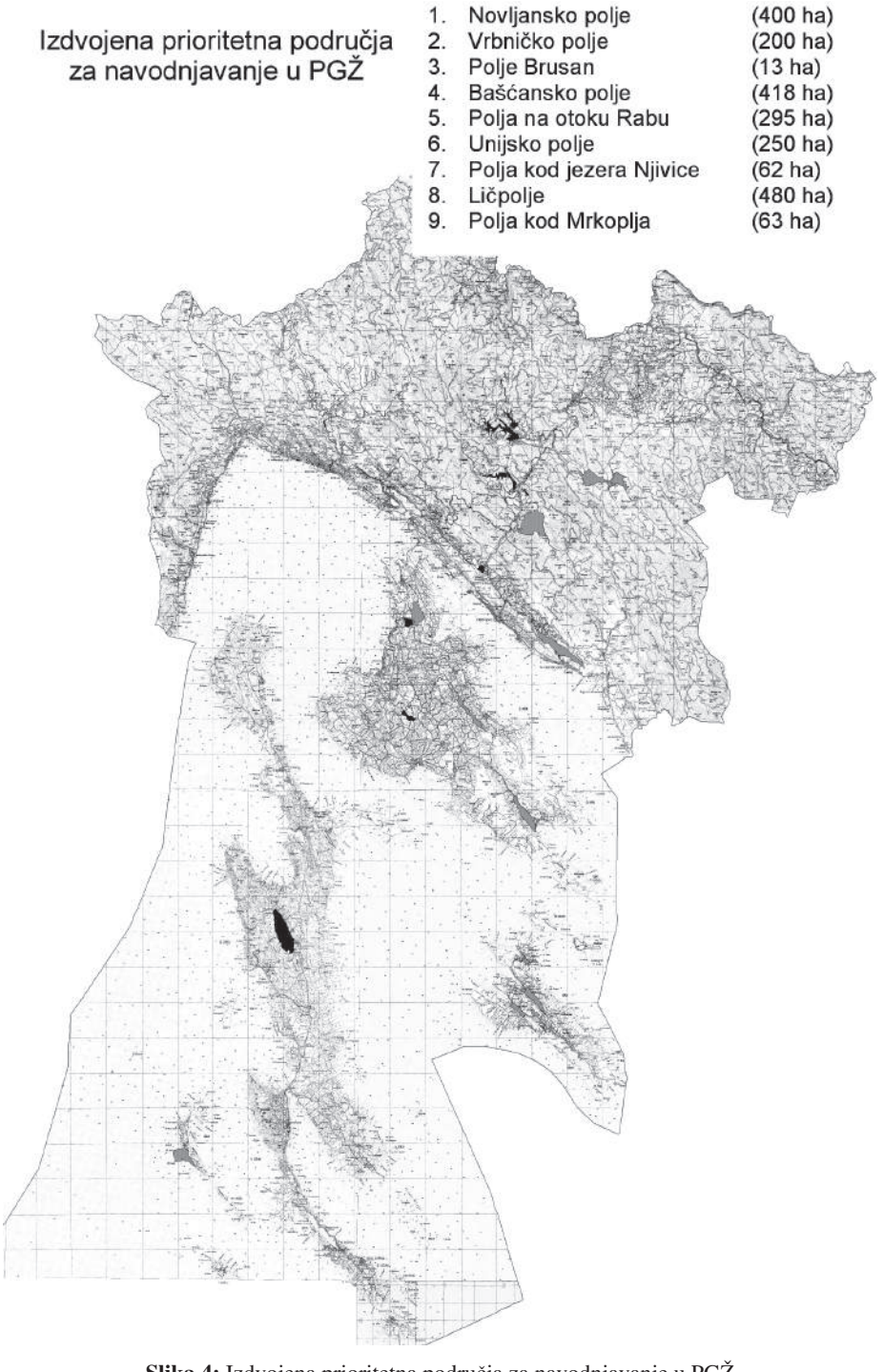
ili pak iz vodoopskrbnih, hidroenergetskih ili drugih izgrađenih vodnih sustava), kao i izvedba novih zahvata voda iz podzemnih vodonosnika. Za sva područja na kojima će se kao rješenje, odnosno mogućnost navodnjavanja predvidjeti izgradnja akumulacija, prethodno su neophodna geološka i hidrogeološka istraživanja vododrživosti i otješnjenja na pogodnim i mogućim lokacijama. U slučaju da se koristi voda iz vodotoka trebati će za svaku lokaciju odrediti i ekološki prihvatljiv protok, a nužno će biti planirati i uspostavu primjerenog monitoringa u svim fazama projekta [3].

5. SMJERNICE ZA RAZVOJ NAVODNJAVANJA

Poštivanje principa održivog korištenja prirodnih resursa nesumnjivo predstavlja imperativ i u pogledu planiranja razvoja navodnjavanja na području PGŽ. Radi se o raznovrsnom prostorno izdiferenciranom pretežno krškom području s veoma vrijednim ali i ujedno veoma ranjivim prirodnim resursima ‡ prije svega tla, voda i pokrova. Različita staništa uvjetuju i vrlo naglašenu biološku raznolikost, po čemu je analizirana Županija posebno karakteristična. Planirani razvoj navodnjavanja ne bi smio narušiti takve prirodne značajke, a za što postoje i potrebni preduvjeti:

- Na osnovu potencijalno pogodnih površina za navodnjavanje vidljivo je da se radi o relativno malim površinama (veličine u rasponu između 9 i 3525 ha), disperzno raspoređenim na prostoru PGŽ. Za očekivati je da će razvoj navodnjavanja na izdvojenim najpovoljnijim lokacijama generirati i razvoj navodnjavanja na drugim područjima PGŽ.
- Intenzivniji razvoj navodnjavanja nije predviđen u zaštićenim područjima (nacionalni park, park prirode i druga zaštićena područja), odnosno zonama sanitarne zaštite izvorišta pitke vode gdje postoje propisana ograničenja u pogledu tipa poljoprivrednih aktivnosti [5].
- Na izdvojenim potencijalno pogodnim površinama za navodnjavanje, nisu predviđene monokulture, već sklopovi različitih poljoprivrednih kultura. Predmetnim je planom posebno naglašena uloga i potreba prelaska sa konvencionalne na ekološku poljoprivredu.
- Navodnjavanje je nužan preduvjet planiranom razvoju poljoprivrede. Ono može rezultirati, uz očekivane koristi i negativnim posljedicama i zahtijevati poduzimanje odgovarajućih mjera. Među korisne sekundarne učinke po održivi razvoj svakako spada jačanje ekonomske moći kod dijela stanovništva te s tim u svezi i mogućnosti razvoja nedostajućih infrastrukturnih sadržaja (npr. primjerene odvodnje otpadnih voda), zaustavljanje negativnih demografskih kretanja na pojedinim dijelovima Županije, sprječavanje daljnje litoralizacije prostora... Potencijalno negativne antropogene učinke na održivi razvoj područja bit će potrebno minimalizirati različitim strukturalnim i nestrukturalnim mjerama.
- Očekivani pozitivni učinci planiranog razvoja navodnjavanja na ukupan razvoj poljoprivrede ogleda se i u okolnosti da će se na taj način vratiti dio stanovništva na depopularizirani kontinentalni, a dijelom i otočni prostor Županije.

Kako analizirane krške prostore karakterizira bogatstvo, ali i velika i vrlo nepovoljna prostorno-vremenska rasprostranjenost voda, s minornom ili potpunom nemogućnošću neposrednog zahvata vode za navodnjavanje iz prirodnih vodotoka ili podzemlja, sve planirane strukturalne zahvate koji bi trebali osigurati preraspodjelu voda iz prirodnog ciklusa nužno je projektirati vodeći računa o osiguranju ekološki prihvatljivog protoka



Slika 4: Izdvojena prioritetna područja za navodnjavanje u PGŽ

u površinskim vodotocima, odnosno voditi računa o potrebi osiguranja priobalnih vodonosnika od prodora zaslanjenja. Za to je potrebno definirati kontrolno ‡ upravljačke mehanizme kao npr. primjereni monitoring prirodnih značajki vodnih resursa, definiranje i kontrola režima korištenja voda, te mjere učinkovitog nadzora nad tim aktivnostima od strane nadležnih županijskih i državnih službi u domeni njihovih obaveza i ovlasti.

U Plan navodnjavanja PGŽ uvrštene su pozitivne smjernice iz Nacionalnog projekta navodnjavanja. Za realizaciju Plana navodnjavanja mora se zadovoljiti propisane uvjete, tj. osigurati:

- legalno i nadzirano korištenje izvora (zahvata) vode
- organizaciju, informiranje i obučavanje poljoprivrednih proizvođača koji koriste navodnjavanje i
- primjenu tehnologija proizvodnje koje minimalno zagađuju okoliš.

5. ODABIR POVRŠINA ZA NAVODNJAVANJE

Kod odabira površina za navodnjavanje uvaženi su prethodno navedeni prirodni potencijali područja, odnosno tlo i voda, prisutna ograničenja, kao i mogućnosti uklapanja u sadašnje stanje, plansku i detaljnu dokumentaciju i lokalne interese odabranih područja. Provedena analiza pogodnosti tla za navodnjavanje, raspoloživost vodnih resursa za potrebe navodnjavanja i mogućnost dobave vode, stupnja uređenosti poljoprivrednog zemljišta, postojeće dokumentacije i interesa lokalnog stanovništva bili su osnovni kriteriji za određivanje ukupne pogodnosti za navodnjavanje određenog područja PGŽ. Na osnovu rezultata provedenih analiza izdvojeno je 9 prioritetnih lokacija (oko 2200 ha) za realizaciju navodnjavanja na području Županije (Slika 4) [3].

6. ZAKLJUČCI

Plan navodnjavanja je usmjeravajući dokument kojim se osigurava optimalan razvitak sustava za navodnjavanje određenog područja što podrazumijeva odabir prostora i tehnologije koja najbolje iskorištava postojeće resurse. To znači da Plan treba osigurati prihvaćanje i potporu onim projektima navodnjavanja koji su najbolje usklađeni s obilježjima određenog područja i koji jamče najbolje učinke ili koristi za poljoprivrednike i širu zajednicu.

Po tom konceptu, uvažavajući specifičnosti PGŽ, napravljen je i Plan navodnjavanja PGŽ temeljen na raspoloživim saznanjima o resursima tla, voda i drugih resursa. Posebna je težina dana razvoju navodnjavanja na prostorima kod kojih bi osim ekonomskih učinaka, takav razvoj osigurao i primjerene demografske pomake ka zadržavanju otočkog i brdsko-planinskog stanovništva na ruralnim prostorima, ili pak pridonio atraktivnosti takvih prostora za pozitivna imigracijska kretanja. Naglašena je uloga i potreba prelaska sa konvencionalne na ekološku poljoprivredu kako za redovite potrebe stanovnika PGŽ, tako i potrebe turizma gravitirajućeg područja.

7. DOKUMENTACIJA

1. Agronomski fakultet u Zagrebu (2006): Nacionalni projekt navodnjavanja u Republici Hrvatskoj (NAPNAV), Arhiva teh. dokumentacije Agronomskog fakulteta. Zagreb

2. Fritz, F., Ramnjak, T. (1992): Zaštitne zone izvorišta pitkih voda u kršu. Građevinar, 44/5, 333-337, Zagreb.

3. Građevinski fakultet Rijeka (voditelj Nevenka Ožanić). (2006): Plan navodnjavanja Primorsko-goranske županije, Arhiva teh. dokumentacije Građevinskog fakulteta. Rijeka.

4. Hrvatske vode VGO Rijeka (2004): *Rezultati hidroloških praćenja iznimno sušnih prilika na području VGO Rijeka tijekom ljeta 2003*, Stručna dokumentacija Hrvatske vode VGO Rijeka.

5. Narodne novine 55/2002.: Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta, N.N. 55/02.

6. Rubinić,J., Ožanić,N. (1999): *Prirodne hidrološke značajke površinskih vodnih pojava Primorsko-goranske županije,* Stručna dokumentacija PGŽ; Rijeka.

7. Službene novine PGŽ (2001): Odluka o sanitarnoj zaštiti izvora vode za piće na riječkom području broj 04/01.

8. Vlahović, T., Brkić, Ž., Pekaš, Ž. (2003): Postojeće stanje i novi aspekti u planiranju zaštite podzemnih voda u R Hrvatskoj. 3. Hrvatska konferencija o vodama "Hrvatske vode u 21. stoljeću", Osijek.

9. Žugaj, R. (1993): Regionalna analiza hidroloških parametara u kršu - disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

AUTORI

Prof.dr.sc. Nevenka Ožanić,
Građevinski fakultet Rijeka; V.C. Emina 5; Rijeka; nozanic@gradri.hr

Doc.dr.sc. Barbara Karleuša,
Građevinski fakultet Rijeka; V.C. Emina 5; Rijeka; barbara.karleusa@gradri.hr

Mr.sc. Josip Rubinić,
Građevinski fakultet Rijeka; V.C. Emina 5; Rijeka; josip.rubinic@gradri.hr

Mr.sc. Danko Holjević,
Hrvatske vode; Ulica grada Vukovara 220; Zagreb; Danko.Holjevic@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.12.

MONITORING VODNOG REŽIMA POLJOPRIVREDNIH TALA U PODRUČJU VIŠENAMJENSKOG KANALA DUNAV-SAVA

Dragutin Petošić, Frane Tomić, Ivan Mustać, Dragutin Dolanjski, Ivo Stričević, Davor Dević

SAŽETAK: Izgradnjom Višenamjenskog kanala Dunav-Sava (VKDS-a) valja očekivati određene promjene u vodnom režimu poljoprivrednih tala u neposrednoj zoni kanala. Pilot područje na kojem je trajno praćen vodni režim poljoprivrednih tala (2001-2006) u neposrednom je okruženju budućeg VKDS-a i obuhvaća neto površinu od 5.838 ha. Geografski je područje smješteno između naselja Babina Greda, Sikirevci, Gundinci, Beravci i Kladavac. Praćenje vodnog režima je temeljeno na osmatranju razine vode u hidropedološkim piezometrima. Izmjerene vrijednosti razine tijekom godine odgovaraju temeljnim načinima vlaženja osmatranih tala, koji su dijagnosticirani hidropedološkim istraživanjima Pilot područja (2000. godina). Tijekom višegodišnjeg monitoringa (2001-2005), potvrđeno je da je hipoglejno tlo koje površinski zauzima 3.329 ha ili 57% Pilot područja povremeno vlaženo vrlo plitkim i plitkim podzemnim vodama. Kod humoglejnog tla, potvrđeno je vlaženje plitkim veoma oscilirajućim podzemnim vodama, u rasponu od 0,30 m do preko 4,00 m ispod razine terena. Razina vode kod amfigleja i hidromelioriranog tla drenažom kolebala je u rasponu vrijednosti od 0,75 m do preko 4,0 m (amfiglej), odnosno 0,65 m do >4,00 m (drenirano). S obzirom na utvrđenu visinu razine, dinamiku kolebanja i vremensku prisutnost podzemne vode u profilu osmatranih tala, mogu se s aspekta potrebe uzgajanih kultura izdvojiti četiri kategorije pogodnosti vodnog režima tla: pogodan, srednje pogodan, nepogodan i vrlo nepogodan.

KLJUČNE RIJEČI: monitoring, vodni režim, tlo, razina, podzemna voda, Pilot područje

MONITORING THE SOIL WATER REGIME IN THE MULTIFUNCTIONAL DANUBE-SAVA CANAL REGION

SUMMARY: Construction of the Multifunctional Danube-Sava Canal (MDSC) is expected to bring about some changes in the water regime of agricultural soils in the immediate canal zone. The Pilot Area in which the water regime of agricultural soils was continuously monitored (2001-2006) is in the immediate vicinity of the future MDSC and covers a net area of 5,838 ha. It is geographically located among the settlements Babina Greda, Sikirevci, Gundinci, Beravci and Kladavac. Water regime monitoring was based on observing the water levels in hydropedological piezometers. The measured values of water levels over the year correspond to the main moistening modes of studied soils, which were diagnosed by hydropedological investigations of the Pilot Area (2000). The

three-year monitoring (2001-2005) confirmed that hypogley soil, which covers an area of 3,329 ha or 57% of the Pilot Area, was at times moistened by very shallow and shallow groundwater. Humogley moistening by shallow, highly fluctuating groundwater (from 0.30 m to over 4.00 m below ground level) was also confirmed. Water levels in amphigley and drained soils fluctuated from 0.75 m to over 4.0 m (amphigley), or from 0.65 m to >4.00 m (drained soil). Based on the determined water levels, fluctuation dynamics and the time of groundwater presence in the profile of monitored soils, four suitability categories of the soil water regime can be separated from the aspect of crop requirements: suitable, moderately suitable, unsuitable and very unsuitable.

KEYWORDS: monitoring, water regime, soil, level, groundwater, pilot area

1. UVOD I CILJ

Ukupna površina šireg slivnog područja Višenamjenskog kanala Dunav-Sava (VKDS-a) iznosi 249.100 ha, Petošić i sur. (2006). Od navedene površine na poljoprivredno zemljište otpada 174.019,6 ha (69,9%), šume zauzimaju 69.230,4 ha (27,8%), vodene površine 2.247,5 ha (0,90%) i naselja 3.602,5 ha (1,4%).

Najveći dio poljoprivrednog zemljišta nalazi se u sklopu hidromorfnih tala, koja zauzimaju 73.477,3 ha ili 42,2%). Izgradnjom VKDS-a valja za očekivati moguće promjene u vodnom režimu poljoprivrednih, posebice hidromorfnih tala. Za potvrdu očekivanih promjena vrlo je bitno poznavanje vodnog režima i stanja tala, u tzv. nultom «0» stanju, prije izgradnje VKDS-a, Tomić i sur. (2003).

Za utvrđivanje nultog stanja vodnog režima, posebice hidromorfnih tala, odabrano je uže, tzv. Pilot područje ukupne površine oko 6.000 ha. Područje se prostire u neposrednoj zoni VKDS-a, na potezu njegovog uzdužnog profila od 46 +000 km do 56 +000 km.

Temeljni cilj rada je bila analiza višegodišnjih rezultata (2001-2005), koji su dobiveni monitoringom vodnog režima poljoprivrednih tala na Pilot području VKDS-a. Držimo da su dobiveni rezultati solidan temelj za izradu matematičkih modela, koji će omogućiti bolju procjenu predvidljivog utjecaja VKDS-a na vodni režim poljoprivrednih tala.

2. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Pilot područje na kojem je praćen vodni režim poljoprivrednih tala (2001-2005) nalazi se u neposrednom okruženju budućeg VKDS-a i obuhvaća neto površinu od **5.838 ha**. Bruto površina Pilot područja iznosi 7.232 ha. Geografski je područje smješteno na potezu naselja Babina Greda, Sikirevci, Gundinci, Beravci i Kladavac. Detaljna hidropedološka istraživanja s izradom pedološke karte šireg Pilot područja u mjerilu 1:10 000 (slika 1), izvršena su 2000 godine.

Monitoring vodnog režima s težištem na dinamiku podzemne vode u agrološkom profilu tala do 4,0 m dubine započeo je polovicom 2001. godine. Praćenje je temeljeno na osmatranju razine vode u hidropedološkim piezometrima ukupno 80 (40 vrlo plitkih do 1,0 m i 40 dubokih do 4,0 m dubine).

Piezometri su postavljeni po određenoj metodici u četiri trase. U svakoj trasi nalazi se po 20 piezometara. Trase su postavljene okomito na uzdužnu os VKDS-a. Međusobna udaljenost trasa je 3,0 km. Raspored piezometara unutar trasa je isti: 200, 500, 1.000, 1.500 i 2.500 m lijevo i desno od uzdužne osi budućeg VKDS-a. Razina vode u svim piezometrima mjerena je po mjesečnim dekadama (3 x mjesečno). Pored u piezometrima,

dnevna razina vode u tlu praćena je i pomoću automatskih limnigrafa (ukupno 3). Korišteni su limnigrafi tipa Orphtimedes, ugrađeni direktno u hidropedološke piezometre. Temeljni klimatski pokazatelji (oborine, srednje temperature zraka) uzete su s meteorološke postaje Gradište kod Županje. Bilanca vode u tlu (višak i manjak vode) izračunata je po metodi Palmera, korigirana prema Vidačeku (1981). U izradi slojnih planova terena i podzemnih voda (hidroizohipsa) korišten je program Surfer Ver 7.0. Statistička obrada podataka napravljena je uz pomoć programa SPSS for Windows.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Bilanca vode u tlu

Srednja godišnja suma oborina u istraživanom petogodišnjem razdoblju iznosila je 756 mm (tablica 1). Tijekom osmatranog razdoblja, godišnja količina oborina je kolebala u rasponu od 483 mm (2003) do 956 mm (2004). Temeljem rasporeda i količine godišnjih oborina u osmatranom razdoblju (2001-2005), mogu se na širem području VKDS-a izdvojiti dvije vlažne (2001. i 2004), jedna ekstremno suha (2003), jedna tipično prosječna (2005) i jedna nešto sušnija (2002) godina. Shodno rasporedu i količini godišnjih oborina, kolebale su i vrijednosti viška i/ili manjka vode u tlu (tablice 2 i 3). Tako su vrijednosti godišnjeg viška vode kolebale u rasponu od minimalnih 44 mm u izrazito sušnoj 2003. do maksimalnih 274 mm u vlažnoj 2004. godini (tablica 2). Suprotno višku, najveći godišnji nedostatak (manjak) vode u prosječnom tlu na širem području VKDS-a od čak 432 mm, bio je prisutan tijekom izrazito sušne 2003. godine (tablica 3).

Tablica 1: Raspored i količina oborina u mm

God.	MJESECI												God. Σ
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	XI	XI	XII	
2001	76	28	81	80	60	216	62	4	193	14	106	32	952
2002	8	45	23	75	98	47	44	50	64	83	69	35	642
2003	58	15	3	12	34	43	43	36	42	130	49	18	483
2004	77	55	26	152	125	100	48	94	53	77	104	45	956
2005	32	67	47	49	44	71	134	157	48	6	19	73	747
Sred.	50	42	36	74	72	95	66	68	80	62	70	41	756

Tablica 2: Raspored i količina viška vode u tlu u mm

God.	MJESECI												God. Σ
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	XI	XI	XII	
2001	64	0,0	11	0,0	0,0	61	0,0	0,0	48	0,0	60	20	264
2002	0,0	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9	19
2003	37	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44
2004	50	20	3	75	48	25	0,0	0,0	0,0	0,0	43	10	274
2005	21	45	13	11	0,0	0,0	31	48	0,0	0,0	0,0	27	196
Sred.	34	16	5	17	10	17	6	10	10	0,0	21	13	159

Tablica 3:. Raspored i količina manjka vode u tlu u mm

God.	MJESECI												God. Σ
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	XI	XI	XII	
2001.	0,0	0,0	0,0	0,0	27	0,0	32	86	0,0	10	0,0	0,0	155
2002.	0,0	0,0	19	0,0	8	65	76	53	0,0	0,0	0,0	0,0	221
2003.	0,0	0,0	27	34	44	65	79	93	50	11	16	13	432
2004.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33	19	20	0,0	0,0	0,0	72
2005.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16	0,0	0,0	20	31	0,0	0,0	67
Sred.	0,0	0,0	9	7	16	29	44	50	18	10	3	3	189

3.2. Prostorna zastupljenost tala

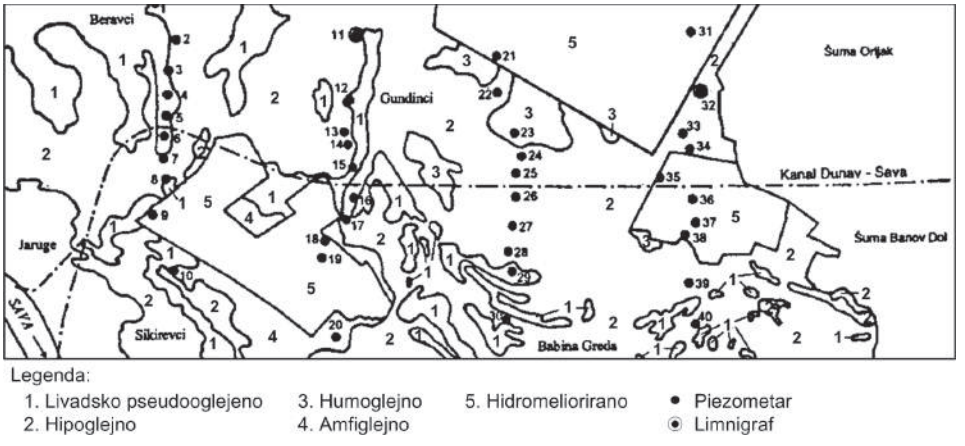
Temeljem detaljnih pedoloških istraživanja Pilot područja, sačinjena je Studija «Vodni režim i stanje tala na području donjeg toka VKDS-a - s monitoringom», Petošić i sur. (2000). Prostorni raspored izdvojenih tala na Pilot području vidljiv je iz pedološke karte (slika 1). U tablici 4 dat je prikaz zastupljenosti izdvojenih pedosistematskih jedinica (tala) na Pilot području.

Tablica 4: Zastupljenost pedosistematskih jedinica na Pilot području

Redni broj	Naziv pedosistematske jedinice	Površina	
		ha	%
1	Livadsko, nekarbonatno, pseudoglejno, glinasto ilovasto	740	12,7
2	Močvarno glejno, hipoglejno, mineralno, karbonatno	3.329	57
3	Humoglej, karbonatni, ilovasto glinasti	227	3,9
4	Močvarno glejno, amfiglejno, mineralno, vertično, karbonatno tlo	137	2,3
5	Hidromeliorirano drenažom	1.405	24,1
UKUPNO	5	5.838	100

Napomena: Bruto površina Pilot područja iznosi 7.230 ha.

Analizom pokazatelja iz tablice 4, valja naglasiti da je močvarno glejno hipoglejno tlo dominantno i zauzima 3.329 ha, odnosno 57% ukupnih neto površina Pilot područja. Prema istraživanjima Petošića i sur. (2006), hipoglejno i humoglejno tlo zauzimaju i u cjelovitom širem slivnom području VKDS-a značajne površine od 35.310 ha, što čini oko 20% ukupnih poljoprivrednih tala (174.019) ha.



Slika 1.: Pedološka karta istraživanog Pilot područja

3.3. Dinamika razine podzemne vode

Na temelju višegodišnjeg (2001-2005) praćenja dinamike i razine podzemne vode kod dominantnih tala na Pilot području VKDS-a može se ustvrditi slijedeće:

- dinamika i kolebanje razine podzemne vode u poljoprivrednim tlima usko je u svezi s rasporedom i količinom oborina, odnosno viškom i manjkom vode, te režimom rijeke Save, Mustać (2004);
- godišnje kolebanje razine podzemne vode pokazuje izraženu pravilnost po sezonama, pri čemu je punjenje plitkog talnog akvifera najčešće u proljetnom, a pražnjenje u ljetno-jesenskom dijelu godine; slične rezultate u dolini Save dobili su Pušić i Škorić (1965), te Dolanjski i sur. 1999;
- izmjerene vrijednosti razine podzemne vode, njeno kolebanje i dinamika tijekom godine odgovaraju temeljnim načinima (tipovima i podtipovima) vlaženja tala, koji su dijagnosticirani prilikom detaljnih hidropedoloških istraživanja Pilot područja (2000. godina);
- potvrđeno je sa sigurnošću da je hipoglejno tlo koje površinski zauzima 3.329 ha ili 57% Pilot područja, u određenom dijelu godine (veljača-svibanj) vlaženo vrlo plitkim i plitkim podzemnim vodama, čija je razina u određenim vremenskim intervalima dosezala i do same površine terena (tla); kod humoglejnog tla potvrđeno je vlaženje plitkom veoma oscilirajućom podzemnom vodom, čija je razina tijekom godine kolebala u rasponu od 0,30 m do preko 4,00 m ispod razine terena; razina vode kod amfigleja i hidromelioriranog tla drenažom kolebala je u rasponu vrijednosti od 0,75 m do preko 4,0 m (amfiglej), odnosno 0,65 m do >4,00 m (drenirano), čime su također potvrđeni amfiglejni i hidromeliorirani načini vlaženja ovih tala.

3.4. Značajke vodnog režima (nulto stanje)

Poznavanje vodnog režima poljoprivrednih tala u užem (Pilot) području VKDS-a prije njegove izgradnje (nulto stanje) vrlo je bitno s aspekta sadašnjeg, ali i budućeg razvoja biljne proizvodnje, koja će se odvijati u promijenjenim uvjetima nakon izgradnje kanala.

U tablicama (5, 6, 7 i 8) prikazani su dobiveni višegodišnji pokazatelji koji ukazuju na

temeljne značajke nultog stanja vodnog režima osmatranih poljoprivrednih tala na Pilot području.

Tablica 5: Temeljne značajke vodnog režima poljoprivrednih tala na Pilot području budućeg kanala Dunav-Sava tijekom sušne 2003. godine

Kategorija podzemne vode	Razina od površine tla (m)	Duljina trajanja		Površina područja		Utjecaj na uzgajane kulture
		dan	razdoblje	ha	%	
Vrlo plitka	<0,2	40	01.02.-12.03.	10	0,14	Vrlo nepogodan
Plitka	0,2-0,5	35	12.03.-17.04.	133	1,8	Nepogodan
Srednje duboka	0,5-1,0	25	17.04.-12.05.	5.590	77,3	Osrednje pogodan
Duboka	1,0-2,0	15	12.05.-27.05	2.235	30,91	Pogodan
Vrlo duboka	>2,0	250	27.05.-31.12.	7.230	100,00	Osrednje pogodan

Tablica 6: Temeljne značajke vodnog režima poljoprivrednih tala na Pilot području budućeg VKDS-a tijekom vlažne 2004. godine

Kategorija podzemne vode	Razina od površine tla (m)	Duljina trajanja		Površina područja		Utjecaj na uzgajane kulture
		dan	razdoblje	ha	%	
Vrlo plitka	<0,2	23	1.3.-10.3. i 9.4.-21.4.	801	11	Vrlo nepogodan
Plitka	0,2-0,5	74	15.1.-1.3. 10.3.-9.4.	4.975	69	Nepogodan
Srednje duboka	0,5-1,0	110	21.4.-10.8.	1.411	19	Osrednje pogodan
Duboka	1,0-2,0	77	15.10.-31.12.	43	1	Pogodan
Vrlo duboka	>2,0	71	1.1.-15.1. 10.8.-15.10.	7.230	100,00	Osrednje pogodan

Tablica 7: Temeljne značajke vodnog režima poljoprivrednih tala na Pilot području budućeg VKDS-a u relativno vlažnoj 2005. godini

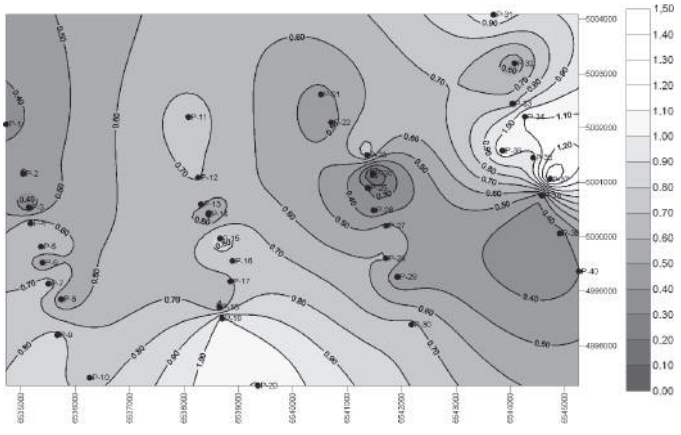
Kategorija podzemne vode	Razina od površine tla (m)	Duljina trajanja		Površina područja		Utjecaj na uzgajane kulture
		dan	razdoblje	ha	%	
Vrlo plitka	<0,2	19	20.02.-10.03.	83	1,2	Vrlo nepogodan
Plitka	0,2-0,5	24	27.1.-20.02.	5.533	76,5	Nepogodan
Srednje duboka	0,5-1,0	26	1.1.-27.1.	1.606	22,2	Osrednje pogodan
Duboka	1,0-2,0	236	10.3.-1.11. 8.12.-31.12.	8	0,1	Pogodan
Vrlo duboka	>2,0	38	1.11.-8.12.	2.061	28,4	Osrednje pogodan

Tablica 8: Temeljne značajke vodnog režima poljoprivrednih tala (srednje vrijednosti) na Pilot području budućeg VKDS-a tijekom razdoblja 2003-2005. godina

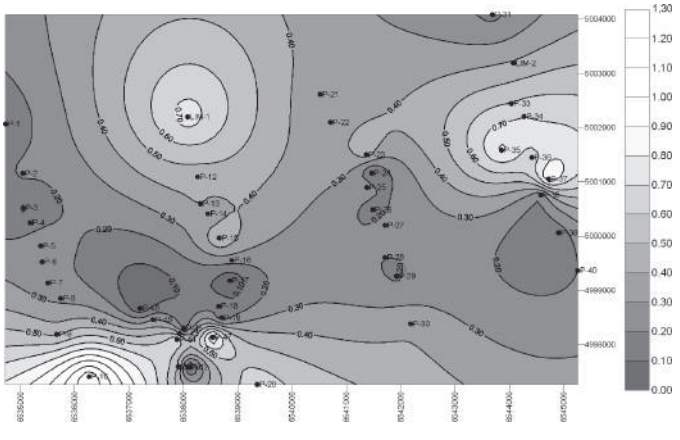
Kategorija podzemne vode	Razina od površine tla (m)	Duljina trajanja		Površina područja		Utjecaj na uzgajane kulture
		dan	razdoblje	ha	%	
Vrlo plitka	<0,2	27	16.02.-10.03. 10.04.-15.04.	298	4,1	Vrlo nepogodan
Plitka	0,2-0,5	44	25.01.-16.02. 15.03.-06.04.	3.547	49,1	Nepogodan
Srednje duboka	0,5-1,0	54	01.01.-08.01. 20.04.-05.06.	2.869	39,5	Osrednje pogodan
Duboka	1,0-2,0	110	10.09.-31.12.	762	10,6	Pogodan
Vrlo duboka	>2,0	120	25.06.-23.10.	5.507	76,1	Osrednje pogodan

Temeljem prikazanih pokazatelja u tablicama 5-8 valja naglasiti slijedeće :

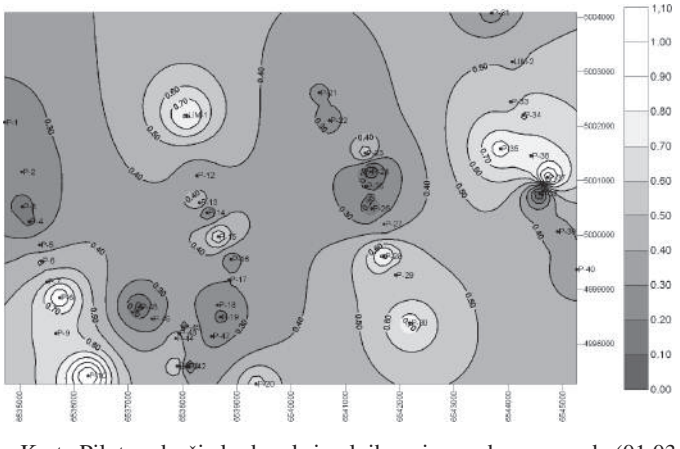
- u odnosu na visinu razine, dinamiku kolebanja i vremensku prisutnost podzemne vode u agrološkom profilu poljoprivrednih tala (do 4,0 m dubine) kao i njen mogući utjecaj na većinu uzgajanih kultura (pšenica, kukuruz, ječam, soja, lucerna), mogu se izdvojiti četiri kategorije pogodnosti vodnog režima tla: vrlo nepogodan, nepogodan, osrednje pogodan i pogodan;
- **vrlo nepogodno** stanje vodnog režima u osmatranim tlima s vrlo plitkim razinama podzemne vode (<0,2 m) vremenski je tijekom godine bilo prisutno u rasponu vrijednosti od 19 dana (2005) do 40 dana (2003);
- **nepogodno** stanje vodnog režima u tlu za većinu uzgajanih kultura, pri čemu je vlaženje tla vršeno pod utjecajem plitke razine podzemne vode (0,2-0,5 m), u prosjeku je godišnje bilo prisutno 44 dana; vrijednosti su kolebale u rasponu od 24 dana (2005) do 74 dana (2004);
- **osrednje pogodno** stanje vodnog režima za uzgoj kultura može se smatrati vremenski interval u kojem je vlaženje poljoprivrednih tala vršeno pod utjecajem srednje dubokih (0,5-1,0 m), i/ili vrlo dubokih (>2,0 m) podzemnih voda; u prosjeku je ovakvo stanje tijekom godine vremenski trajalo oko 174 dana, a vrijednosti su kolebale u rasponu od 64 dana (2005) do 275 dana (2003);
- **pogodno** stanje vodnog režima, može se smatrati vremenski interval u kojem su poljoprivredna tla na Pilot području VKDS-a tijekom godišnjeg razdoblja bila vlažena pod utjecajem duboke razine podzemne vode (1,0-2,0 m); ovakvo stanje je godišnje trajalo oko 110 dana, a vrijednosti su kolebale u rasponu od 15 dana (2003) do 236 dana (2005);
- utvrđeno je da su izdvojene kategorije podzemne vode, odnosno vodnog režima tla bile prisutne na površini osmatranog Pilot područja kako slijedi: **vrlo nepogodan** vodni režim na 298 ha ili 4,1% ukupne bruto površine (7.230 ha), **nepogodan** na 3.547 ha (49,1%), **osrednje pogodan** pod utjecajem srednje dubokih voda na 2.869 ha (39,5%) i/ili vrlo dubokih voda na 5.507 ha (76,1%), te **pogodan** vodni režim na 762 ha ili 10,6% ukupnih površina (slike 2, 3 i 4).



Slika 2.: Karta Pilot područja kod maksimalnih razina podzemne vode (07.02.2003.)



Slika 3.: Karta Pilot područja kod maksimalnih razina podzemne vode (20.04.2004.)



Slika 4.: Karta Pilot područja kod maksimalnih razina podzemne vode (01.03.2005.)

4. ZAKLJUČCI

Višegodišnjim monitoringom (2001-2005) razine podzemne vode na užem Pilot području budućeg VKDS-a, utvrđeno je da 3.329 ha ili 57% poljoprivrednih tala ima hipoglejni, 227 ha ili 3,9% humoglejni, 137 ha ili 2,3% amfiglejni i 1.405 ha ili 24,1% hidromeliorirani način vlaženja.

Temeljem utvrđene razine, dinamike kolebanja i vremenske prisutnosti podzemne vode u agrološkom profilu osmatranih tala, te njenog utjecaja na uzgajane kulture (pšenicu, kukuruz, ječam, soju, uljanu repicu, šećernu repu i lucernu) mogu se na istraživanom Pilot području izdvojiti četiri kategorije pogodnosti vodnog režima tla: vrlo nepogodan, nepogodan, srednje pogodan i pogodan.

Dobiveni pokazatelji solidan su temelj za izradu matematičkih modela i procjenu mogućeg utjecaja VKDS-a na promjene vodnog režima osmatranih tala.

5. LITERATURA

1. Dolanjski, D., Petošić, D., Stričević, I. (1999: Dinamika podzemnih voda na dijelu Srednje Posavine, Poljoprivredno znanstvena smotra, Vol. 64, Br. 1., str: 50-58.
2. Mustać, I. (2004): Dinamika podzemnih voda u agroekološkim uvjetima Bić-polja, Magistarski rad, AFZ.
3. Pušić, B., Škorić, A. (1965): Prilog poznavanju hidrogenizacije, klasifikacije i odvodnje tala doline Save, Zemljište i biljka, Vol. 14, No 3., str: 271-288.
4. Tomić, F., Petošić, D., Stričević, I., Dolanjski, D., Mustać, I. (2003): Značajke vodnog režima i stanja tala na području donjeg toka budućeg kanala Dunav-Sava, Zbornik radova s Hrvatske konferencije o vodama, Osijek, str: 951-959.
5. Vidaček, Ž. (1981): Procjena proizvodnog prostora i prikladnost tala za natapanje u Istočnoj Slavoniji i Baranji. Doktorska disertacija, FPZ, Zagreb
6. x Studija: Vodni režim i stanje tala na području donjeg toka kanala Dunav-Sava - s monitoringom. Agronomski fakultet Zagreb (AFZ), Zavod za melioracije, 2002., str:1-167.
7. x x Vodni režim i stanje tala na području donjeg toka budućeg kanala Dunav-Sava - s monitoringom, Izvješće o radu za 2001. i 2002., 2003, 2004. i 2005. godinu, AFZ, Zavod za melioracije
8. x x x Studija: Utjecaj višenamjenskog kanala Dunav-Sava na agroekosustave njegovog slivnog područja, AFZ, 2006.

AUTORI:

Prof.dr.sc. Dragutin Petošić,

Prof. emeritus, dr.sc. Frane Tomić,

mr.sc. Ivan Mustać,

mr.sc. Dragutin Dolanjski,

mr.sc. Ivo Stričević,

Davor Dević, student

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.13.

PRIJEDLOG ZAŠTITE VODOTOKA OD NEŽELJENOG ONEČIŠĆENJA

Aco Šikanić, Stanislav Ružić, Goran Zrinski

SAŽETAK: U ovom radu prikazan je prijedlog rješenja učinkovite zaštite vodotoka od neželjenog onečišćenja uzrokovanog eventualnim istjecanjem neke od opasnih tekućina koje se svakodnevno koriste u sustavima HE Dubrava. Prijedlogom su ponuđena jedinstvena riješenja proizišla iz specifičnosti geometrije i značajki strujanja u odvodnom kanalu, te predviđenih uvjeta korištenja. Predloženo je kaskadno postavljanje dva složena segmenta sačinjena od kombinacije brtvenih i plutajućih brana. Privez kaskadnih segmenata predviđa se u posebno sagrađenim privezištima kojima se postiže usmjeravanje toka, smanjenje branjene širine kanala i uspostava zone mirne vode neophodne za prikupljanje onečišćenja. Kako je predviđena permanentna implementacija sustava zaštitnih brana preporučena je ugradnja uređaja za detekciju izljeva ulja.

KLJUČNE RIJEČI: onečišćenje vodotoka, brtvene i plutajuće brane.

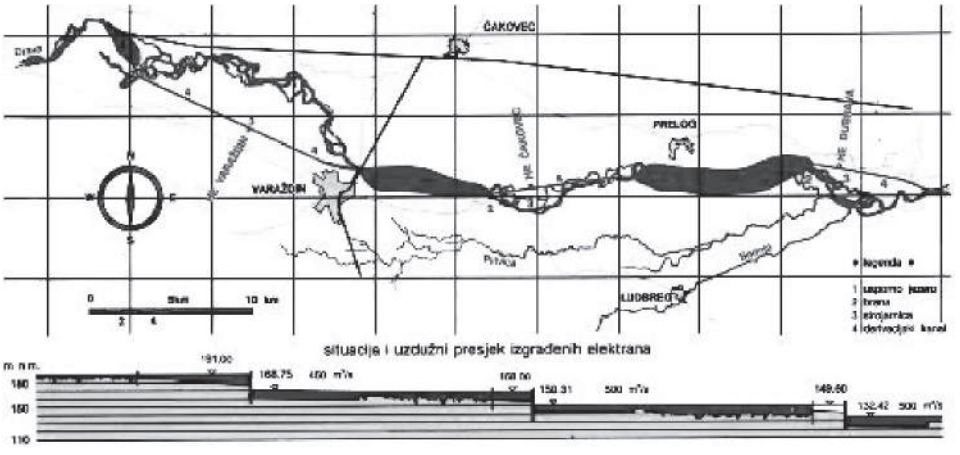
ONE PROPOSAL OF OIL SPILL CONTROLLING AND RECOVERY

SUMMARY: This paper presents proposal of methods for efficiently controlling and recovering environmental dangerous spills originated from liquids (mainly oils and fuels), which are necessary for normal operation of hydroelectric plant. This proposal offers unique solutions tailored to meet geometrical, hydrodynamic and other aspects of this particular case. Proposal consists of deployment of two cascade segments assembled from combination of ordinary and tidal seal booms. Mooring of this cascade segments are considered in specially built mooring sites which, besides this primary function, provides upstream deflection and downstream collection area. Due to permanent implementation of the system, necessary equipment for detection of dangerous liquids are considered.

KEYWORDS: oil spill, booms, tidal seal booms.

1. UVOD

HE Dubrava je višenamjenska hidroelektrana dravskog sliva koja predstavlja posljednju izgrađenu stepenicu na Dravi od granice Slovenije do utoka Mure. Hidroelektrana energetski koristi potencijal rijeke Drave za proizvodnju električne energije, povećava zaštitu od poplava, poboljšava odvodnju i omogućuje gravitacijsko natapanje poljoprivrednih površina, te ostvaruje uvjete za razvoj sporta i rekreacije [1].



Slika 1.: Prikaz situacije HE Dubrava [1].

Kao energetski objekt, HE Dubrava je opremljena brojnim tehnološkim sustavima u kojima se koriste razne, po okoliš opasne tekućine, neophodne za njezino normalno funkcioniranje. Riječ je uglavnom o raznim vrstama ulja i goriva koja se upotrebljavaju za potrebe podmazivanja turbinskih ležajeva, elektroizolacije transformatora, kao radna tvar brojnih hidrauličnih sustava, itd., a pregledno su prikazana u prilogu rada zajedno s osnovnim obilježjima (Tablica 1, Tablica 2).

U cilju zaštite vodotoka od neželjenog onečišćenja nekom od opasnih tekućina, HE Dubrava je naručila izradu Elaborata postavljanja sustava zaštitnih plutajućih brana na odvodnom kanalu. Elaboratom je dan prijedlog učinkovitog rješenja zadržavanja i uklanjanja eventualnog onečišćenja uzrokovanog istjecanjem neke od opasnih tekućina u odvodni kanal, a odatle i dalje u tok rijeke Drave.

U nastavku rada biti će prikazani bitni elemetni predloženog rješenja impementacije sustava zaštitnih brana na odvodnom kanalu HE Dubrava.

2. OPIS SITUACIJE

Razmatranje uvjeta strujanja te definiranje mjesta prihvata poslužili su kao osnova izrade prijedloga idejnog rješenja i tehničkog opisa sa shematskim prikazom elemenata sustava zaštitinih plutajućih brana.

2.1. Derivacijski kanal

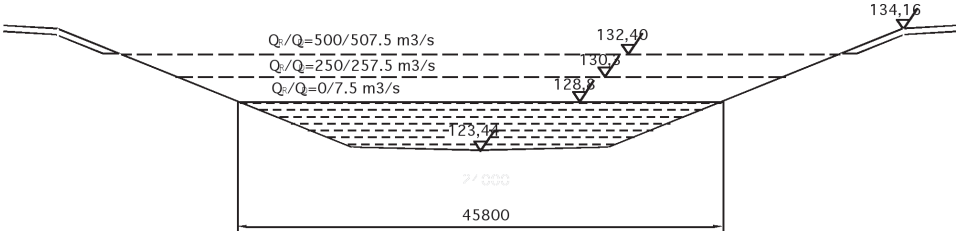
Derivacijski kanal je strojarnicom podijeljen na dva dijela: dovodni i odvodni kanal. Stacionaža derivacijskog kanala označava se od čvora zahvata do njegovog ušća u Dravu u ukupnoj dužini 6867.78 m [2]. Os radnih kola u strojarnici smještena je na stacionaži 2+000 km derivacijskog kanala.

2.2. Odvodni kanal

Odvodni kanal ima ukupnu dužinu 4796,63 m. Odvodni kanal započinje na stacionaži 2+071,15 derivacijskog kanala, gdje završava armirano betonski prijelazni dio odvodnog

kanala. Kanal je dimenzioniran za instalirani protok Q_i=500 m^3/s i srednju brzinu v=1,2 m/s. Širina dna kanala je 24,00 m do stacionaže 6+100. Do stacionaže 5+340 dubina kanala je veća od 11,00 m, a kanal je složenog trapeznog presjeka. Na 11,00 m od dna kanala, odnosno 2,00 m iznad vodnog lica za Q_i=500 m^3/s je bankina širine 5,0 m koja se na stacionaži 2+091,15 rampom nagiba 10% diže na kotu 138,0 m n.m. Nagib pokosa kanala do bankine je 1:2,5, a iznad bankine 1:1,5. Uzdužni pad kanala je 0,00869‰. Početak odvodnog kanala na dužini 170 m osiguran je kamenom oblogom položenom u filtar od kamena po dnu i pokosima do bankine. Pokos do bankine obložen je valuticama do stacionaže 2+400. Preostali dio kanala je neobložen, osim dijelova pokosa koji su, iznad vodnog lica za Q_i=500 m^3/s humuzirani i zatravljeni.

Cijeli odvodni kanal je iskopan u šljunku i trapeznog je poprečnog presjeka. Karakteristični poprečni presjek odvodnog kanala prikazan je sljedećom slikom [3].



Slika 2.: Karakteristični poprečni presjek odvodnog kanala: stacionaža 2+300 do 5+340 [3].

2.3. Razmatranje uvjeta strujanja i mjesta prihvata

Odabir povoljne lokacije za postavljanje sustava zaštitnih brana prvenstveno je određen izvedenim građevinskim i pristupnim objektima (mostovi, ispusti pomoćnih energetskih proizvodnih jedinica, pristupi za čamce, itd.). Prilikom preliminarnog određivanja mjesta za prihvat uljnog onečišćenja uzeti su u obzir sljedeći kriteriji:

- procjene nizvodne udaljenosti od ispusta na kojoj se isteklo ulje stabilizira na površini vode,
- procjene širine prostiranja uljne mrlje prema matici toka,
- značajki obale i pristupačnosti mjesta prihvata,
- izričitih ili specifičnih zahtjeva naručitelja.

Prema zahtjevu naručitelja mjesto za prihvat eventualnog onešićenja nalazilo bi se nizvodno od pristupa za čamce iza prvog mosta (stacionaža mosta 2+300). Ova pozicija nalazi se na udaljenosti većoj od 400 m od izvora izljeva što je dovoljno za stabilizaciju ulja na površini vode.

Zbog ispusta pomoćnog energetskog postrojenja koje se nalazi neposredno ispred mosta, za očekivati je da cjelokupna širina odvodnog kanala nije zahvaćena uljnom mrljom. Unatoč tome sustav plutajućih zaštitnih brana biti će postavljen na način da brani čitavu širinu odvodnog kanala.

Slika 3.: Mjesto prihvata onešićenja.

S obje strane odvodnog kanala nalaze se pristupni putevi koji omogućuju brz transport prikupljenog ulja iz spremnika za privremeni smještaj na daljnu obradu.

Sustav postavljanja zaštitnih brana mora zadovoljiti izuzetno teške uvjete koji vladaju u odvodnom kanalu, a vezani su uz česte i velike promjene vodostaja. Kao što je prethodnom slikom prikazano dnevna promjena razine vodostaja kreće se u granicma 128,00-132,40 m n.m., dakle više od četiri metra.

3. PRIJEDLOG IDEJNOG RJEŠENJA

Zadržavanje i uklanjanje onečišćenja na brzim tokovima postavlja posebne zahtjeve u pogledu reakcije na incidentni događaj zbog:

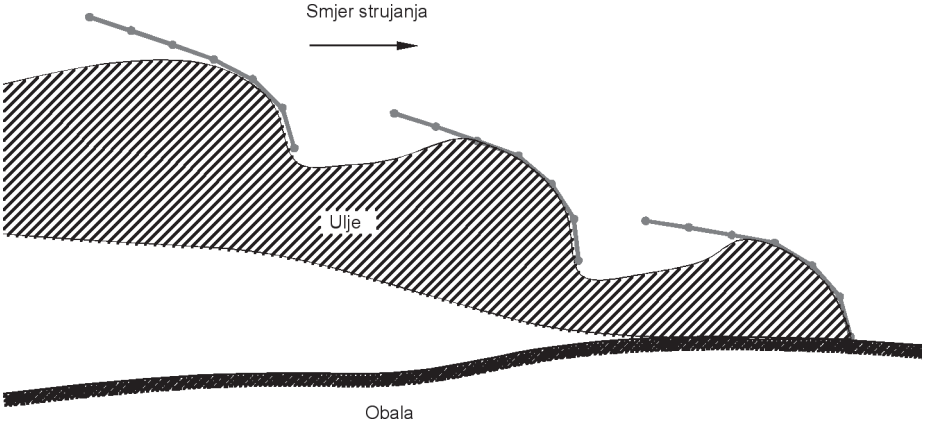
1. smanjenja stabilnosti i efektivnog bočnog otklona brana,
2. smanjenja efikasnosti zadržavanja onečišćenja uslijed povećanja protjecanja ispod pregače i gubitka ulja,
3. iznosa potrebnih sila priveza i sidrenja sustava zaštitnih brana koji rastu sa povećanjem brzine strujanja,
4. povećanja intenziteta interakcije ulja s okolinom što zahtjeva brži odziv.

Stoga se primjenjuju posebne tehnike i metode prikupljanja onečišćenja koje su prilagođene uvjetima brzih struja.

3.1. Postavljanje brana u kaskadama

Postavljanje brana u kaskadama primjenjuje se u onim slučajevima kada širina branjenog toka uzrokuje prevelika opterećenja na privezne, pritezne i sidrene elemente zaštitnog sustava izvedenog u jednom komadu, odnosno otežava ili onemogućuje njegovo postavljanje u ispravan funkcionalni položaj. Postavljanje brana u kaskadama upotrebljava

se na rijekama i kanalima kojima je prosječna dubina veća od gaza pregače, gdje postoje promjene vodostaja, ali je smjer strujanja jednoznačan i prelazi brzinu od 1 m/s [4].



Slika 4.: Postavljanje brana u kaskadama.

Kao što je prethodnom slikom prikazano, prilikom kaskadnog postavljanja brana, segmenti se postavljaju u nizu, jedan ispod drugog. Ideja takvog postavljanja brana sastoji se u tome da svaka brana djelomično skrene i usmjeri plutajuće nečistoće prema obali, odnosno prema brani koja se nalazi nizvodno. Na taj način se sve plutajuće nečistoće na kraju sakupljaju na nizvodnom dijelu posljednje brane. To mjesto se nalazi uz samu obalu odvodnog kanala, gdje je potrebno predvidjeti opremu za fizičko uklanjanje prikupljenog onečišćenja.

Prilikom prijedloga idejnog rješenja sustava zaštitnih brana potrebno je uzeti u obzir specifičnosti strujanja i konfiguracije odvodnog kanala:

- velike brzine strujanja,
- kut nagiba pokosa kanala koji u sprezi sa brzim i značajnim promjenama vodostaja uvjetovanim razlikama u režimima rada elektrane mogu uzrokovati gubitke ulja na mjestu prikupljanja uslijed neadekvatnog brtvljenja,
- stalni angažman brane.

Velike brzine strujanja zahtjevaju podrobnu analizu zbog dva aspekta:

- određivanja takvog kuta postavljanja brane kod kojega će brana biti efikasna,
- određivanje potrebnih sila držanja i pritezanja.

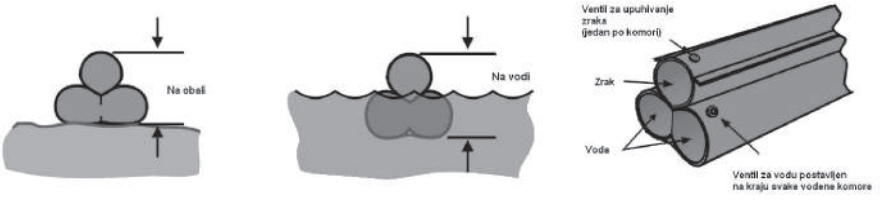
Određivanje kuta postavljanja brane ima neposredan utjecaj na duljinu, odnosno broj standardnih elemenata, potrebnih za uspješno prikupljanje onečišćenja.

Obzirom na predviđene brzine strujanja tekućine kut postavljanja brane koji osigurava dovoljnu funkcionalnost nalazi se u području između 15°-20° [4].

Da bi se pri tim kutevima izvela uspješna obrana čitave širine kanala, potrebna duljina brane svakog segmenta kaskadne konfiguracije iznosi 45-75 m, ovisno o broju segmenata.

Problem efikasnog zadržavanja ulja i u slučajevima promjene vodostaja na bočnim stranama trapeznog kanala rješava se primjenom kombinacije dviju vrsta brana u krajnjim segmentima kaskade. Naime, elementi segmenta direktno vezani uz obale odvodnog kanala biti će brtvenog tipa, koji svojom specifičnom konstrukcijom omogućuju zadržavanje ulja i prilikom promjene vodostaja.

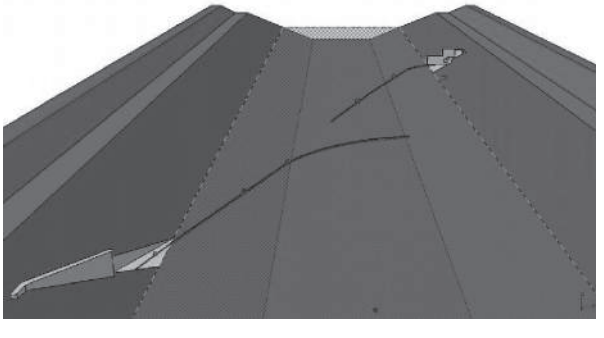
Brtvene brane sastoje se od zasebnih komora ispunjenih zrakom i vodom. Komora ispunjena zrakom osigurava uzgon, dok komore ispunjene vodom imaju funkciju balasta i brtvljenja. Konstrukcija i princip rada brtvenih brana prikazan je sljedećom slikom.



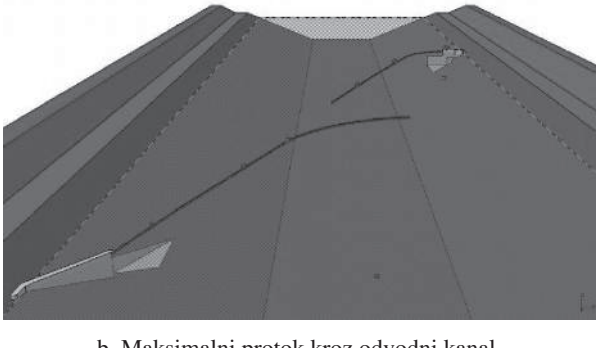
Slika 5.: Brtvena brana Shoreguardian-VIKOMA.

U svrhu efikasnog priveza i brtvljenja opisanog tipa brane na položenim stranama odvodnog kanala predviđena je izgradnja privezišta, koja bi svojim prisustvom doprinjela usmjeravanju strujanja i prikupljanju onečišćenja. Njihovom izgradnjom smanjuje se branjena širina kanala pri većim protocima što omogućuje postavljanje segmenata manje duljine pod povoljnijim kutem.

Uzvodno privezište strujno je oblikovano sa svrhom usmjeravanja strujanja i smanjena sile pridržavanja brane. Predviđeni oblik nizvodnog privezišta omogućuje zonu mirne vode, u kojoj se, zbog ukopa položene strane kanala, brzina strujanja smanjuje čime je omogućeno efikasnije zadržavanje i prikupljanje onečišćenja.



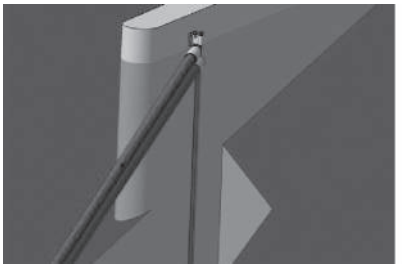
a. Minimalni protok kroz odvodni kanal.



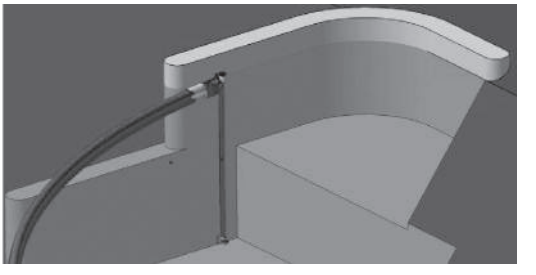
b. Maksimalni protok kroz odvodni kanal.

Slika 6.: Prikaz konfiguracije za dva različita vodostaja.

Kompenzaciju velike razlike vodostaja predviđeno je ostvariti ugradnjom posebnih vertikalnih nosača po kojima bi klizili brtveni elementi, uslijed djelovanja sile uzgona.



a. Uzvodno privezište.



b. Nizvodno privezište u ugrađenom plutačom.

Slika 7.: Kompenzacija vodostaja u uzvodnom i nizvodnom privezištu.

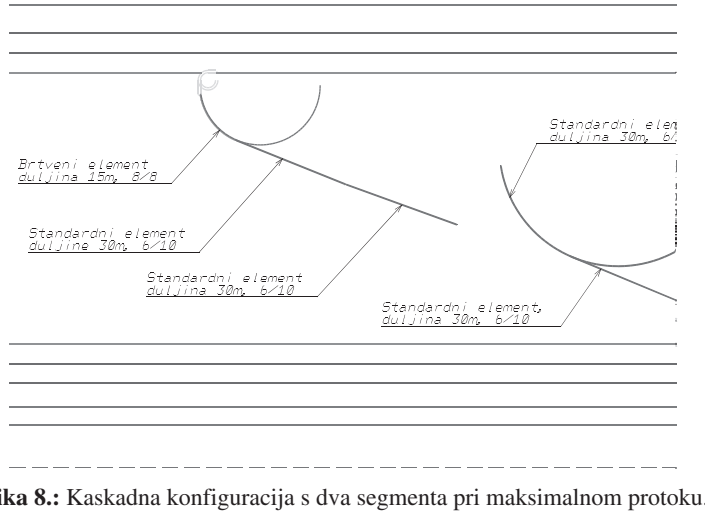
3.1. Postavljanje brana u kaskadama

Moguće su dvije izvedbe sustava zaštitnih plutajućih brana:

1. Kaskadna konfiguracija s dva segmenta,
2. Kaskadna konfiguracija s tri segmenta.

Konfiguracija s tri segmenta pruža veće preklapanje uz manju ukupnu duljinu brana, no veliki problem predstavlja izvedba priveza i kontrole pozicije srednje kaskade. Pravilna upotreba srednje kaskade zahtijeva angažman sidrenog sustava, koji nakon postavljanja ostavlja malo mjesta naknadnoj mogućnosti kontrole pošto mora biti izveden robustno i pouzdano. Također svaka podvodna prepreka, bez obzira na sustav zaštite od naplavina, predstavlja potencijalnu slabu točku u uvjetima stalne upotrebe. Konfiguracija s tri segmenta također zahtijeva izvođenje većeg broja privezišta i priteznih mjesta na obalama.

Kaskadna konfiguracija s dva segmenta ne zahtijeva upotrebu sidrenog sustava, a broj priteznih i priveznih mjesta je manji. Kaskadna konfiguracija s dva segmenta jednostavnija je u pogledu izvedbe, upotrebe i održavanja, pa se stoga nameće kao izbor sustava zaštite odvodnog kanala od onečišćenja nekom od opasne tvari.



Slika 8.: Kaskadna konfiguracija s dva segmenta pri maksimalnom protoku.

4. UREĐAJ ZA DETEKCIJU IZLJEVA ULJA

Izgradnjom nizvodnog privezišta i uspostavljanjem zone mirne vode omogućena je ugradnja uređaja za detekciju izljeva ulja koji se inače koristi u taložnicima za prikupljanje ulja.

Predloženi uređaj ID-221, proizvođača *Leakwise*, služi za detekciju i nadgledanje uljnih mrlja nastalih izljevom podzemnih spremnika i cjevovoda. Detekciju ulja na površini vode moguće je obraditi pomoću procesora analognih signala PS-220, koji može biti lociran na udaljenosti do 1 km od senzora. Moguće su različite vrste izlaznih signala.

5. IMPLEMENTACIJA OPREME I NADZOR U RADU

Opće preporuke:

1. Postupak sastavljanja segmenata plutajuće brane treba obaviti prema uputama koje propisuje proizvođač. Ovo se posebno odnosi na punjenje zračnih i vodenih komora brtvene brane.
2. Obzirom da postoji mogućnost kontrole vodotoka u odvodnom kanalu implementaciju sustava zaštitnih brana preporuča se obaviti pri minimalnom mogućem vodostaju (protoku), čime se značajno olakšava cjelokupni postupak i smanjuje opasnost od oštećenja opreme.

Prije neposrednog postavljanja, oprema za zadržavanje i uklanjanje onečišćenja mora biti predmontirana. Predmontaža opreme sastoji se od sljedećih koraka:

1. Krajevi brtvenih brana fiksno se vežu u predviđenim uzvodnim i nizvodnim privezištima.
2. Procedurom propisanom od strane proizvođača pune se zračne i vodene komore brtvene brane.
3. Na spojne elemente pripremljenih brtvenih brana, sastavljaju se segmenti plutajućih brana.
4. Na sastavljene segmente plutajućih brana postavlja se sva potrebna oprema za pritezanje (spojnice, alke, itd.).

Ovako pripremljene kaskade sastavljene od brtvenih i plutajućih segmenata potrebno je postaviti u vodotok odvodnog kanala.

1. Proces započinje postavljanjem II kaskade. Uzvodni kraj se pomoću čamca tegli prema sredini vodotoka do pozicije prihvata ostvarenog kliznom kukom ili nekim drugim elementom na razapetom čeličnom užetu. Kako je nizvodni kraj u fazi predmontaže fiksno vezan u nizvodnom privezištu, II kaskada je u općem smislu pozicionirana.
2. Postavljanje I kaskade ostvaruje se tegljenjem njenog nizvodnog kraja čamcem prema suprotnoj obali kako bi se osigurao privez sa pripadnim užetom. Uzvodni kraj I kaskade je u fazi predmontaže fiksno vezan uz uzvodno privezište.
3. Eventualno dodatno osiguranje oblika brane (kuta otklona koji jamči efikasnost prikupljanja ulja) moguće je postići privezom segmenata s obale pomoću običnih užadi na neke od mnogobrojnih alki postavljenih sa gornje strane brane.

Nadzor postavljene opreme mora biti svakodnevan. Unatoč primjenjenim rješenjima koja predviđaju stalnu poziciju brane pri različitim vodostajima za očekivati je gomilanje određene količine naplavina odnosno nečistoća, koje će prema potrebi trebati uklanjati. Nadzor mora biti učestaliji pri većim vodostajima, kada se neminovno pojavljuje veći broj plutajućih predmeta koji mogu ugroziti funkcionalnost opreme i izazvati njena oštećenja.

6. ZAKLJUČAK

Razmatranjem uvjeta strujanja odabrana je kaskadna konfiguracija sustava sastavljena od dva segmenta, unutar kojih je primjenjena kombinacija brtvenih i standardnih elemenata.

Relativno velike i učestale promjene vodostaja uvjetovale su prijedlog izgradnje uzvodnog i nizvodnog privezišta kojima se postiže smanjenje branjene širine kanala, usmjeravanje toka vode u željenom smjeru, te uspostava zone mirne vode na mjestu predviđenom za prikupljanje onečišćenja. Pored navedenih funkcija privezišta bi, zajedno s brtvenim branama, trebale efikasno rješiti problem brtvljenja, odnosno protjecanja onečišćenja ispod brane na krajnjoj nizvodnoj točki sustava.

Predloženo idejno rješenje u ovoj fazi može poslužiti kao podloga za izradu građevinskog projekta neophodnog za podizanje privezišta u odvodnom kanalu, te daljnju, detaljnu razradu svih predloženih rješenja sustava pridržavanja i oblikovanja sustava zaštitnih brana.

7. PRILOG

Tablica 1.: *Popis opasnih tekućina na HE Dubrava.*

Objekt	**Postrojenje ili tehnološki proces**	**Kratki opis**	**Opasna tvar**	**Ukupna količina**
Strojarnica	Hidraulički sustavi za podmazivanje i hlađenje ležaja i regulaciju rada agregata	U sustavu se nalazi nekoliko viskotlačnih spremnika ulja i zraka vezanih cjevovodom	Turbinsko ulje INA TURBO 68	35,2 t
	Brzi zatvarači	Dva hidraulička sustava koji reguliraju protok vode kroz elektranu	Hidraulično ulje HIDRAOL 32	1,4 t
	Dizel agregat sa spremnicima	Dva čelična spremnika volumena 0,9 m^3 sa sabiralištima	Dizel gorivo	1,55 t
Uljno gospodarstvo	Spremnici turbinskog ulja	Dva spremnika od 30 m^3, jedan prazan za prihvat, a drugi sa cca 25 m^3 ulja	Turbinsko ulje INA TURBO 68	22 t
	Spremnici otpadnog ulja II kategorije	Spremnik volumena 2 m^3	Otpadno ulje II kategorije	1,8 t
Transformatorsko postrojenje	Transformatori	Šest transformatora sa sljedećim količinama: -3 blok transformatora, svaki 14 t trafo ulja, -mrežni transformator s 10,5 t trafo ulja, -2 transformatora vlastite potrošnje, svaki 1 t trafo ulja	Trafo ulje TECHNOL Y3000	54,5 t
Rasklopno postrojenje	Mjerni transformatori Prekidači	30 strujnih i naponskih mjernih transformatora, svaki sa cca 90 kg ulja	Trafo ulje TECHNOL Y3000	2,7 t

Objekt	Postrojenje ili tehnološki proces	Kratki opis	Opasna tvar	Ukupna količina
MHE Dubrava	Hidraulički sustav za regulaciju rada male HE Dubrava	Za pokretanje predturbinksog zatvarača i regulaciju oba agregata MHED instaliran je zajednički hidraulički sustav	Hidrauličko ulje HIDRAOL 32	0,44 t
Brana	Hidraulički sustav segmentnih zatvarača	Dva hidraulička sustava upravljaju radom četiri segmentna zatvarača	Hidrauličko ulje MOBIL DTE 13M	3,52 t
	Agregat biološkog minimuma ABM	Hidraulički agregat za podmazivanje ABM-a	Hidrauličko ulje HIDRAOL 32	0,44 t
	Predturbinski zatvarač ABM	Hidraulički sustav predturbinskog zatvarača ABM-a	Hidrauličko ulje HIDRAOL 32	0,352 t
	Transformator	Transformator ABM-a	Trafo ulje TECHNOL Y3000	1 t
	Dizel agregat sa spremnikom	Čelični spremnik volumena 0,9 m^3	Dizel gorivo	0,774 t

Tablica 2.: Svojstva opasnih tekućina na HE Dubrava.

	Gradacija viskoznosti prema ISO	Gustoća pri 15°C	Kinematička viskoznost pri		Indeks viskoznosti	Plamište (COC)	Tecište
	-	g/cm³	40°C	100°C	-	°C	°C
INA TURBO	68	0,883	68	8,6	98	235	-8
HIDRAOL	22	0,878	22	5,00	155	150	-40
TECHNOL	-	0,881	9,7	-	-	145	-48
MOBIL DTE 13M	32	0,874	32	6,10	141	210	-45

Tablica 3.: Specifikacija opreme za zadržavanje i uklanjanje onečišćenja.

Red br.	Naziv	Opis\značajke				Kom.
1	Brtvena brana	Shoreseal boom 8/8		Shoreguardian 550		4
		Ukupna visina	406 mm	Ukupna visina	560 mm	6
		Nadvođe	203 mm	Nadvođe	280 mm	
		Gaz	203 mm	Gaz	280 mm	
		Standardna duljina	15,25 m	Standardna duljina	10 m	
		Masa brane	11kg/m	Masa brane	3 kg/m	
		Rezervna istisnina/masa	21,7:1	Rezervna istisnina/masa	24:1	
2	Plutajuća brana	River boom 6/10		Flexiboom 500		6
		Ukupna visina	406 mm	Ukupna visina	500 mm	12
		Nadvođe	150 mm	Nadvođe	200 mm	
		Gaz	254 mm	Gaz	300 mm	
		Standardna duljina	30 m	Standardna duljina	15 m	
		Masa brane	15 kg/m	Masa brane	4 kg/m	
		Rezervna istisnina/masa	5,0:1	Rezervna istisnina/masa	-	
		Čvrstoća balast. elementa	30 kN	Čvrstoća balast. elementa	58 kN	

Red br.	Naziv	Opis\značajke	Kom.
3	Sorbentna brana	Promjer 200 mm Duljina segmenta 3 m	100
4	Sustav za postavljanje brtvene brane	Zračna pumpa Crijevo duljina 5 m promjer 2“ Adapter Vodena pumpa Usisni ventil s košarom	1 3 2 1 1
5	Čelično uže za pritezanje I kaskade	Promjer 15 mm Duljinska masa 0,8 kg/m Prekidna sila 150 kN Dužina 20 m	1
6	Čelično uže za pridržavanje II kaskade-poprečno	Promjer 15 mm Duljinska masa 0,8 kg/m Prekidna sila 150 kN Dužina 75 m	1
7	Čelično uže za pridržavanje II kaskade-uzdužno	Promjer 15 mm Duljinska masa 0,8 kg/m Prekidna sila 150 kN Dužina 8 m	1
8	Oprema za pritezanje I kaskade	Koloturnik Spojnica	1 2
9	Oprema za pritezanje II kaskade	Spojnica Alka Klizna kuka	4 3 1
10	Spremnik za privremeni smještaj	Kapacitet 2,5 m^3	1

8. LITERATURA

[1] ***: Hidroelektrane dravskog sliva, Hrvatska elektroprivreda, 1994. god.

[2] M. Rusan, Ž. Klepac; HE Dubrava, Glavni projekt, Građevinski dio, Knjiga 3/1: Derivacijski kanal-Tekst, Elektroprojekt Zagreb, 1982. god.

[3] V. Mujanović; HE Dubrava, Glavni projekt, Građevinski dio, Knjiga 3/2: Derivacijski kanal Nacrti, Elektroprojekt Zagreb, 1982. god.

[4] U.S. Coast Guard Research and Development Center, Oil spill response in fast currents, A field guide, ,2001. god.

[5] Brodarski institut, HITRA-TEST, Osnivanje prihvatnog terminala za zaštitu vodotoka od uljnog zagađenja, završno izvješće WP40-01-000, 2004. god.

AUTORI:

dr.sc. Aco Šikanić, dipl.ing.
Stanislav Ružić, dipl. ing.
Brodarski Institut d.o.o., Av. V. Holjevca 20, Zagreb, HRVATSKA
aco.sikanic@hrbi.hr, Tel. ++386 1 6504 105, fax. ++386 1 6504 400
stanislav.ruzic@hrbi.hr, Tel. ++386 1 6504 445, fax. ++386 1 6504 300
Goran Zrinski, dipl.ing.
HEP Proizvodnja d.o.o.,Proizvodno područje Hidroelektrana „SJEVER“
Tel. ++386 042 408 051,goran.zrinski@hep.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.14

POTREBA I MOGUĆNOST NAVODNJAVANJA POLJOPRIVREDNIH KULTURA UZ PODRUČJE RIJEKE DRAVE

Ivan Šimunić, Stjepan Husnjak, Ankica Senta, Krešo Pandžić, Franjo Tomić, Tanja Likso

SAŽETAK: U radu je razmatrana potreba i mogućnost navodnjava poljoprivrednih kultura uz područje rijeke Drave. Cilj rada je bio: Utvrditi manjak vode u tlu za uzgajane kulture, odrediti kakvoću vode rijeke Drave i razmotriti uporabu srednjoročnih vremenskih prognoza u planiranju navodnjavanja.U radu je korišten klimatski niz od 1981.-2000., meteoroloških postaja Slatine i Varaždina (insolacija). Referentna evapotranspiracija izračunata je metodom Penman-Montheitha, efektivne oborine metodom USBR. Bilanca vode u lesiviranom tlu za svaku kulturu izračunata je prema metodi Palmera (korigiranoj i kalibriranoj prema Vidačeku, 1981) za dvije različite dubine (do 0.2 m i od 0.2-0,6 m). Vodne značajke tla su sljedeće: Pkv=360 mm i Tv=160 mm. U razmatranju su bile sljedeće kulture: duhan, soja, suncokret, šećerna repa i paprika. Uzorci vode za mikrobiološku kakvoću uzimani su u razdoblju od 1990. do 2004. godine. Ocjena kakvoće vode načinjena je za svaku godinu prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98). U pojedinačnim pokazateljima kakvoće vodotoka obrađivani su: koncentracija kisika, zasićenje kisikom, KPK, BPK5. Od hranjivih tvari obrađeni su: amonij i nitriti, od mikrobioloških pokazatelja: ukupne koliformne bakterije i broj aerobnih bakterija (prema PB indeksu saprobnosti). Rezultati istraživanja pokazuju da je kod svih kultura bilancom vode utvrđen manjak vode u tlu. Kakvoća vode u rijeci Dravi kretala se od II do III vrste po skupnim pokazateljima, te je prikladna za navodnjavanje. Temeljem utvrđenih rezultata može se zaključiti da je za siguran i veći prinos potrebna mjera navodnjavanja, koju je glede prirodnih resursa moguće realizirati.

KLJUČNE RIJEČI: potreba navodnjavanja, mogućnosti navodnjavanja, mikrobiološka kakvoća voda

IRRIGATION REQUIREMENTS AND POTENTIALS OF AGRICULTURAL CROPS GROWN ALONG THE RIVER DRAVA

ABSTRACT: The paper deals with the needs and possibilities of irrigating agricultural crops in the area along the River Drava. The research goal was to assess soil water deficits for crops produced, evaluate the Drava water quality and consider the use of medium-range weather forecasts in planning irrigation. The climate series 1981-2000 data of the meteorological stations Slatina and Varaždin (insolation) were used in the study. Reference

evapotranspiration was calculated according to the Penman-Monteith method and effective precipitation by the USBR method. Water balance in luvic soils was calculated using Palmer's method (modified and calibrated according to Vidaček, 1981) for two different soil depths (to 0.2 m and 0.2-0.6 m). The following water characteristics were determined: Fwc=360 mm and Wp=160 mm. The study involved the following crops: tobacco, sunflower, sugar beet and pepper. Water samples for microbiological quality analysis were taken from 1990 to 2004. Water quality was evaluated for each year pursuant to the Water Classification Decree (Official Gazette 77/98). Particular water quality indicators of watercourses were analyzed for: oxygen concentration, oxygen saturation, COD and BOD5. Of nutritious substances ammonium and nitrites were analyzed, while among microbiological indicators quality score was based on total coliform bacteria and the number of aerobic bacteria (according to the PB saprobity index). Research results show that soil water deficit was found by water balancing for all crops. The River Drava water quality ranged from class II to III according to group indicators and is thus suitable for irrigation. The results point to the conclusion that irrigation is required for reliable and high yields and that there are natural resources for its implementation.

KEYWORDS: irrigation requirements, irrigation potentials, microbiological water quality

1. UVOD

U Republici Hrvatskoj navodnjava se svega 9.264 ha ili 0,46% obradivih površina i prema veličini navodnjavanih površina nalazi se na jednom od posljednjih mjesta u Europi (Tomić et al., 2007). Učestalost pojave suša u posljednjim godinama utjecalo je na mišljenje javnosti o potrebi navodnjavanja i stoga je Vlada RH pokrenula projekt navodnjavanja pod naslovom «Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u RH». Navedeni projekt ima veliko opravdanje jer Republika Hrvatska raspolaže s oko 2.020.626 ha obradivog poljoprivrednog zemljišta, od toga je čak 244.150 ha pogodno za navodnjavanje i 588.163 ha umjereno pogodno s manjim ograničenjima (Romić et al., 2005) i raspolaže s količinom od 35.000 m3 obnovljive vode godišnje po stanovniku (Kos, 2004). Klimatske značajke i režim voda u tlu, te njihov međusobni odnos koji je vrlo promjenjiv i složen definiraju uspješnost biljne proizvodnje, jer je veliki dio naše biljne proizvodnje koncentriran na području gdje se povremeno pojavljuje suša. Taj problem bi se mogao djelomično riješiti dovođenjem potrebne, deficitarne vode primjenom navodnjavanja. Navodnjavanjem bi se kao melioracijskom mjerom održavala optimalna vlažnost tla tijekom vegetacijskog razdoblja, a time bi se osigurala stabilnija i viša poljoprivredna proizvodnja.

Svaki klimatski element ima većeg ili manjeg udjela u biljnoj proizvodnji. Međutim, stanje voda i temperatura su dominantni, pri čemu stanje voda u tlu značajno određuju oborine i isparavanje, te površinske i podzemne vode.

Za navodnjavanje poljoprivrednih površina (kultura) osim ekonomskih mogućnosti, blizine vodotoka, dovoljne količine vode, vrlo je važna i kakvoća te vode jer i prema Svjetskoj komisiji za okoliš i razvoj, te održivom razvoju imamo obvezu unapređenja i očuvanja kakvoće vode. Pitanje voda u Republici Hrvatskoj regulirano je zakonskim i podzakonskim aktima.

2. MATERIJAL I METODE RADA

U radu su korišteni klimatski podaci meteorološke postaje Slatina, za razdoblje od 1981.

do 2000., dok su podaci za insolaciju korišteni s meteorološke postaje Varaždin. Analiza dekadnih komponenata vodne bilance izračunate su prema Palmeru (1965). Referentna evapotranspiracija (ETo) izračunata je metodom Penman-Montheitha, a efektivne oborine metodom USBR. Bilanca vode u tlu (manjak vode) za svaku kulturu izračunata je prema metodi Palmera (korigiranoj i kalibriranoj prema Vidačeku, 1981). Promatrano tlo je imalo sljedeće značajke: praškasto glinasto ilovasta tekstura, poljski vodni kapacitet (Pkv)=360 mm i točka venuća (Tv)=160 mm.

U razmatranju su bile sljedeće kulture: duhan, soja, suncokret, šećerna repa i paprika. Za obradu podataka korišten je računalni program «Cropwat».

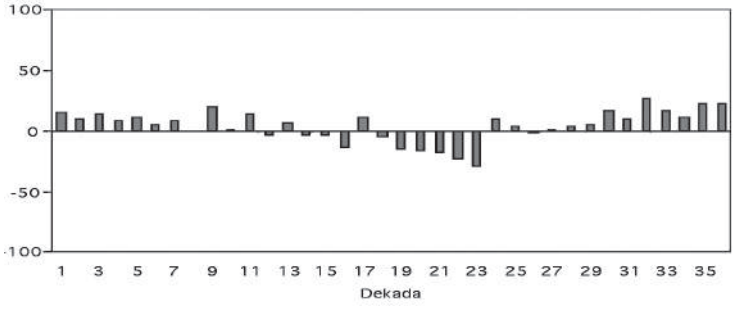
Kakvoća vode za navodnjavanje određivana je za rijeku Dravu. Uzorci vode uzimani su na mjernoj postaji Terezino Polje, u razdoblju od 1990. do 2004. godine. Ocjena kakvoće vode načinjena je za svaku godinu prema Uredbi o klasifikaciji voda. U pojedinačnim pokazateljima kakvoće vodotoka obrađivani su koncentracija kisika, zasićenje kisikom, KPK, BPK5. Od hranjivih tvari obrađeni su amonij i nitriti, od mikrobioloških pokazatelja ocjena kakvoće obavljena je prema ukupnim koliformnim bakterijama i broju aerobnih bakterija, te prema PB-indeksu saprobnosti.

Ocjena kavoće vode načinjena je za svaku godinu prema Uredbi o klasifikaciji voda i uputama za njezinu primjenu. Prema broju ispitivanja, mjerodavnu vrijednost za klasifikaciju svih pokazatelja dao je medijan, koji je izračunat pomoću računalnog programa «Excell 97».

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Analiza dekadnih komponenata vodne bilance za Slatinu

Upotrebom meteoroloških podataka za postaju Slatina za razdoblje 1981-2000. godina izračunate su desetodnevne (dekadne) prosječne komponente vodne bilance za navedeno razdoblje (Palmer, 1965; Eagleman, 1967; Pandžić et al., 2006). Prosječne dekadne temperature zraka su u rasponu od 0°C do 22°C. Srednja relativna vlažnost je oko 90% tijekom zime te oko 75% ljeti. Maksimalne količine oborine se pojavljuju u toplom dijelu godine što je odlika klime ovog područja. Maksimalna potencijalna evapotranspiracija i nešto manja stvarna evapotranspiracija je u srpnju, a minimalna u siječnju što je u skladu s temperaturom zraka. Gubitak vlage iz tla je najveći u proljeće 6, a procjeđivanje vlage u tlo u jesen. Otjecanje je najveće tijekom hladnog dijela godine kao i količina vlage u tlu. Konačno je promatran tzv. deficit vlage (količina oborine minus potencijalna evapotranspiracija) prikazan na slici 1. Pozitivne vrijednosti su u hladnom, a negativne u toplom dijelu godine iako su količine oborine veće u toplom dijelu godine. Razlog tome je povećana evapotranspiracija u toplom dijelu godine.



3.2. Referentna evapotranspiracija (ETo) i efektivne oborine

Rezultati referentne evapotranspiracije, oborina i efektivnih oborina prikazani su u tablici 1.

Mjesec1981-2000			
	ETo (mm/mj)	**Oborine (mm/mj)**	**Efekivne oborine (mm/mj)**
I	12.4	53.0	48.5
II	19.6	43.0	40.0
III	40.3	57.0	51.8
IV	66.0	65.0	58.2
V	102.3	81.0	70.5
VI	117.0	95.0	80.6
VII	133.3	73.0	64.5
VIII	117.8	72.0	63.7
IX	81.0	78.0	68.3
X	43.4	68.0	60.6
XI	21.0	75.0	66.0
XII	12.4	72.0	63.7
Godišnje	766.5 / * 617.4	832.0	736.4 / *405.8
Efektivne oborine izračunate su prema metodi USBR			

Analizirajući godišnje vrijednosti referentne evapotranspiracije i efektivnih oborina (Dastone, 1975) vidljivo je da je referentna evapotranspiracija bila viša od efektivnih oborina za 30,1 mm, dok je u vegetacijskom razdoblju ta razlika bila evidentnija i iznosila je 211,6 mm. Budući da je referentna evapotranspiracija veća od oborina postoji opravdana potreba za navodnjavanjem.

3.3. Bilanca vode u tlu

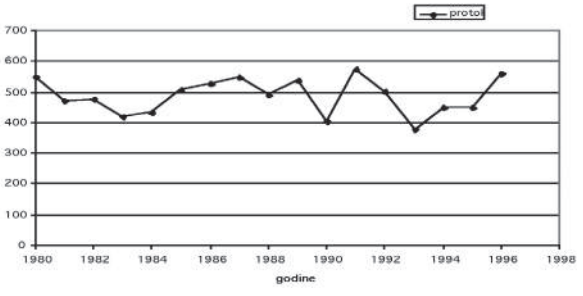
Rezultati bilance vode u tlu za pojedinu kulturu za prosječne oborine prikazani su u tablici 2.

Kultura	**Mjeseci**												**Σ (mm)**
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	
Duhan							40.3	0.9	9.9				51.1
Soja							35.0	41.8					76.8
Suncokret							39.7	46.9					86.6
Šećerna repa						19.3	60.9	55.3					135.5
Paprika							42.7	24.0	10.4				77.1

Iz tablice 2 razvidno je da je kod svih kultura u razdoblju istraživanja izračunat manjak vode u tlu. Na temelju navedenog može se zaključiti da su klimatske promjene u posljednjim godinama prouzročile povećanu potrebu kultura za vodom, a time i povećani manjak vode u tlu, odnosno potrebu osiguranja veće količine vode za navodnjavanje.

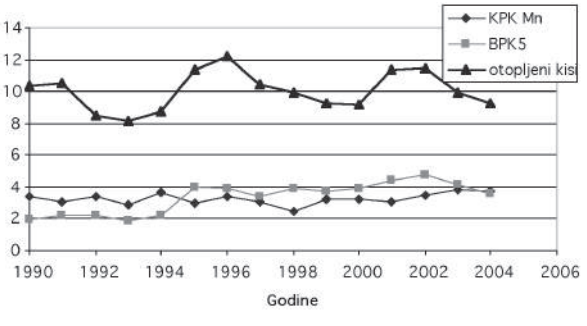
3.4. Kakvoća vode

Rijeka Drava na mjernoj postaji Terezino Polje ima ujednačeni protok izražen kao srednja vrijednost od 14 do 26 mjerenja godišnje. Najniži protok bio je u 1993. godini (381 m 3 /sec), a najviši 1991. godine (575 m 3 /sec)-slika 2.

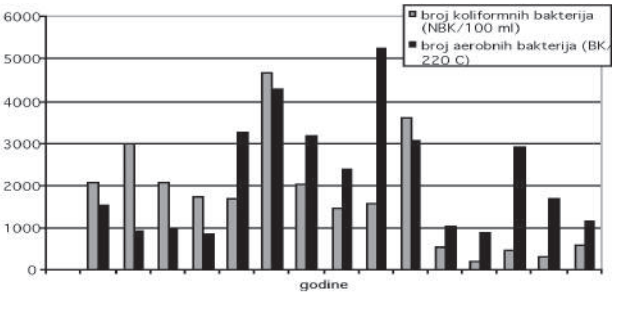


Po vrijednostima ispitivanih parametara može se također zaključiti da nema velikih oscilacija po godinama. U obradu su uzeti podaci od 1990 do 2004. godine od 14 do 26 podataka godišnje. Od brojnih parametara koji su uključeni u monitoring na toj vodomjernoj postaji prikazani su samo oni obvezni (režim kisika, hranjive tvari, biološki i mikrobiološki pokazatelji).

Vrijednosti KPK od 1990. do 2004. godine kretale su se od 2,89 do 3,79 mg O2/l, a BPK5 (mg O2/l) od 1,89 do 4,76 (slika 3). Otopljeni kisik se kretao od 8,12 do 12,2 mg/l i nikad nije bio ispod 7 mg/l što je granica za prvu vrstu vodotoka.



Od mikrobiloških parametara prikazane su vrijednosti koliformnih bakterija /l i broj aerobnih bakterija po mililitru kod 22 0C. Broj koliformnih bakterija po godinama izražen kao srednja vrijednost kretao se od 2040/l do 47020/l . Broj bakterija na agaru kod 22 0C. bio je od 857 do 5279/ml. (slika 4).



Prema Uredbi o kategorizaciji vodotoka rijeka Drava je kao i većina vodotoka svrstana u drugu vrstu.

U tablici 3. dat je prikaz ocjene kakvoće vodotoka od 1990 do 2004. godine prema Uredbi o klasifikaciji voda.

GODINA	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04
REŽIM KISIKA-ocjena po pojedinom pokazatelju otopljeni kisik															
(mg O2/l)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
zasićenje kisikom (%)	I	I	II	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
BPK5 (mg O2/l)	I	II	II	I	II	II	II	II	II	II	II	III	III	III	II
KPK-Mn (mg O2/l)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
REŽIM KISIKA-ocjena po skupini pokazatelja	I	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III	II	III	II
HRANJIVE TVARI-ocjena po pojedinom pokazatelju															
amonij (mg N/l)	II	II	I	II	II	II	II	II	I	I	II	I	II	II	II
nitriti (mg N/l)	II	II	I	I	II	II	II	II	II	I	II	III	II	II	II
Nitrati (mg/l)	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
HRANJIVE TVARI-ocjena po skupini pokazatelja	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI-ocjena po pojedinom pokazatelju broj koliformnih bakterija															
(NBK/100 ml)	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	II	II	II	III
broj aerobnih bakterija (BK/ml 22 oC)	II	I	II	II	II	I	II	II	II	II	II	I	II	II	II
MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI-ocjena po skupini pokazatelja	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	II	II	II	III
BIOLOŠKI POKAZATELJI ocjena po pojedinom pokazatelju															
P-B indeks saprobnosti	II	II	III	II	III	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
BIOLOŠKI POKAZATELJI-ocjena po skupini pokazatelja	II	II	III	II	III	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II

Klasifikacija vodotoka prema odabranim pokazateljima po režimu kisika je bila većinom u drugoj vrsti a samo jednom u prvoj (1990. godine) i dva puta u trećoj vrsti (2001. i 2003. godine). Po hranjivim tvarima je bila stalno u trećoj vrsti, a po mikrobiološkim pokazateljima treće vrste, osim tri puta kad je bila druge vrste. Biološki pokazatelji su bili stalno druge vrste, osim dva puta kad su bili treće vrste, što potvrđuju i istraživanja Marijanović Rajčić et al., (2003) i Šimunić et al., (2006). Rijeka Drava po prikazanim rezultatima nikad nije prelazila treću vrstu što znaći da je pogodna za navodnjavanje.

4. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata istraživanja bilance vode u tlu (u razdoblju 1981-2000) i kakvoće vode (u razdoblju 1990-2004) za navodnjavanje određenih kultura, može se zaključiti sljedeće:

1. Referentna evapotranspiracija bila je veća od efektivnih oborina za 30,1 mm, dok je u

vegetacijskom razdoblju ta razlika bila evidentnija i iznosila je 211,6 mm.

2. Kod svih je kultura u razdoblju istraživanja izračunat manjak vode u tlu, koji se kretao od najniže vrijednosti 51,1 mm (kod duhana) pa do najviše vrijednosti 135,5 mm (kod šećerne repe).

3. Prema Uredbi o kategorizaciji vodotoka rijeka Drava je svrstana u drugu vrstu.

4. Prema Uredbi o klasifikaciji voda, rijeka Drava nikad nije prelazila treću vrstu što znači da je pogodna za navodnjavanje.

5. Temeljem postojećih pogodnih tala za navodnjavanje, dovoljne količine vode i zadovoljavajuće kakvoće postoje realne pretpostavke za navodnjavanje a time i mogućnosti za veću i sigurniju poljoprivrednu proizvodnju.

5. LITERATURA

1. Dastone, N. G. (1975): Effective rainfall. FAO Irrigation and drainage paper, No. 25, Rome.
2. Eagleman, J.R., (1967): Pan evaporation, potential and actual evapotranspiration. J. Appl. Meteor., 6, 482-488.
3. Kos, Z. (2004): Hrvatska i navodnjavanje. Hrvatska vodoprivreda, 142: 30-41.
4. Marijanović Rajčić, M., Jakovčić, T., Vitale, K., Senta, A. (2003): Vremenske serije i klaster analiza u ocjeni kvalitete vode rijeke Drave. 3. Hrvatska konferencija o vodama. Zbornik radova, 351-592, Osijek.
5. Šimunić, I., Senta, A., Tomić, F. (2006): Potreba i mogućnost navodnjavanja poljoprivrednih kultura u sjevernom dijelu Republike Hrvatske. Agronomski glasnik. 1 ,13-31.
6. Palmer, C.W. (1965): Meteorological drought. Washington: U.S. Department of Commerece - Research Paper No. 45, 58 pp.
7. Pandžić, K., Šimunić, I., Tomić, F., Husnjak, S., Likso, T., Petošić, D. (2006): Comparison of three mathematical models for the estimation of 10-day drain discharge. Theor. Appl. Climatol., 85, 107-115.
8. Romić, D., Marušić, J., Tomić, F., i više autora (2005): Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u republici Hrvatskoj, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
9. Tomić, F., Romić, D., Mađar, S. (2007): Stanje i perspektive melioracijskih mjera u Hrvatskoj. Zbornik radova znanstvenog skupa: Melioracijske mjere u svrhu unapređenja ruralnog prostora. HAZU, Razred za prirodne znanosti i Razred za tehničke znanosti. ZagrebUređenje poljoprivrednih površina u Hrvatskoj, Hrvatske vode,1: 51-60.
10. Državni plan za zaštitu voda. NN 8/99
11. Izmjene i dopune zakona o vodama NN 150/05
12. Uredba o klasifikaciji voda NN 77/98
13. Zakon o vodama NN 107/95
14. Zakon o financiranju vodnog gospodarstva NN 150/05
15. Zaštita voda od onečišćenja u integralnom upravljanju vodama, hrvatska vodoprivreda, posebno izdanje, 2002

AUTORI:

Prof.dr.sc. Ivan Šimunić [1],
Prof.dr.sc. Stjepan Husnjak[1],
Dr.sc. Ankica Senta [2],
Dr.sc. Krešo Pandžić [3],
Prof.dr.sc. Franjo Tomić[1],
Mr.sc. Tanja Likso[3]

[1] Agronomski fakultet u Zagrebu
[2] Škola narodnog zdravlja «Andrija Štampar»
[3] Državni hidrometeorološki zavod

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.15.

HIDROPEDOLOŠKA KARTA VODNIH PODRUČJA PRIMORSKO-ISTARSKIH I DALMATINSKIH SLIVOVA

Željko Vidaček, Matko Bogunović, Stjepan Husnjak, Mario Sraka, Aleksandra Bensa

SAŽETAK: Ukupna bruto površina vodnih područja Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova je 2.453.979,0 ha, od čega ima šuma i travnjaka 1.728.671,0 ha, goleti i golih stijena 325.811,2 ha, obrađenog tla 375.505,1 ha. Veća naselja zauzimaju 11.618,2 ha, i vodene površine 12.372,8 ha.

Prema **načinu vlaženja** obrađenih automorfnih tala ima 341.002,0 ha, hidromorfnih 32.173,0 ha i hidromelioriranih 2.302,3 ha. Automorfna tla su ekscesivno, dobro i umjereno dobro drenirana. Hidromorfna tla mjestimično hidromeliorirana kanalima, su aluvijalnog, pseudoglejnog, pseudoglej-glejnog, hipoglejnog i epiglej-hipoglejnog načina vlaženja. Hidromeliorirani način vlaženja odnosi se na odvodnju cijevnom drenažom.

Melioracijske jedinice poljoprivrednog zemljišta, goleti i golih stijena prioriteta za osnovnu odvodnju manjeg intenziteta sa ili bez detaljne odvodnje zauzimaju 598,0 ha, prioriteta za osnovnu i detaljnu odvodnju većeg intenziteta 29.117,0 ha, prioriteta za suho gospodarenje i/ili natapanje do 500 m n.m. 725.908,2 ha, prioriteta za suho gospodarenje bez natapanja od 500 do 1.000 m n.m. je 254.389,1 ha, prioriteta za šume i travnjake preko 1.000 m n.m. 28.469,5 ha i prioriteta za pošumljavanje goleti preko 200 m n.m. te prioriteta za pošumljavanje sa ili bez nasada drvenastih kultura do 200 m n.m. 325.811,2 ha.

Godišnje otjecanje-procjeđivanje oborinske vode u obradivom tlu varira od 163,6 mm do 1.685,9 mm, a u neobradivom tlu od 114,4 mm do 1.438,8 mm. **Godišnji manjak korisne vode u tlu** u obradivom tlu varira od 35,4 mm do 809,0 mm, a u neobradivom tlu od 48,2 mm do 847,9 mm. Najniže vrijednosti **maksimalnog jednodnevnog koeficijenta otjecanja oborinske vode** (α) utvrđene su za pašnjake, livade i šume, a najviše za okopavine i žitarice.

KLJUČNE RIJEČI: hidropedologija, način vlaženja i režim vlažnosti tla, melioracijske jedinice, karte, GIS.

HYDROPEDOLOGICAL MAP OF DRAINAGE AREAS OF THE LITTORAL-ISTRIAN AND DALMATIAN RIVER BASINS

SUMMARY: The overall gross drainage area of the Littoral-Istrian and Dalmatian river basins is 2,453,979.0 ha, of which forests and grasslands cover 1,728,671.0 ha, outcrops and bare rocks 325,811.2 ha, cultivated soil 375,505.1 ha. Larger settlements occupy 11,618.2 ha, and water areas 12,372.8 ha.

According to the **moistening mode,** there are 341,002.0 ha of cultivated automorphic soils, 32,173.0 ha hydromorphic and 2,302.3 ha hydroameliorated soils. Automorphic soils are excessively, well or moderately well drained. Hydromorphic soils, canal-hydroameliorated in places, are of alluvial, pseudogley, pseudogley-gley, hypogley and epigley-hypogley moistening. Hydroameliorative mode of moistening refers to pipe drainage.

Priority **amelioration units** for low-intensity basic drainage with or without detailed drainage cover 598.0 ha, priority units for basic and detailed drainage of higher intensity 29,117.0 ha, priority units for dry farming and/or irrigation up to 500 m above sea level 725,908.2 ha, priority units for dry farming without irrigation from 500 to 1000 m a.s.l. 254,389.1 ha, priority units for forests and grasslands above 1000 m a.s.l. 28,469.5 ha, priority units for afforestation of outcrops above 200 m a.s.l. and priority units for afforestation with or without woody crops plantations to 200 m a.s.l. 325,811.2 ha.

Yearly deep percolation water surplus in cultivated soil vary from 163,6 mm to 1.685,9 mm, but in the noncultivated soil from 114,4 mm to 1.438,8 mm. **Yearly deficit of available water** in the cultivated soil vary from 35,4 mm to 809 mm, but in the noncultivated soil from 48,2 to 847,9 mm. The lower values of **maximal daily coefficient of precipitation runoff** (α) are for grassland and forest but the higher values are for row crop and cereals.

KEYWORDS: hydropedology, moistening mode and soil moisture regime, amelioration units, maps, GIS

UVOD

Hidropedološka karta vodnih područja primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova sastavni je dio znanstvenoistraživačkog projekta Hidropedološka karta Republike Hrvatske, mjerila 1:300.000 [6], [7].

Hidropedološka inventarizacija vodnih područja Primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova primjenom GIS-a uključuje osnovne pedološke i hidropedološke značajke, bilancu oborinske vode u tlu, koeficijent otjecanja oborinske vode i kartografski prikaz hidropedoloških jedinica načina vlaženja i režima vlažnosti tla za ukupni zemljišni fond, za obrađeno i neobrađeno tlo, odnosno melioracijske jedinice poljoprivrednog zemljišta, goleti i golih stijena ukupne bruto površine 1.364.293 ha.

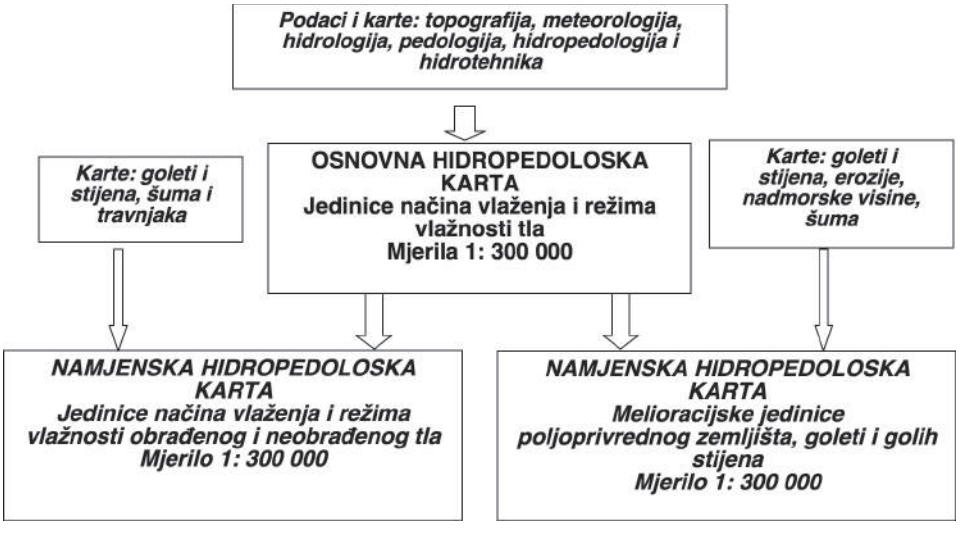
1. MATERIJALI I METODE

1.1. Materijali

Pedološki i hidropedološki podaci su iz dokumentacije Osnovne pedološke karte Hrvatske mjerila 1:50.000, te studija i elaborata idejnih i izvedbenih projekata detaljne odvodnje i agromelioracija. Utvrđeni **režim površinske i podzemne vode** je prema endomorfološkim znakovima hidrogenizacije-glejizacije i prema pjezometrijskim motrenjima u 42 različito raspoređena pjezometra. **Klimatski elementi** za izračun bilance oborinske vode u tlu su za meteorološke postaje Pazin, Pulu, Rijeku, Parg, Senj, Rab, Gospić, Zadar, Knin, Šibenik, Split, Hvar, Ploče, Makarsku i Dubrovnik.

1.2. Metode

Hidropedološke karte - Osnovna i namjenske karte za vodna područja primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova izrađene su u GIS tehnologiji korištenjem programskih paketa AutoCad, ArcInfo, ArcView i Access, te računalne opreme, slika 1.



Slika 1: Izvori podataka i metodika izrade Osnovne i namjenskih hidropedoloških karata vodnih područja primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova

Vjerojatnost pojava mjesečnih i maksimalnih dnevnih oborina izračunata je prema Hazen-u [1]. **Bilanca oborinske vode u tlu** izračunata je korištenjem mjesečnih oborina i referentne evapotranspiracije Penman-Monteith [2] i metodom Palmer-Vidaček, [3], [4], [5]. **Koeficijent otjecanja** α izračunat je iz odnosa efektivnih i ukupnih maksimalnih jednodnevnih oborina 25%-tne i 75%-tne vjerojatnosti pojava za područje reprezentativnih meteoroloških stanica. **Efektivne oborine** su prema metodi SCS - Soil Conservation Service [8].

2. REZULTATI

2.1. Hidropedološke jedinice načina vlaženja tla i režima vlažnosti tla

Automorfna ekscesivno drenirana tla su vlažena vrlo brzo procjednom oborinskom vodom s koeficijentom vodopropusnosti (K) preko 4,8 m/dan. Pripadajuće pedosistematske jedinice prema Osnovnoj pedološkoj karti Hrvatske mjerila 1:50.000 su kamenjar i plitka pjeskovita i/ili ilovasta tla - sirozem, koluvijalna, vapneno dolomitna crnica, rendzina i ranker, te duboka pjeskovita tla - koluvijalno, eutrično smeđe, kiselo smeđe i lesivirano. **Automorfna dobro drenirana tla** su vlažena brzo procjednom oborinskom vodom s K = 1,4 do 4,8 m/dan. Pripadajuće pedosistematske jedinice su duboka ilovasta tla - koluvijalna, eutrično smeđa, kiselo smeđa, smeđa na vapnencu i lesivirana, te plitka glinasta tla - sirozem, rendzina i ranker. **Automorfna umjereno dobro drenirana tla** su vlažena procjednom oborinskom vodom s K = 0,5 do 1,4 m/dan. Pripadajuće pedosistematske jedinice su duboka ilovasta i glinasta i/ili pseudooglejena tla - koluvijalna, vertisol, eutrično smeđa, kiselo smeđa, crvenica i lesivirana.

Hidromorfna aluvijalno plavljena tla vlažena su brzo procjednom i/ili procjednom površinskom vodom s K = 0,5-4,8 m/dan + plitkom 0,5-1,0 m ili srednje dubokom slobodnom podzemnom vodom 1,0-2,0 m maksimalne razine. Pripadajuća pedosistematska jedinica je aluvijalno oglejeno povremeno plavljeno. **Hidromorfna slabo pseudoglejna**

tla su vlažena sporo procjednom oborinskom vodom s K = 0,01-0,5 m/dan. Pripadajuća pedosistematska jedinica je pseudoglej obronačni. **Hidromorfna jako pseudoglejna tla** su vlažena sporo procjednom oborinskom vodom s K = 0,01-0,5 m/dan i stagnirajućom oborinskom vodom s K je manji od 0,01 m/dan. Pripadajuća pedosistematska jedinica je pseudoglej zaravni. **Hidromorfna pseudoglej-glejna tla** su vlažena sporo procjednom oborinskom vodom s K = 0,01-0,5 m/dan i stagnirajućom oborinskom vodom s K je manji od 0,01 m/dan + srednje dubokom podzemnom vodom 1,0-2,0 m maksimalne razine. Pripadajuća pedosistematska jedinica je pseudoglej-glej. **Hidromorfna srednje duboko hipoglejna tla** vlažena su procjednom površinskom vodom s K = 0,5-1,4 m/dan + srednje dubokom podzemnom vodom 1,0-2,0 m maksimalne razine. Pripadajuća pedosistematska jedinica je semiglejno tlo. **Hidromorfna vrlo plitko i plitko hipoglejna tla** su vlažena procjednom površinskom vodom s K = 0,5-1,4 m/dan + vrlo plitkom ili srednje dubokom podzemnom vodom 0-2,0 m maksimalne razine. Pripadajuće pedosistematske jedinice su močvarno glejno hipoglejno i halomorfna tla tog područja. **Hidromorfna epiglejna i srednje duboko hipoglejna tla** su vlažena sporo procjednom vodom s K = 0,01-0,5 m/dan i stagnirajućom površinskom vodom s K je manje od 0,01 m/dan + srednje dubokom podzemnom vodom 1,0-2,0 m maksimalne razine. Pripadajuća pedosistematska jedinica je močvarno glejno amfiglejno tlo. **Hidromorfna epiglejna i duboko hipoglejna tla** su vlažena sporo procjednom vodom s K= 0,01-0,5 m/dan i stagnirajućom površinskom vodom s K je manje od 0,01 m/dan + dubokom podzemnom vodom 2,0 m maksimalne razine. Pripadajuća pedosistematska jedinica je močvarno glejno epiglejno tlo.

Hidromeliorirana tla kanalima imaju djelomično regulirani režim vlažnosti izvornog hidromorfnog tla. **Hidromeliorirana tla cjevnom drenažom** imaju detaljno reguliran režim vlažnosti izvornog hidromorfnog tla.

2.2. Bilanca oborinske vode u tlu

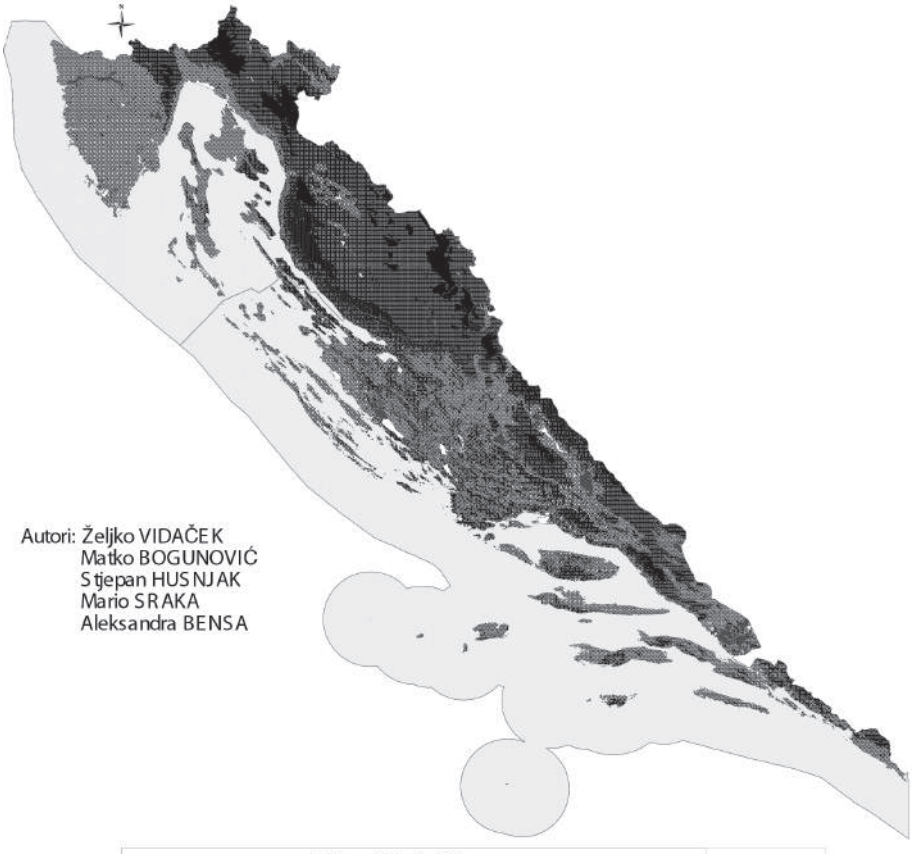
Komponente bilance oborinske vode u tlu, konkretno otjecanje viška vode iz tla i manjak korisne vode su za ilovasto tlo 0,5 m dubine.

Otjecanje viška vode iz tla kod 25%-tne vjerojatnosti pojava oborina je za meteorološke postaje od Pazina u Istri do Dubrovnika, zatim za obradivo i neobradivo tlo, za razdoblja vegetacije i van vegetacije, te godišnje količine otjecanja odnosno viška vode iz tla, tablica 1.

Godišnje otjecanje oborinske vode u obradivim tlima područja Istre, Primorja i Dalmacije varira od 163,6 mm na širem području Šibenika do 1685,9 mm na području meteorološke postaje Parg. U uvjetima neobrađenog tla - šuma i travnjaka, godišnje otjecanje oborinske vode je za područje meteorološke postaje Šibenik 114,4 mm, a za Parg 1438,8 mm. Na području meteoroloških postaja Pula, Šibenik, Split i Hvar otjecanje oborinske vode u tlu se javlja isključivo u van vegetacijskom razdoblju, bez obzira na način korištenja.

Manjak korisne vode u tlu kod 75%-tne vjerojatnosti pojava oborina je za meteorološke postaje od Pazina u Istri do Dubrovnika, zatim za obradivo i neobradivo tlo, za razdoblja vegetacije i van vegetacije, te godišnje količine manjka korisne vode u tlu, tablica 2.

Godišnji manjak korisne vode u obradivim tlima područja Istre, Primorja i Dalmacije varira od 35,4 mm na širem području Parga do 809,0 mm na području Splita. U neobrađenom tlu šuma i travnjaka, godišnji manjak korisne vode u tlu je za područje meteorološke postaje Parg 48,2 mm, a za Split 847,9 mm. Na području meteoroloških postaja Pazin, Rijeka, Parg i Gospić manjak korisne vode u tlu se javlja isključivo u vegetacijskom razdoblju, bez obzira na način korištenja.



Melioracijske jedinice		Ukupno ha
Broj	Naziv	
	Prioritet za osnovnu odvodnju manjeg intenziteta sa ili bez detaljne odvodnje	598,0
	Prioritet za osnovnu i detaljnu odvodnju većeg intenziteta	29 117,0
	Prioritet za suho gospodarenje ili/i natapanje do 500 m n.m.	725 908,2
	Prioritet za suho gospodarenje 500-1 000 m n.m.	254 389,1
	Prioritet za šume i travnjake > 1 000 m n.m.	28 469,5
	Prioritet za pošumljavanje goleti > 200 m n.m., te prioritet za pošumljavanje sa ili bez nasada drvenastih kultura do 200 m n.m.	325 811,2
UKUPNO		1 364 293,0
Šume		1 065 695,0
Naselja		11 618,2
Vodene površine		12 372,8
SVEUKUPNO		2 453 979,0

Slika 2: Namjenska hidropedološka karta vodnih područja primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova

2.3. Koeficijenti otjecanja oborinske vode

Maksimalni jednodnevni koeficijenti otjecanja oborinske vode za šire područje analiziranih meteoroloških postaje, tipove automorfnog načina vlaženja tla - ekscesivno, dobro i umjereno dobro drenirani, usjeve - okopavine, žitarice, pašnjake, livade i šume 25%-tne i 75%-tne vjerojatnosti pojava, rezultat su 168 pojedinačnih izračuna, tablica 3.

Najniže vrijednosti maksimalnih jednodnevnih koeficijenata otjecanja oborinske vode za automorfni način vlaženja tla, najčešće se javljaju na području meteoroloških postaja Pazin, Parg, Gospić, Zadar, Šibenik i Split, a najviše na području Ploča, Hvara i Dubrovnika. S obzirom na različitost vegetacijskog pokrova viši koeficijenti otjecanja su za okopavine i žitarice, a niži za pašnjake, livade i šume.

Dobiveni podaci imaju praktičnu primjenu i čine bazu podataka za hidrološke proračune na malim slivovima.

2.4. Melioracijske jedinice poljoprivrednog zemljišta

Melioracijske jedinice poljoprivrednog zemljišta prema pedološkim i hidropedološkim značajkama u prostoru, načinu i intenzitetu vlaženja tla površinskom i/ili slobodnom podzemnom vodom, te prema zastupljenosti goleti i stijena u našem kršu, upućuju na potrebu planiranja i izvođenja sustava za odvodnju i/ili dopunsko natapanje, agrotehničkih i proizvodnih programa za suho gospodarenje na oraničnim površinama i travnjacima, te na pošumljavanje, slika 2.

3. ZAKLJUČCI

Hidropedološkom inventarizacijom vodnih područja primorsko-istarskih i dalmatinskih slivova utvrđen je zemljišni fond automorfnih, hidromorfnih i hidromelioriranih tala prema načinu vlaženja referentnog sloja tla površinskom i/ili podzemnom vodom. Za poljoprivredno zemljište, goleti i gole stijene preporučene su prioritetne mjere uređenja, održivog korištenja i zaštite pošumljavanjem. Godišnja otjecanja - dubinsko procjeđivanje oborinske vode u tlu i maksimalni jednodnevni koeficijenti otjecanja oborinske vode, ukazuju na hidropedološke i hidrološke specifičnosti vodnih područja.

Tablica 1: Otjecanje viška vode iz tla kod 25%-tne vjerojatnosti pojava oborina

Meteorološka stanica	Način korištenja	Otjecanje, mm		
		U vegetaciji	Van vegetacije	Godišnje
Pazin	Obradivo	78,7	555,5	629,2
	Neobradivo	28,6	473,7	502,3
Pula	Obradivo	0,0	366,7	366,7
	Neobradivo	0,0	295,9	295,9
Rijeka	Obradivo	119,9	951,1	1071,0
	Neobradivo	63,7	825,7	889,4
Parg	Obradivo	493,8	1192,2	1685,9
	Neobradivo	385,9	1052,9	1438,8
Senj	Obradivo	17,9	507,5	525,4
	Neobradivo	1,4	397,4	398,8

Rab	Obradivo	68,2	520,2	588,4
	Neobradivo	31,8	436,7	468,5
Gospić	Obradivo	186,6	897,2	1038,8
	Neobradivo	122,8	788,0	910,8
Zadar	Obradivo	41,2	349,4	390,6
	Neobradivo	7,8	291,3	299,0
Knin	Obradivo	39,7	468,3	508,0
	Neobradivo	26,6	377,4	404,1
Šibenik	Obradivo	0,0	163,6	163,6
	Neobradivo	0,0	114,4	114,4
Split	Obradivo	0,0	171,4	171,4
	Neobradivo	0,0	115,6	115,6
Makarska	Obradivo	14,1	401,7	415,8
	Neobradivo	0,0	288,1	288,1
Hvar	Obradivo	0,0	266,4	266,4
	Neobradivo	0,0	201,4	201,4
Ploče	Obradivo	14,3	541,8	556,1
	Neobradivo	2,7	433,7	436,4
Dubrovnik	Obradivo	30,2	401,8	432,0
	Neobradivo	16,9	314,6	331,5

Tablica 2: Manjak korisne vode u tlu kod 75%-tne vjerojatnosti pojava oborina

		Manjak, mm		
Meteorološka stanica	**Način korištenja**	**U vegetaciji**	**Van vegetacije**	**Godišnje**
Pazin	Obradivo	263,1	0,0	263,1
	Neobradivo	295,1	0,0	295,1
Pula	Obradivo	465,4	13,5	478,9
	Neobradivo	490,2	18,2	508,4
Rijeka	Obradivo	211,5	0,0	211,5
	Neobradivo	252,9	0,0	252,9
Parg	Obradivo	35,4	0,0	35,4
	Neobradivo	48,2	0,0	48,2
Senj	Obradivo	420,3	4,1	424,4
	Neobradivo	461,9	12,0	473,9
Rab	Obradivo	446,0	10,2	456,1
	Neobradivo	474,2	18,6	492,8
Gospić	Obradivo	173,0	0,0	173,0
	Neobradivo	193,3	0,0	193,3
Zadar	Obradivo	487,6	22,5	510,0
	Neobradivo	509,7	27,0	536,6

Knin	Obradivo	356,5	11,6	368,1
	Neobradivo	388,0	19,6	407,6
Šibenik	Obradivo	525,3	61,5	586,8
	Neobradivo	544,6	72,9	617,5
Split	Obradivo	706,4	102,6	809,0
	Neobradivo	722,8	125,1	847,9
Makarska	Obradivo	685,0	88,3	773,2
	Neobradivo	704,5	102,3	806,8
Hvar	Obradivo	631,9	70,8	702,7
	Neobradivo	644,7	80,6	725,4
Ploče	Obradivo	605,3	12,4	617,7
	Neobradivo	624,9	21,8	646,8
Dubrovnik	Obradivo	557,2	23,9	581,0
	Neobradivo	577,5	38,9	616,3

Tablica 3: Mmaksimalni jednodnevni koeficijenti otjecanja oborinske vode

Način vlaženja klasa i tip	**Kulture**	**Vjerojatnost pojave**	**Maksimalni jednodnevni koeficijent otjecanja**	
			Najniži	**Najviši**
Automorfni ekscesivno drenirani	Okopavine	25%-tna	0,33	0,79
		75%-tna	0,11	0,61
	Žitarice	25%-tna	0,24	0,74
		75%-tna	0,05	0,53
	Pašnjaci	25%-tna	0,30	0,78
		75%-tna	0,09	0,59
	Livade	25%-tna	0,00	0,33
		75%-tna	0,00	0,19
	Šume	25%-tna	0,00	0,42
		75%-tna	0,00	0,23
Automorfni dobro drenirani	Okopavine	25%-tna	0,71	0,87
		75%-tna	0,27	0,75
	Žitarice	25%-tna	0,44	0,84
		75%-tna	0,20	0,69
	Pašnjaci	25%-tna	0,20	0,71
		75%-tna	0,03	0,49
	Livade	25%-tna	0,17	0,68
		75%-tna	0,02	0,45
	Šume	25%-tna	0,10	0,70
		75%-tna	0,00	0,48

Automorfni umjereno dobro drenirani	Okopavine	25%-tna	0,66	0,92
		75%-tna	0,44	0,84
	Žitarice	25%-tna	0,59	0,90
		75%-tna	0,36	0,80
	Pašnjaci	25%-tna	0,49	0,87
		75%-tna	0,25	0,73
	Livade	25%-tna	0,35	0,80
		75%-tna	0,12	0,63
	Šume	25%-tna	0,22	0,79
		75%-tna	0,06	0,61

LITERATURA

1. FAO, (1974): Effective rainfall, Irrigation and Drainage Paper, No. 25, Rome
2. FAO, (1992): Cropwat - computer program for irrigation planning and management, Irrigation and drainage Paper, No. 46, Rome
3. Vidaček Ž. (1981): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u Istočnoj Slavoniji i Baranji, disertacija, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu
4. Vidaček Ž., Bogunović M., Škorić A.(1991): Possibilities and results of calculation of water balance in soil, Zemljište i biljka, Vol.40, No. 1, 1-12, Beograd
5. Vidaček Ž., Tomić F., Romić D. (1993): Bilanca vode u tlu po metodi Palmer-a, Priručnik za hidrotehničke melioracije, II kolo, Navodnjavanje, knjiga 2, str. 165-174
6. Vidaček Ž., Bogunović M., Husnjak S., Sraka M., Bensa A. (2004): Hidropedološka karta Primorsko - istarskih i dalmatinskih slivova, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu
7. Vidaček Ž., Bogunović M., Husnjak S., Sraka M., Bensa A. (2004): Hidropedološka karta Republike Hrvatske, mj. 1:300.000, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu
8. x x x Priručnik za hidrotehničke melioracije, I. Kolo, Odvodnjavanje, knjiga 3, str. 67-70

AUTORI

Prof.dr.sc. Željko Vidaček, e-mail: vidacek@agr.hr

Prof.dr.sc. Matko Bogunović

Prof.dr.sc. Stjepan Husnjak

Dr.sc. Mario Sraka

Dr.sc. Aleksandra Bensa

Agronomski fakultet, Svetošimunska 25, Zagreb,

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.16.

ZASLANJIVANJE DONJE NERETVE - MONITORING I MODELIRANJE

Mijo Vranješ, Igor Ljubenkov, Hrvoje Gotovac, Roko Andričević

SAŽETAK: Posljednjih godina dolazi do intenzivnog zaslanjivanja područja donje Neretve zbog čega se plodno tlo uništava, a poljoprivredni prinosi se smanjuju. Potrebno je zaštiti ovo područje od prodora soli, pri čemu je neophodno provoditi istražne radove, mjerenja i monitoring. U radu je dan kratki prikaz provedenih mjerenja i stanja u dolini Neretve i najznačajniji rezultati numeričkih modela primijenjenih za simulaciju složenih hidrodinamičkih procesa.

KLJUČNE RIJEČI: Neretva, zaslanjivanje, monitoring, numerički model

SALT INTRUSION INTO THE LOWER NERETVA AREA - MONITORING AND MODELLING

ABSTRACT: There has been a significant salt water intrusion into the lower Neretva area in the recent ten years due to which the soil is being destroyed and the agricultural production reduced. The area needs protecting against the salt intrusion which requires carrying out of research works, mesaurements and monitoring. This study includes a short overview of the implemented measurements and the states in the Neretva valley. Furthermore, the most significant results of the numerical models applied in the simulation of the complex hydrodynamic processes have also been presented.

KEYWORDS: the Neretva River, salt intrusion, monitoring, numerical model

UVOD

Rijeka Neretva izvire i protječe većim dijelom kroz Bosnu i Hercegovinu, a u svom donjem toku (oko 22 km) teče kroz Republiku Hrvatsku te se ulijeva u Jadransko more. Sliv rijeke Neretve, ukupne površine oko 10.500 km2, predstavlja važno i kompleksno strateško, političko, gospodarsko i kulturno područje. Vodni resursi na slivnom području imaju višestruku namjenu, osobito za potrebe vodoopskrbe, industrije, dobivanja električne energije (hidroelektrane) u gornjem i srednjem toku, navodnjavanja poljoprivrednih kultura u donjem toku i dr.

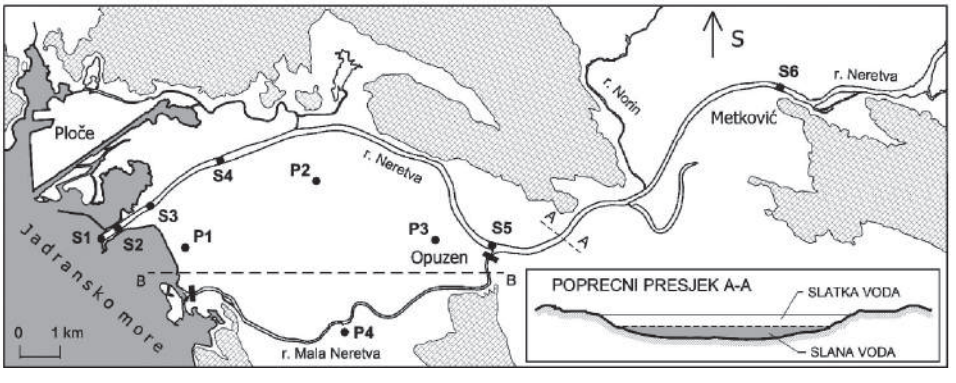
Poljoprivredni potencijali u području donjeg toka rijeke su izrazito veliki, pa veliki dio stanovništva u području donje Neretve upravo živi od te djelatnosti (Slika 1). Međutim u posljednje vrijeme evidentno je intenzivno zaslanjivanje ovog područja zbog čega dolazi do uništavanja plodnog tla i redukcije poljoprivrednih prinosa [11,12,16]. Da bi

se u potpunosti zaštitili i iskoristili navedeni potencijali, potrebno je zaštiti dolinu prije svega od prodora soli, ali spriječiti i druge negativne pojave kao što je npr. zagađenje podzemnih i površinskih voda. Upravljanje vodoprivrednim sustavom rijeke Neretve je vrlo složeno, za što je neophodno provoditi organizirano mjerenje (monitoring) svih fizikalnih parametara koji daju kvalitetan prikaz stanja na području [14]. Za uspješno provođenje obrane od zaslanjivanja potrebno je i razvijati numeričke modele za simulaciju složenih hidrodinamičkih procesa.

Do sada je objavljeno preko 500 različitih vrsta radova, elaborata i projekata vezanih za područje donje Neretve [17,18].

Na osnovi dosadašnjih istraživanja utvrđeno je da more prodire u riječno područje u dva dominantna smjera:

- kroz korito rijeke Neretve i
- priobalnim vodonosnicima kroz podzemlje.



Slika 1. Područje donje Neretve s mjernim mjestima

Detaljna i opsežna mjerenja u području donje Neretve provedena su u razdoblju od 1996. do 2004. godine [18]. Postavljene su osnove sustava motrenja i mjerenja zaslanjivanja, kako površinskih tokova tako i podzemnih voda u aluviju, te dane smjernice za daljnja istraživanja.

U ovom članku dan je kratki prikaz mjerenja zaslanjivanja u dolini Neretve, kao i najznačajniji rezultati matematičkih (numeričkih) modeliranja. Za simuliranje prodora slanog klina u koritu rijeke razvijen je numerički model uslojenog tečenja [7,10]. Kretanje morske vode u podzemlju (2-D) simulirano je programskim paketom SUTRA (Scientific Software Group).

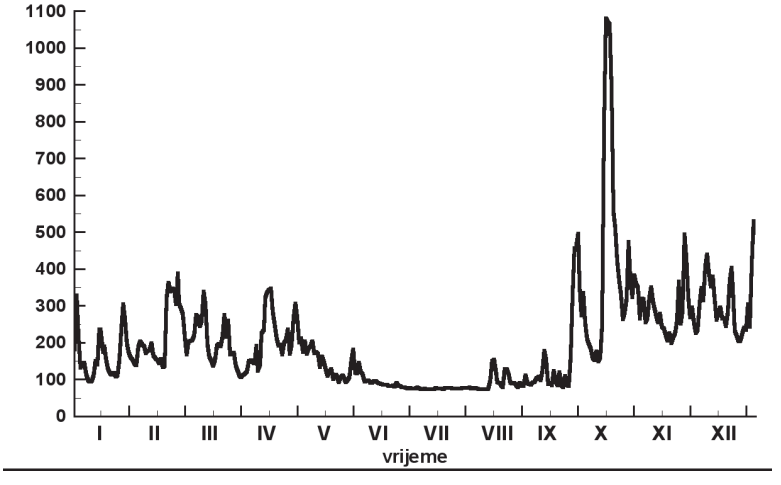
MONITORING

Mjerenja u koritu rijeke Neretve

Organizirana mjerenja slanosti provedena su višekratno svake godine u razdoblju od 1996. do 2004. godine [18], i to na šest mjesta duž korita rijeke Neretve, od ušća do Metkovića (Slika 1, mjerne točke S1 do S6). Minisondom Hydrolab mjereni su sljedeći parametri: temperatura, elektroprovodljivost, slanost, pH i otopljeni kisik, a hidrometrijskim krilom - brzine tečenja u rijeci Neretvi.

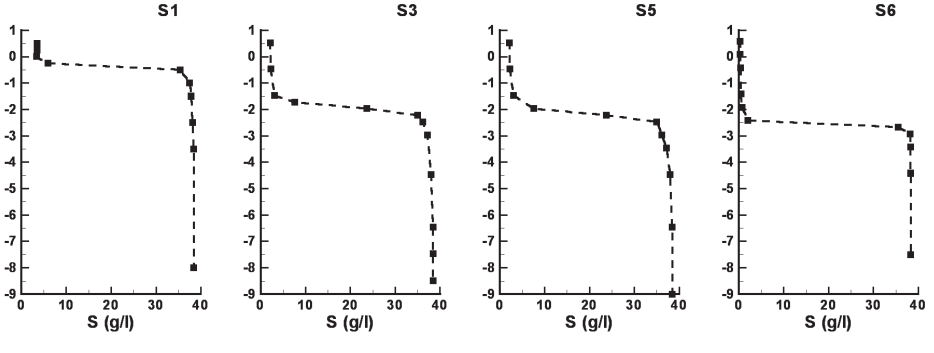
Mjerenja slanosti u koritu rijeke Neretve pokazuju da se radi o uslojenom tipu riječnog

ušća kod kojeg se javlja izrazita stratifikacija po dubini toka. U pridnenom sloju u većem dijelu godine formira se klin slane morske vode iznad kojega teče slatka voda. Slani klin pomiče se uzvodno ili nizvodno pod djelovanjem rubnih uvjeta, a to je dotok slatke vode s uzvodnog dijela sliva (dominantan utjecaj) te djelovanje morskih mijena na samome ušću. U ljetnom kritičnom razdoblju, kad su dotoci slatke vode najmanji klin slane vode ulazi u riječno korito gotovo sve do Gabele (oko 25 km od ušća). U kišnom razdoblju kod velikih dotoka slatke vode korito nije zaslanjeno, odnosno klin je u potpunosti potisnut izvan korita.



Slika 2. Protoci slatke vode u Metkoviću u 2002. godini

Na Slici 2. prikazan je godišnji protok slatke vode u Metkoviću. Generalno, u jesensko - zimsko - proljetnom razdoblju, protoci su vrlo promjenjivi i variraju od 70 do preko 1000 m^3/s. U ljetnom razdoblju protoci su najmanji, a iznose oko 70 m^3/s u trajanju od 1 do 2 mjeseca.



Slika 3. Karakteristični profili slanosti u ljetnom razdoblju duž korita rijeke Neretve

Na Slici 3. prikazani su karakteristični profili slanosti izmjereni u ljetnom razdoblju na četiri pozicije duž korita rijeke, od ušća do Metkovića. U površinskom sloju slanosti su vrlo male praktički zanemarive. U donjem sloju slanost odgovara morskim vrijednostima od oko 38 ‰. Tranzicijska zona između ova dva sloja u kojoj dolazi do naglog povećanja saliniteta je vrlo uska (oko 0,5 m). Na samome ušću (S1) slatka voda ističe u more u

površinskom sloju debljine oko 1 m. U Metkoviću (S6) površinski sloj slatke vode je debljine oko 3 m, a pridneni sloj morske vode oko 5 m.

Mjerenja u vodonosnicima

U drugoj polovici XX stoljeća izgrađen je veći broj bušotina i pijezometara na području donje Neretve. Na žalost, ukidanjem poduzeća PIK-Neretva i tijekom domovinskog rata gotovo sve bušotine su uništene te zatrpane. Danas se mjerenja podzemnih voda provode na 2 mjerne postaje (P2 i P3), koje su izgrađene u sklopu projekta [18]. Na preostale dvije lokacije (P1 i P4) pijezometri su postavljeni ali mjerenja se još ne provode (Slika 1.).

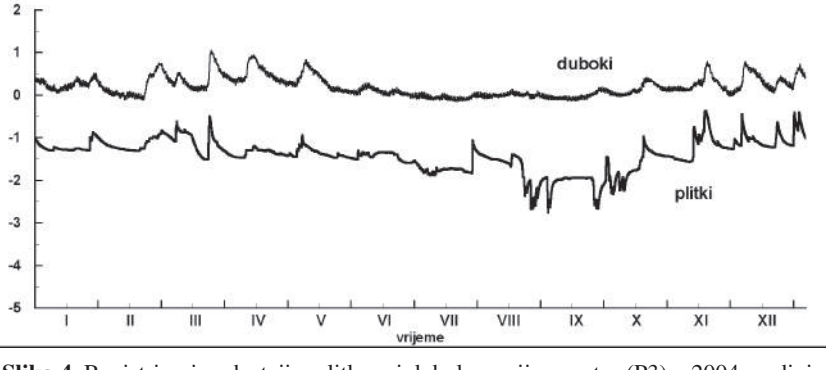
Dosadašnjim geološkim istraživanjima utvrđeno je da se na području donje Neretve nalaze po dubini tri osnovna vodonosna sloja i to:

- površinski, uglavnom pješčani, debljine 10 do 15 m,
- srednji slabopropusni glinovit sloj, debljine oko 20 m,
- duboki šljunčani vodonosnik.

Cijela aluvijalna dolina okružena je stijenskim okršenim masivom, koji se nalazi i ispod navedenih slojeva, na dubini od 80 do 120 m. Okršena vapneno dolomitna stijena isprekidana je s koncentriranim i privilegiranim tokovima, dominantnog SZ-JI smjera, ali i s poprečnim komunikacijama.

Postojeći pijezometri (od P1 do P4) imaju „plitku“ i „duboku“ cijev. „Plitka“ cijev prodire samo u površinski pješčani vodonosnik do sloja gline, a dulja cijev prodire kroz glinu u duboki šljunčani vodonosnik.

Na navedenim lokacijama provedena su brojna mjerenja razina podzemne vode i povremena mjerenja saliniteta. Na Slici 4. prikazani su registrirani vodostaji na pijezometru P3 tijekom 2004. godine.



Slika 4. Registrirani vodostaji u plitkom i dubokom pijezometru (P3) u 2004. godini

Mjerenjima je pokazano da su razine podzemne vode u dubljem sloju uvijek iznad razina u plićem. Dublji vodonosnici su pod arteškim stanjima koje određuje razina podzemne vode u okolnom okršenom masivu. U kišnom razdoblju oni su pod relativno velikim tlakom, dok su u sušnom razdoblju pod tlakom čija je linija neposredno iznad morske razine. Generalno, duboki vodonosni sloj ima dobru komunikaciju s morem, a razina podzemne vode s nešto manjim (prigušenim) amplitudama prati promjenu plime i oseke.

Za razliku od dubokih slojeva u sloju iznad gline naročito veliki utjecaj imaju odvodni

(melioracijski) kanali, koji trajno održavaju razinu vode nižu od kote terena.

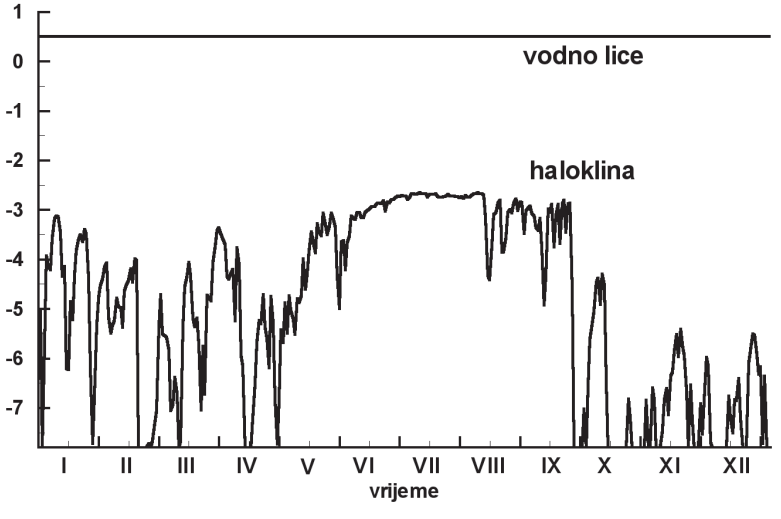
U sklopu istraživačkog projekta postavljena je i meteorološka stanica (uz P2) za praćenje i sakupljanje klimatskih parametara.

Ovakav započeti sustav mjerenja i motrenja otvara mogućnost kvalitetnog praćenja svih procesa. Međutim, sustav treba u sljedećim godinama razvijati, organizirati i opremiti svim neophodnim uređajima.

MODELIRANJE

Modeliranje površinskog toka

Za simulaciju dinamike slanog klina u koritu rijeke razvijen je i primijenjen nestacionaran numerički model uslojenog tečenja [10]. Pretpostavljeno je tečenje s oštrom granicom (haloklina, interface) između slojeva bez miješanja. Rubni uvjeti su protok slatke vode na uzvodnom kraju modela (Metković) i vodostaji na nizvodnom rubu (ušće), i to posebno za vodno lice i graničnu plohu slojeva. Najznačajniji rezultati modela prikazani su na Slikama 5. i 6.



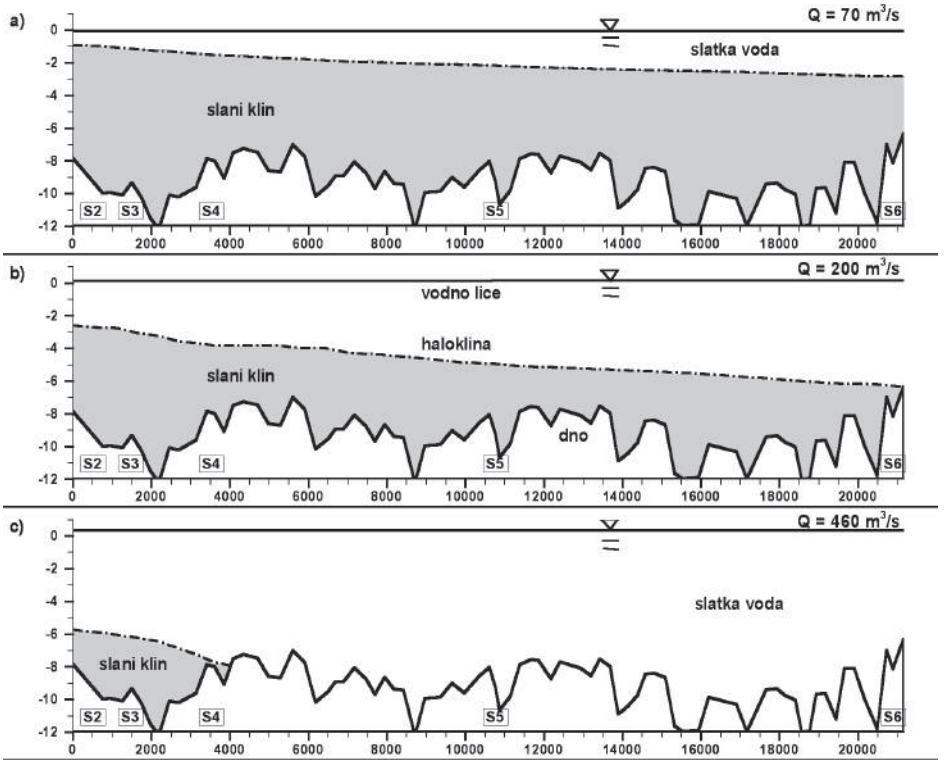
Slika 5. Promjena debljine slanog klina u Opuzenu u 2002. godini

Na Slici 5. prikazana je promjena debljine slanog klina (haloklina) u Opuzenu tijekom cijele godine. Položaj halokline prvenstveno ovisi o dotoku slatke vode (Slika 2.). U zimskom i jesenskom razdoblju klin povremeno iščezava. Tijekom ljeta slana morska voda nalazi se približno stalno na dubini od oko -3 m n.m u Opuzenu.

Karakteristični položaji slanog klina prikazani su na uzdužnom profilu rijeke Neretve na slici 6. Kod protoka slatke vode od 70 m^3/s, morska voda prodire duboko u korito rijeke, uzvodno od Metkovića, preko 22 km. Klin slane vode seže približno sve do Metkovića kod protoka od oko 200 m^3/s (Slika 6.b). Povećanjem dotoka slatke vode, klin se potiskuje nizvodno. Dužina slanog klina je oko 4 km, kod protoka od 460 m^3/s (Slika 6.c).

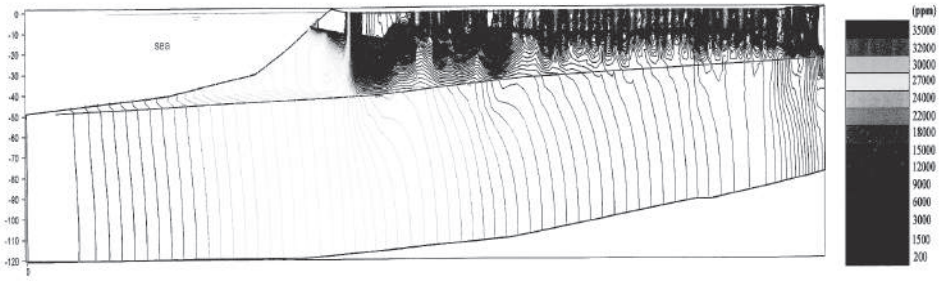
Modeliranje podzemnog tečenja

Kretanje soli u aluvijalnom vodonosniku ovisi o klimatskim, hidrološkim i hidrogeološkim uvjetima, ali i o korištenju melioracijskih sustava i sustava za navodnjavanje [1,3,4].



Slika 6. Karakteristična stanja slanog klina u koritu rijeke Neretve

Na Slici 7. prikazano je stanje zaslanjivanja vodnosnika (Slika 1., presjek B-B) modelirano pomoću softwarea SUTRA.



Slika 7. Simulacija zaslanjivanja vodonosnika

Nakon obilnih kiša aluvijalni vodonosnici se prihranjuju vodom iz okolnog okršenog masiva pri čemu slatka voda potiskuje slanu vodu prema moru i ovaj efekt je apsolutno pozitivan s aspekta obrane od soli. No, u sušnom razdoblju zbog smanjenja pijezometarske visine granična ploha između slatke i slane vode u podzemlju je „plića“, zbog čega se jedan dio krških kanala puni morem, istiskuje se postojeća slatka voda i kanali postaju izvor zaslanjenja.

U sušnom razdoblju izvor zaslanjena površinskog vodonosnika osim priobalnog mora je i klin slane vode u koritu rijeke.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Cilj ovog članka je bio da se prikažu osnovna mjerenja i predstavi aktualno stanje u području donje Neretve kao i problem zaslanjenja koji je nažalost sve više prisutan. Kompleksno hidrodinamičko i hidrogeološko stanje u području problem još više komplicira.

Dosadašnjim istraživanjem je pokazano da se zaslanjivanje melioracijskog područja odvija neposrednim kontaktom sa slanim izvorima, rijekom Neretvom i morem, te iz dubokih slanih vodonosnika.

Razvijeni i primijenjeni 1-D i 2-D numerički modeli pokazuju relativno dobre rezultate koji se mogu koristiti za rješavanje praktičnih zadaća. Međutim, za što uspješnije rješavanje hidrotehničkih zadaća u donjoj Neretvi potreban je daljnji monitoring, istražni radovi i korištenje 3-D numeričkih modela. Problem zaslanjivanja priobalnih područja je vrlo aktualan u svijetu, pa se razvojem numeričkih modela bave brojne znanstvene ustanove [2,5,6,8,13,15].

Dosadašnje analize pokazuju da bi u sušnom razdoblju bez navodnjavanja i sa smanjenim dotocima slatke vode sa uzvodnog dijela sliva došlo do potpunog zaslanjena doline donje Neretve. O tome treba voditi računa kod donošenja planova, te upravljanja i korištenja cjelokupnog vodoprivrednog sustava rijeke Neretve [9,18].

LITERATURA:

1. Bear, J., Cheng, A.H.D., Sorek, S., Quazar, D., Herrera, I. (1999): Seawater intrusions in coastal aquifers, Kluwer Publisher, Dordrecht
2. Coates M.J., Guo Y., The salt wedge position in a bar blocked estuary subject to pulsed inflows, Coastal and Shelf Science, 58, 187-196, 2003.
3. Dagan, G. (1984): Solute transport in heterogenous porous formation, J. Fluid Mech., 145, 151-177
4. Gotovac, H. (2005): Tečenje i pronos s promjenjivom gustoćom u vodonosnicima, Magistarski rad, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split
5. Haque, A., Berlamont, J. (1988): Modeling Density and Turbulence in Stratified Tidal Medium, Journal of Hydraulic Engineering, Vol.124, No. 2
6. Ibanez, C., Pont, D., Prat, N. (1997): Characterization of the Ebre and Rhone estuaries: A basis for defining and classifying salt-wedge estuaries, Limnol. Oceanogr. 42(1), 89-101
7. Jović, V. (1993): Uvod u inženjersko numeričko modeliranje, Aquarius, Split
8. Kurup, G.R., Hamilton, D.P., Patterson, J.C. (1998): Modelling the Effect of Seasonal Flow Variations on the Position of Salt Wedge in Microtidal Estuary, Esutarine, Coastal and Shelf Science, 48, 191-208
9. Ljubenkov, I. (1999): Idejno rješenje mobilne pregrade na rijeci Neretvi, Diplomski rad, Građevinski fakultet, Split
10. Ljubenkov, I. (2006): Numerički model uslojenog tečenja na ušću rijeke u more, Magistarski rad, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split
11. Romić, D., Tomić, F., Marušić, J., Klačić, Ž., Vranješ, M. (1999): Kakvoća i mogućnost upotrebe vode na navodnjavanje u dolini Neretve, 2. Hrvatska konferencija o vodama, 813-819, Dubrovnik
12. Romić, D., Vranješ, M., Ondrašek, G. (2003) Prodor morske vode i njen utjecaj na kakvoću površinskih voda u dolini Neretve, 3. Hrvatska konferencija o vodama, 443-449, Osijek
13. Sierra, J.P., Sanchez-Arcilla, A., Figueras, P.A., Gonzalez Del Rio, J., Rassnussen, E.K., Mosso,

C. (2004): Effects of Discharge Reductions on Salt Wedge Dynamics of the Ebro River, River Research and Applications, 20, 61-77

14. Turner, I. L., Acworth R. I. (2004) Field Measurements of Beachface Salinity Structure using Cross-Borehole Resistivity Imaging, Journal of Coastal Research, 20 753-760 West Palm Beach, Florida

15. Vieira, M.E.C., Bordalo, A.A. (2000): The Douro estuary (Portugal): a mesotidal salt wedge, Oceanologica Acta, 23, 585-594

16. Vidoš, D., Vranješ, M., Gereš, D., Romić, D. (1999): Navodnjavanje u području donje Neretve, 2. Hrvatska konferencija o vodama, 805-811, Dubrovnik

17. Vranješ, M. i sur. (1996): Vodnogospodarsko rješenje sliva donje Neretve, Građevinski fakultet Split

18. Vranješ, M. i sur. (2004): Zaštita od zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi, Razvojni projekt, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split

AUTORI:

prof. dr. sc. Mijo Vranješ, dipl. ing. građ. 1

mr. sc. Igor Ljubenkov, dipl. ing. građ. 2

mr. sc. Hrvoje Gotovac, dipl. ing. građ. 1

prof. dr. sc. Roko Andričević, dipl. ing. građ. 1

1 Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, Matice hrvatske 15

2 GRAD INVEST d.o.o., Split, Ivana pl. Zajca 18

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.17.

VODOGRAĐEVNI RADOVI U HRVATSKOJ OD 16. DO POLOVINE 18. STOLJEĆA

Branko Vujasinović

SAŽETAK: U radu se podsjeća na prve vodograđevne radove u Hrvatskoj od 16. do polovine 18. stoljeća koji su obavljani na obrani od poplave i uređenju rijeka Drave, Save i Kupe za plovidbu i prijevoz između Podunavlja i jadranskih luka. Ukazuje se na prve zakone o uređenju voda, na odluke Sabora koje se odnose na potrebne radove obrane od poplave, gradnji ili popravku nasipa te na uređenja rijeka za plovidbu kao i osobe koje te radove obavljaju.

KLJUČNE RIJEČI: vodograđevni radovi, uređenje rijeka, osobe u vodnom gospodarstvu, prvi radovi na Dravi, Savi i Kupi.

WATER FACILITY CONSTRUCTION WORKS IN CROATIA FROM THE 16TH CENTURY TO THE FIRST HALF OF THE 18TH CENTURY

SUMMARY: The paper recalls first water facility construction works carried out in Croatia in the period between the 16th century and the first half of the 18th century for the purpose of flood protection and regulation of the Drava, Sava, and Kupa rivers for navigation and transport between the Danube river basin and ports on the Adriatic Sea. The paper mentions first acts on water regulation, parliamentary decisions related to necessary flood protection works, construction or reconstruction of dikes, and regulation of rivers for navigation, as well as individuals performing these works.

KEYWORDS: water facility construction works, river regulation, individuals in water management, first works on the Drava, Sava, and Kupa Rivers.

1. Uvod

Četvrta hrvatska konferencija o vodama s naslovom “Hrvatske vode i europska unija” ima cilj obuhvatiti interdisciplinarna pitanja između korisnika voda i onih koji upravljaju vodama i vodnim resursima s druge strane.

Prilog ima namjeru podsjetiti da je Hrvatska i u prošlosti, od 16. stoljeća bila vezana uz Europu jer se nalazila u sastavu Habzburške monarhije. Na njenom području obavljali su se vodograđevni radovi zbog obavljanja plovidbe i prometa koji se ukrštao na ovim prostorima. Poznato je da se je u to vrijeme promet roba iz Podunavlja, Slavonije i Podravine u pravcu zapada obavljao Dunavom i Dravom a dalje putevima prema Ljubljani kao i obrnuto. Isto tako promet iz Podunavlja prema zapadu obavljao se rijekama Dunavom,

Savom i Kupom i od Karlovca putevima prema lukama Jadrana i dalje u Italiju, Francusku i zemlje Europe. Osim preko Karlovca promet prema zapadu obavljao se Savom uzvodno od Siska preko Rugvice i Zagreba do Ljubljane a dalje manjim plovilima ili putevima prema Trstu ili Austriji.

Iz tih razloga podsjeća se na vodograđevne radove kao i osobe koje su djelovale na području Hrvatske iza kojih je ostalo dosta zapisa o kojima se vrlo malo zna u široj stručnoj javnosti.

2. ULOGA PLOVNIH RIJEKA

Rijeka Sava se u povijesnim razdobljima koristila kao veza Istoka i Zapada u razmjeni dobara na ovim prostorima. Još u 12. stoljeću Zagreb je poznat kao prometno središte za trgovinu solju. Ima naznaka da se u 13. stoljeću kamena sol iz ugarskih solana u Marmarošu prevozila Tisom, Dunavom te Savom do Rugvice gdje se prodavala ili prekrcavala na manje lađe ili na kola i prevozila dalje.

O ulozi Save i drugih plovnih rijeka u vrijeme borbe s Osmanlijama ima dovoljno zapisa koji potvrđuju važnost rijeka u to vrijeme. Iz toga doba u vrijeme najžešćih napada Osmanlija na Hrvatsku ostao je zapis iz 1537. godine o poruci zastupnika Sabora kralju Ferdinandu u Graz koji traže gradnju lađa na Savi i pri tome poručuju "Tko će biti premoćniji na vodama-njegovo će biti kraljevstvo" što najbolje svjedoći o važnosti plovnih rijeka u tim ratnim vremenima. Nešto prije boja kod Siska lađama se Savom 1591. godine do sisačke utvrde otpremilo žito iz Zagreba a neposredno prije sisačke bitke iz Zagreba su 1592. godine lađama otpremljeni topovi niz Savu za obranu sisačke utvrde. Kako se iz povijesnih zapisa vidi, Sava kao plovna rijeka koristila se i u ratnim uvjetima.

3. POLOŽAJ HRVATSKE U 16. STOLJEĆU

Kada je 1. siječnja 1527. godine Sabor Hrvatske i Slavonije izabrao za kralja Ferdinanda I., Hrvatska i Slavonije kao dio Ugarske dolaze pod austrijsku vladarsku dinastiju Habzburga. U to vrijeme vodograđevni radovi u Europi postupno se izvode u čemu prednjači sjeverna Italija gdje se za plovidbu osposobljavaju veće rijeke i počinje gradnja plovnih kanala. U Hrvatskoj su, prema odluci Sabora, prvi radovi na uređenju rijeka obavljani gradnjom nasipa radi obrane od poplave još 1500. godine i to na području ispod Slavonskog Broda, dok su se radovi na uređenju rijeka za plovidbu počeli obavljati 1723. godine. U tom smislu treba vrednovati i početak djelovanja hrvatskoga vodnog gospodarstva od prvih početaka izvedbe radova na uređenju voda.

Prvi zakoni o uređenje voda na području Monarhije doneseni su u 16. stoljeću a rješavali su uređenje rijeka za plovidbu. Prvi zakon o uređenju rijeka donesen je u Ugarskom saboru kao Zakonski članak 21 iz 1569. godine a odnosio se na uklanjanje smetnji plovidbi na rijekama u što je bilo uključeno čišćenje i uređenje plovnih rijeka.

I dok je Europu zahvatila "kanalska groznica" i počela izgradnja plovnih kanala i uređenja rijeka, Hrvatska se nalazila u teškim ratnim uvjetima i krajem 16. stoljeća bila je svedena na "ostatke ostataka" te se nije moglo raditi na uređenju rijeka za plovidbu.

Unatoč ratnim uvjetima i tada se radilo na uređenju voda. Hrvatski sabor je na zasjedanju 4. siječnja 1570. godine izabrao komisiju kojoj je na čelu bio Ivan Fočić radi nalaženja mogućnost sprječavanja poplava Save u Turopolju. Potom su kmetovi turopoljski zatvorili područje gradnjom nasipa uz Savu. Prema tom zapisu Sabora Ivan Fočić je među prvim osobama u 16. stoljeću zapisan u analima vodnog gospodarstva.

4. VODOGRAĐEVNI RADOVI OD 17. DO PRVE POLOVINE 18. STOLJEĆA

U 17. stoljeću Ugarski i Hrvatski sabor doneli su više Zakonskih članaka koji su se odnosili na uređenje rijeka. U zaključcima Sabora iz 1633. i 1634. godine donesene su odluke o radovima na Dravi kod Varaždina, slijedi odluka iz 1642. godine o radovima na održavanju i gradnji nasipa uz Savu, slijede odluke iz 1649., 1654. i 1678. godine o gradnji nasipa uz Dravu kod Varaždina, odluka iz 1656. godine o gradnji nasipa uz Savu kod Podsuseda, odluka iz 1666. godine o gradnji nasipa uz Savu oko Zagreba, odluka iz 1685. godine o gradnji nasipa uz Savu kod Dubrovčaka te odluka iz 1688. godine o gradnji nasipa uz Savu kod Brdovca te iz 1698. godine o podizanju nasipa uz Dravu kod Varaždina i iste godine o gradnji nasipa uz Savu, Dravu i Kupu.

Tek po završetku bečkog rata (1683.-1699.) i teritorijalnih promjena kada je veći dio područja vraćen Hrvatskoj, otvorene su i nove mogućnosti obnove gospodarstva. Hrvatska je tada dobila značajan geoekonomski položaj jer su preko njezina prostora trebali biti ostvareni novi prometni pravci na ovom dijelu Europe pošto se nalazila u stjecištu riječnih, cestovnih i pomorskih putova koji su trebali povezati šire područje od Alpa i središnje Europe do Podunavlja i Jadranskog mora. Iz tih razloga Hrvatska je početkom 18. stoljeća postala središtem zanimanja Dvora i bečkih krugova radi poboljšanja i uređenja prometnica, posebno otvorenjem plovnog puta Dunavom, Savom i Kupom te dalje izgradnjom nove ceste iz unutrašnjosti do mora. Gradnja ceste Karoline od Karlovca do Rijeke počela je 1726. godine i predana prometu 1738. godine čime je bila ostvarena prometna veza unutrašnjosti s Jadranom. Cestu je planirao i izgradio vojni inženjer Matija Anton Weiss (*?-1738.?). Kao stručnjak nadležan za gradnju javnih objekata u Hrvatskoj, među prvima radio je na i uređenju Save i Kupe za odvijanje plovidbe ovim rijekama.

Početkom 18. stoljeća donešene su odluke o uređenju voda. Na zasjedanju Sabora 28. veljače 1703. godine imenovani su vicekolonel Sigismund Domijanić i protonotar Georg Plemić te im je povjerena izgradnja i popravak nasipa na Savi. Zaključcima Sabora iz 1723. godine izdana je naredba o čišćenju Drave za poboljšanje plovidbe. U to vrijeme i u Ugarskom saboru doneseno je više zakona o uređenju rijeka za plovidbu i to Zakonski članak 15. i Zakonski članak 22. iz 1723. godine u kojima se predviđala i gradnja plovnih kanala u kojima je Monarhija zaostajala. U razdoblju između 1729. i 1735. godine inženjeri Ernest Wenzel Durchlasser, Friedrich Conrad Renner i Abraham Kaltschmidt vrše radove na izmjeri Save od izvora do ušća kada je izrađena prva hidrografska karta cijelog toka Save.

U to vrijeme poznati su i planovi za melioracije kada je mletački inženjer Vecchione 1732. godine izradio projekt za odvodnju Vranske doline u Dalmaciji. Negdje u to vrijeme je i mjernik Franz Anton von Steinberg (1684.-1765.) 1733. godine izradio planove o spajanju Save s Jadranom, što je i prvi prijedlog plovnog kanala između Save i Jadrana.

Na Sabora u Zagrebu 16. svibnja 1735. godine raspravljano je o nacrtu inženjera Neuczera i prijedlogu o uređenju rijeke Save. Komisija s Neuczerom na čelu pregledala je Savu i u izvještaju predložila kako Savu osposobiti za plovidbu. Tada je u Sisak stiglo 30 lađa sa žitom te se pripremao prijevoz do Brežica. A u to vrijeme je i profesor na Sveučilištu u Padovi Giovanni Poleni izradio 1738. godine prvi projekt uređenja rijeke Mirne.

Jedan od važnijih zakona za uređenje rijeka za plovidbu u vrijeme Marije Terezije bio je Zakonski članak 14. iz 1751. godine o mjerama za stalno održavanje plovidbe plovnim rijekama iza čega se počelo više raditi na uređenju rijeka i planovima za gradnju plovnih kanala. Na mjesto dvorskog savjetnika u Tršćanskoj intendanci postavljen je 1752. godine Franz Anton pl. Raab (1722.-1783.) koji je dobio nalog da ispita sve prometne mogućnosti bržeg prijevoza žita od Podunavlja do mora Dunavom, Savom i Kupom i dalje do luka Jadrana umjesto dotadašnjeg obilaznog puta preko Ljubljane do Trsta.

I podmaršal grof Serbelloni ispitivao je mogućnost poboljšanja plovidbe rijekama

Dunavom i Savom skraćenjem vodnog puta od Podunavlja do mora. Na osnovi jedne ideje iz 1737. godine, izradio je 1753. godine plan spajanja vodotoka Vuke, Ervenice, Bosuta i Biđa izvedbom plovnog kanala spajanjem sa Savom ispod brodskog vojnog komuniteta. Ideju je prihvatilo Ugarsko povlašteno brodarsko društvo ali su realizaciju odgodile ratne prijetnje s desne obale Save koja je pod Otomanskom vlasti.

U vrijeme ovih inicijativa za bolji promet i prijevoza žita iz Podunavlja do mora, talijanski inženjer i brodograditelj Giuseppe Gianelli u Hrvatskoj je proučavao probleme plovidbe. Poslije pregleda rijeke Kupe i prijevoza plovnim putem i dalje cestom do Rijeke, izradio je 1755. godine prve planove i nacrte za uređenje Kupe i predložio neophodne radove za njezino osposobljenje za bolju plovidbu.

U to vrijeme obavljaju se i mjere protiv poplava. Na sjednici Sabora od 12. svibnja 1757. godine izabrani su dominus cathedralis Gall, Georgiuss Dragovanich i Franciscus Kussevich, koji su trebali izraditi nacrte o sprječavanju prodora rijeke Save kod Lučkog kraj Zagreba. Iz iste godine je i odluka o dovršenju nasipa uz Savu kod Kosnice. Odlukom Sabora od 5. svibnja 1758. godine određen je Josip Zaversky za popravak nasipa Save kod Mičevca ispod Zagreba i popravak obala potoka Cirkvenšćaka na granici Kaptola i Gradeca.

Naredbom Dvorske trgovačke komore Theodor Schley radio je na razvoju prometa između unutrašnjosti i mora te predlagao mjere za uređenje rijeka. Ispitivao je pogodniji prometni pravac te je 1756. godine prošao područje do Karlovca, pregledao ceste i plovne rijeke s nadzornikom Gastlom. Nakon pregleda u izvještaju iz listopada 1757. godine upozorio je na probleme na putu te predložio gradnju skladišta za žito u Sisku i u Karlovcu i zalagao se za davanje prednosti plovnom putu Kupom. Ponovo se 1758. godine uputio na plovidbu od Zemuna do Siska i dalje Kupom do Karlovca te cestom do Rijeke i Trsta. Na osnovi izvještaja iste godine, odlučeno je da se Sava do Siska i Kupa do Karlovca trebaju urediti radi vuče lađa uzvodno kopitnicama, koje je trebalo izgraditi. U izvještaju iz ožujka 1759. godine o razvoju prometa do Rijeke upozorio je na prednost ceste Karoline u odnosu na obilazni put preko Ljubljane i Kranjske do Trsta. Njegova procjena bila je da Kupom uzvodno i nizvodno godišnje plovi oko 1000 različitih plovnih objekata, od koraba do većih lađa. Prema njegovom planu trebala su se izgraditi nova skladišta za žito u Karlovcu i u Sisku. Glavna teškoća za realizaciju radova bili su Turci na desnoj obali, koje nije interesiralo uređenje rijeka.

Nova komisija u listopadu 1759. godine u kojoj su savjetnik Franz Anton Raab, kapetan Theodor Schley, mjernik isusovac Ivan Stipanović, sudac Ivan Bužan i predstavnik vojne oblasti J. M. Mayer pregledala je rijeke Savu i Kupu. U izvještaju sastavljenom u Jasenovcu 11. listopada 1759. godine navode radove koje treba izvesti na Savi i Kupi, a opisuje i ostale probleme koji se moraju riješiti. Ustanovili su da između Karlovca i Rijeke ima samo 170 kola za prijevoz žita, što nije dovoljno za potrebne količine koje su stizale do Karlovca. Izvještaj je bio je razlog nalogu o početku radova na uređenju Kupe za plovidbu. Radovi na Kupi počeli su u siječnju 1760. godine i to su bili prvi sustavni radovi uređenja Kupe radi kraćeg plovnog puta do mora: Ove radove je od 1762. godine vodio izvedbu inženjer vodogradnji Maksimilijan Fremaut, od kada se je postupno počela obavljati i plovidba nakon čega je 1771. godine osnovano Ravnateljstvo za plovidbu koje je upravljalo prometom po rijekama.

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazano stanje i uloga plovnih rijeka u Hrvatskoj u prometnom spajanju Istoka i Zapada na ovim prostorima u prošlosti. Postoje brojni povijesni zapisi o popravcima ili izgradnji nasipa za obranu od poplave, o uređenju rijeka kako bi se osposobile za plovidbu i

postale glavne prometnice prije izgradnje tvrdih cesta. U tom smislu povijesna je činjenica da su hrvatske rijeke Drava, Sava i Kupa od 18 stoljeća bile poveznice europskog prostora jer je u to vrijeme Habzburška Monarhija jedna od glavnih europskih država.

IZVORI I LITERATURA:

1. Vaniček F. (1875): Specialgeschichte der Militärgrenze aus Originalquellen und Quellenwerken geschöpft, Wien, band II., s 644, band IV, s 304.
2. Lapaine V. (1896): Stare i nove vodograđevine u Hrvatskoj i Slavoniji, Zagreb.
3. Tkalčić I. K. (1909): O staroj zagrebačkoj trgovini, Rad JAZU, knjiga 176, Zagreb.
4. Laszowski E. (1923): Projekt kanala od Dunava do Save, Hrvatski list, br. 79, Zagreb.
5. Zaključci Hrvatskog sabora (1958), svezak I. (1631.-1693.), Zagreb
6. Slovenski biografski leksikon (1960-1971), sv. 3, Ljubljana, s 460-461.
7. Karaman I. (1964): Djelatnost trgovinske gospodarske komisije Hrvatskog kraljevinskog vijeća, Historijski zbornik, br. 17, Zagreb.
8. Tkalac K. (1973): Sava kao plovni put u 18. i 19. stoljeću, JAZU-Radovi centra u Vinkovcima, Zagreb.
9. Petrović N. (1978): Plovidba i privreda srednjeg Podunavlja u doba merkantilizma, Beograd, s 30-31.
10. Herkov Z. (1979): Gradnja ratnih brodova u Kraljevici 1764.-1767., Historijski arhiv Pazin i Rijeka, knjiga 6, Pazin-Rijeka, s. 25, 130.
11. Hrvatske kraljevinske konferencije (1985), svezak I (1689.-1716.), Zagreb, s 206.
12. Herkov Z. (1987): Povijest zagrebačke trgovine, Građa za gospodarsku povijest Hrvatske, JAZU, knjiga 21, Zagreb, s 118.
13. Hrvatske kraljevinske konferencije (1988), svezak 3, (1728.-1741), Zagreb
14. Klaić V. (1988): Povijest Hrvata, knjiga V, Zagreb, s. 27.
15. Thieme und Becker (1992): Allgemeines Lexikon der bildenden Künstler von der Antike bis zur Gegenwart, band 35, Leipzig, s. 334.
16. Hrvatske kraljevinske konferencije (1992), svezak 4, (1742-1792), Zagreb
17. Vujasinović B. (1996): Prvi radovi na uređenju Drave u prošlosti, Građevinar, br. 11, Zagreb, s. 752-753.
18. Krmpotić Lj. (1997): Izvještaji o utvrđivanju granica Hrvatskog kraljevstva od 16. do 18. stoljeća, Hannover-Karlobag-Čakovec.
19. Vujasinović B. (1999): Radovi na uređenju Kupe za plovidbu do kraja 18. stoljeća, Hrvatske vode, Zagreb, br. 29, s. 433-441.
20 Vujasinović B. (2000a): Radovi na uređenju voda u Hrvatskoj u 17. stoljeću, Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, br. 96, s. 63.
21. Vujasinović B. (2000b): Uređenje voda, gradnja plovnih kanala-propisi do kraja 18. stoljeća, Hrvatske vode, Zagreb, br. 32, s 273-282,
22. Slukan M. (2001): Hidrografske karte rijeka kao izvori za proučavanje dinamike hidrografskih odnosa, Hrvatske vode, br. 34, Zagreb, s. 21.
23. Vujasinović B. (2001a): Plovidba Savom pored Zagreba u prošlosti, Hrvatske vode, Zagreb, br. 37, s. 477-485.

24. Vujasinović B. (2001b): Prvi radovi na uređenju Vranske doline u Dalmaciji, Hrvatska vodoprivreda, br. 105-106, Zagreb, s 72-73).

25. Kos Z. (2001): Vodoprivreda gornjeg Jadrana‡povijest razvoja vodnog graditeljstva na vodnom području Primorsko-istarskih slivova, Rijeka, s 43.

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 4.18.

UTJECAJ GNOJIDBE I BILJNOG POKROVA NA GUBITAK DUŠIKA VODOM IZ TLA

Željka Zgorelec, Milan Mesić, Ferdo Bašić, Ivica Kisić, Anđelko Butorac, Ivan Gašpar

SAŽETAK: U ovom radu prikazane su količine dušika koje se gube iz tla vodom iz drenskih cijevi. Određeni su gubici amonijskog i nitratnog oblika dušika u ovisnosti o različitom intenzitetu gnojidbe dušikom te prisutnosti i odsutnosti biljnog pokrova. Istraživanja su provedena na dreniranom pseudoglejnom tlu središnje Hrvatske i uključuju 4 razdoblja u 1998./1999. i 2003./2004. od čega dva za vrijeme aktivne vegetacije kukuruza (*Zea mays*) i dva u razdoblju bez biljnog pokrova. Za potrebe proračuna ukupnog gubitka dušika s vodom iz tla određene su masene koncentracije amonijskog i nitratnog oblika dušika u drenskoj vodi i udjeli u tlu te mjerene oborine i drenski istek. Rezultati pokazuju znatnije gubitke nitratnog oblika dušika u vrijeme odsustva biljnog pokrova. U razdobljima kada je na pokusu bio kukuruz (2 i 4) zabilježeni su najmanji gubici, a vrijednosti su se kretale od 1,81-16,02 kg NO_3-N/ha ovisno o količinama primijenjenog gnojiva, dok su se za razdoblja kada na pokusu nije bilo usjeva (1 i 3) te vrijednosti kretale od 8,46-57,65 kg NO_3-N/ha. Primijećene su znatne razlike u količini nitratnog dušika koji se prema varijantama pokusa odnosi vodom iz drenskih cijevi i zapažena je znatna korelacija s količinom apliciranog mineralnog dušika, količinom oborina i drenskim istekom. Najveći gubitak nitratnog dušika s vodom iz tla zabilježen je u razdoblju 1 na varijanti 7 (250 kg N/ha) i iznosio je 57,65 kg NO_3-N/ha, a najmanji u razdoblju 2 na varijanti 2 (0 kg N/ha) od 1,81 kg NO_3-N/ha. Rezultati pokazuju da su gubici amonijskog oblika dušika nešto veći u vrijeme odsustva nego u vrijeme vegetacije. U razdobljima 2 i 4 zabilježeni su najmanji gubici, a vrijednosti su se kretale od 0,02-0,14 kg NH_4-N/ha ovisno o količinama primijenjenog gnojiva, dok su se za razdoblja 1 i 3 vrijednosti kretale od 0,13-0,97 kg NH_4-N/ha. Primijećene su male razlike u količini amonijskog dušika koji se prema varijantama pokusa odnosi vodom iz drenskih cijevi i zapažena je slaba korelacija s količinom apliciranog mineralnog dušika, a nešto veća s količinom oborina i drenskim istekom. Najmanji gubitak amonijskog dušika s vodom iz tla zabilježen je u razdoblju 2 na varijanti 5 (200 kg N/ha) i 10 (0 kg N/ha) i iznosio je 0,02 kg NH_4-N/ha, a najveći u razdoblju 1 na varijanti 4 (150 kg N/ha) od 0,97 kg NH_4-N/ha. U odnosu na gubitke nitratnog oblika dušika gubici amonijskog oblika dušika znatno su manji i doprinose svega 1,1-1,7%. Tako je i najmanji zabilježeni gubitak nitratnog dušika s vodom iz tla od 1,81 kg NO_3-N/ha dvostruko veći od najvećeg zabilježenog gubitka amonijskog dušika od 0,97 kg NH_4-N/ha.

KLJUČNE RIJEČI: drenska voda, dušik, gnojidba, gubici, kukuruz

INFLUENCE OF PLANT COVER AND FERTILIZATION ON NITROGEN LOSSES FROM SOIL THROUGH DRAINPIPE WATER

ABSTRACT: This paper presents results of nitrogen losses from soil through drainpipe water. Influence of different nitrogen fertilization and plant cover on ammonium and nitrate nitrogen losses have been determined. The experiment has been done on drained pseudogley soil in central Croatia during 4 investigation periods in 1998/1999 and 2003/2004, two periods during the corn (*Zea mays*) vegetation and two without plant cover. For total nitrogen losses calculation, concentrations of ammonium and nitrates in drainage water and soil, amount of precipitation and amount of outlet from drainpipe (drainage discharge) have been measured. Results show significantly higher losses of nitrate nitrogen in periods of crop absence then in crop presence. In vegetation periods (2 and 4) nitrate nitrogen losses range was 1.81-16.02 kg NO_3-N/ha depending on nitrogen application rates. In crop absence periods (1 and 3) nitrate nitrogen losses range was 8.46-57.65 kg NO_3-N/ha. High difference and correlation of nitrogen losses has been noted depending on different fertilization level, amount of precipitation and outlet from drainpipe. The highest losses have been noted in period 1 on treatment 7 (250 kg N/ha applied) 57.65 kg NO_3-N/ha, and the lowest in period 2 on treatment 2 (no nitrogen applied) 1.81 kg NO_3-N/ha. Results show slightly higher losses of ammonium nitrogen in crop absence period. In vegetation periods ammonium nitrogen losses range was 0.02-0.14 kg NH_4-N/ha depending on nitrogen application rates. In crop absence periods ammonium nitrogen losses range were 0.13-0.97 kg NH_4-N/ha. Slight difference and correlation of ammonium nitrogen losses has been noted depending on different fertilization level, and somewhat higher to amount of precipitation and outlet from drainpipe. The lowest losses have been noted in period 2 on treatment 5 (200 kg N/ha applied) and treatment 10 (no nitrogen applied) 0.02 kg NH_4^+-N/ha, and the highest in period 1 on treatment 4 (150 kg N/ha applied) 0.97 kg NH_4^+-N/ha. Compared to nitrate nitrogen losses ammonium nitrogen losses were significantly lower and contributed with only 1.1-1.7%. Further, minimal note nitrogen losses (1.81 kg NO_3-N/ha) have been still two times higher than maximal note ammonium losses (0.97 kg NH_4-N/ha).

KEY WORDS: drainage water, fertilizer, loss, maize (corn), nitrogen

UVOD

Raspored i intenzitet oborina, fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, te faza razvitka usjeva i evapotranspiracija presudno utječu na ispiranje dušika iz tla. Ispiranje nitratnog i amonijskog dušika iz tla ovisi o količini NO_3^- i NH_4^+ u tlu i količini vode koja se procjeđuje kroz masu tla. Svi biljno uzgojni zahvati, uključujući i gnojidbu, moraju osigurati dovoljne količine dušika za različite usjeve, pri čemu se postavlja uvjet da se smanji mogućnost za gubitke dušika ispiranjem. Ukupni gubici dušika mogu se razmjerno dobro pratiti na dreniranim površinama, pri čemu se prati drenski istek, te koncentracija dušika u vodi iz drenskih cijevi. U Hrvatskoj su u različitim agroekološkim uvjetima provedena brojna istraživanja s temom određivanja koncentracije nitrata u vodi iz drenskih cijevi tako su se u Kapelni kod Donjeg Miholjca masene koncentracije nitrata u površinskoj vodi sabirnog kanala kretale od 7,6 do 74,2 mg NO_3^-/L, u podzemnoj vodi dreniranog polja od 22,7 do 126,0 mg NO_3^-/L te u podzemnoj vodi ne dreniranog polja od 21,2 do 95,6 mg NO_3^-/L [14]. Daljnjim istraživanjima provedenim u Kapelni ovisno o razmaku drenskih cijevi, masene koncentracije nitrata u drenažnoj vodi kretale su se od 13,1 do 58,2 mg N-NO_3^-/L dok su se masene koncentracije amonij iona kretale od 0,26 do 0,36 mg N-NH_4^+/L

[4]. U istraživanjima provedenim nedaleko Kutine ovisno o razmaku drenskih cijevi masene koncentracije nitrata u drenažnoj vodi kretale su se od 1,13 do 32,10 mg N-NO_3^-/L, a koncentracije amonij iona od 0,02 do 2,92 mg N-NH_4^+/L [13]. Prosječne masene koncentracije amonijskog oblika dušika u drenažnim vodama na polju pšenice nedaleko Kutine s primijenjenom količinom od 176 kg N/ha bile su više od 1,00 mg N-NH_4/L, a maksimalna je dosezala 8,65 mg/L [6],

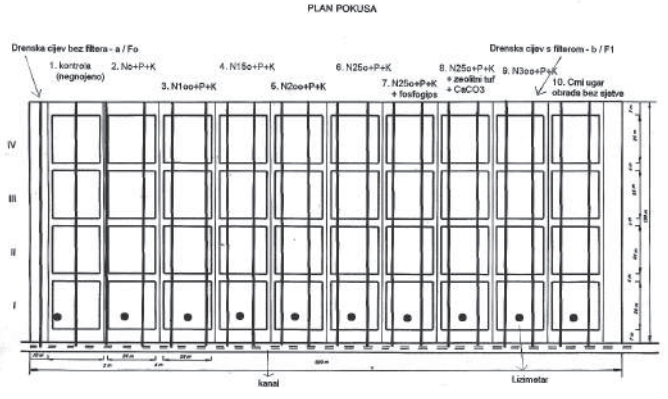
Brojna istraživanja diljem svijeta rađena su i na temu gubitaka dušika u ovisnosti o različitom intenzitetu gnojidbe. Tako su se količine ispranog dušika u istraživanjima provedenim na polju pšenice nedaleko Kutine kretale u rasponu od 11,031- 21,688 kg N/ha ovisno o sustavu cijevne drenaže, a unesena količina gnojivom iznosila je ukupno 176 kg N/ha [6]. U jednoj studiji provedenoj u sjevernoj Kini količine ispranog dušika u doba vegetacije kukuruza s primijenjenom količinom dušika od 230 kg N/ha za dvije sezone 1999. i 2000. g. iznosile su 11,0 i 30,1 kg N/ha [15]. U srednje-zapadnom djelu SAD-a u području aktivne poljoprivrede zabilježen je ukupni gubitak od 100 000 kg NO_3-N /god. u podzemne vode s površine od 37,7 km^2 (26,5 kg/ha godišnje), od čega je polovica zbog utjecaja poljoprivrede [12]. U jednom istraživanju u Kanadi gubici dušika u vrijeme vegetacije kukuruza kretali su se od 36,8 - 57,9 kg N/ha ovisno o korištenom sustavu drenaže, pri čemu je bilo dodano 216,5 kg N/ha kao gnojivo [11].

METODE RADA

Kako bi se utvrdio utjecaj poljoprivrede na okoliš na rubu Lonjskog polja u blizini sela Potok nedaleko od Popovače na površinama poduzeća Moslavka d.d. postavljen je poljski pokus na dreniranom tlu (slika 1.).

Tip tla na pokusnoj površini je drenirani pseudoglej, ravničarski, distrični. Tlo je malo porozno po cijeloj dubini s osrednjim kapacitetom za vodu i malim kapacitetom za zrak. Zbijenost je srednja u oraničnom i eluvijalnom, a visoka u dubljim horizontima. Zbog navedenih osobina na ovima površinama je izvedena cijevna drenaža. Što se tiče kemijskih svojstva ovog tipa tla, reakcija tla je kisela u površinskom i podpovršinskom horizontu i s dubinom raste. Klima područja na kojem se provodi istraživanje je umjerena kontinentalna s prosječnom godišnjom količinom oborina prema višegodišnjem prosjeku od 865 mm i

srednjom godišnjom temperaturom od 10,7 °C. Zajedno sa zaštitnim pojasom ukupna površina pokusa iznosi 44800 m^2. Varijante se razlikuju po količinama primijenjenog mineralnog gnojiva (slika 2.).



Pokus je postavljen tako da se površina koju zauzima pojedina pokusna varijanta dijeli u četiri ponavljanja. Na svakoj varijanti postavljene su dvije drenske cijevi i između njih lizimetri. Istraživanja uključuju 4 razdoblja u 1998./1999. i 2003./2004. od čega dva za vrijeme aktivne vegetacije kukuruza (*Zea mays*) i dva u razdoblju bez biljnog pokrova (tablica 1.).

Sve varijante osim prve i desete gnoje se istom količinom fosfora (120 kg/ha) i kalija (180 kg/ha). Varijante od druge do devete redom se razlikuju u količini primijenjenog dušika od 0, 100, 150, 250 do 300 kg/ha. Na varijantama 6, 7 i 8 primjenjuju se iste količine dušika (250 kg/ha), a razlikuju se po tome što se na varijanti 7 primjenjuje fosfogips, a na

razdoblje 1	10 mjeseci bez usjeva	7. srpanj 1998-8. svibanj 1999
razdoblje 2	6 mjeseci kukuruz	8. svibanj 1999-listopad 1999
razdoblje 3	10 mjeseci bez usjeva	10. srpanj 2003-4. svibanj 2004
razdoblje 4	8 mjeseci kukuruz	4. svibanj 2004- 16. prosinac 2004

varijanti 8 zeolitni tuf i $CaCO_3$. Za potrebe proračuna ukupnog gubitka dušika s vodom iz tla određene su masene koncentracije amonijskog i nitratnog oblika dušika u drenskoj vodi te mjerene oborine i drenski istek.

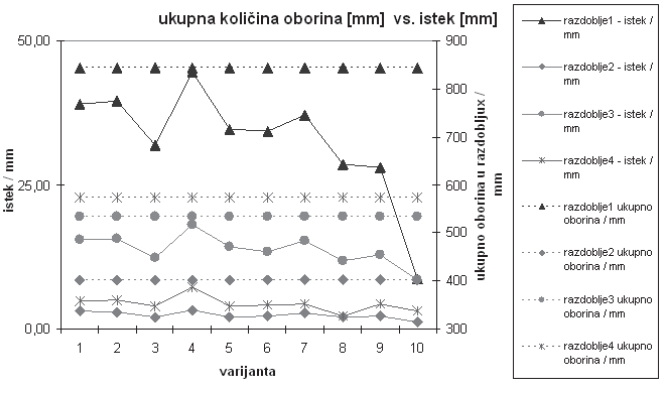
UZORKOVANJE I ANALIZA VODE

Uzorkovanje vode iz drenskih cijevi ovisilo je o količini oborina i o drenskom isteku. Uzorci vode iz drenskih cijevi uzimani su dnevno u vrijeme postojanja drenskog isteka, a za kemijske analize pripremani su prosječni uzorci tj. serije prosječnih uzoraka za svih 20 drenskih cijevi i to za svaki kontinuirani niz postojanja isteka (1-13 dana), te je u njima određivana masena koncentracija nitrata i amonij iona. Drenski istek u vrijeme postojanja mjeren je u litrama svaki dan (L/min) za svih 20 drenskih cijevi. U uzorcima vode iz drenskih cijevi određivala se masena koncentracija nitrata i amonij iona. Analize vode rađene su u Analitičkom laboratoriju Zavoda za opću proizvodnju bilja. Za određivanje masenih koncentracija nitrata i amonij iona u uzorcima drenažne vode uzorkovane 1998. i 1999. godine koristile su se spektrofotometrijske metode, metoda kadmijske redukcije za

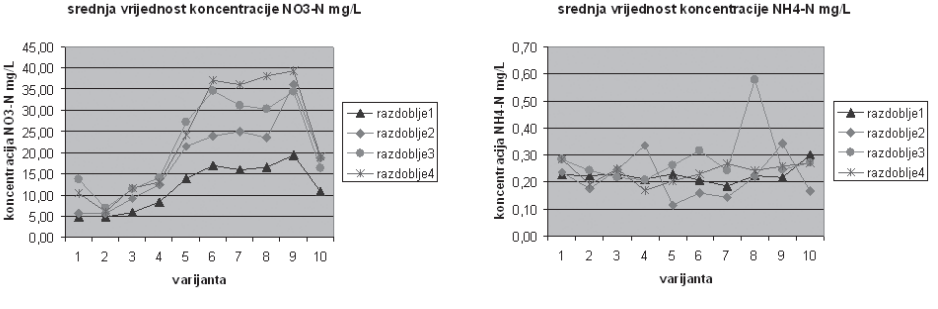
određivanje masene koncentracije nitrata (*Water analysis handbook, HACH, 2 nd Edition, str. 406, Chemical Procedures Explained, Appendix A, str. 783*) i metoda s Nessler-ovim reagensom za određivanje amonij iona (*Water analysis handbook, HACH, 2 nd Edition, str. 434, Chemical Procedures Explained, Appendix A, str. 781*). Za određivanje masene koncentracije nitrata i amonij iona u uzorcima drenažne vode uzorkovane 2003. i 2004. godine koristile metode ionske kromatografije (HRN EN ISO 10304-1:1998 i HRN EN ISO 14911:2001).

REZULTATI I RASPRAVA

Od četiri promatrana razdoblja, razdoblje 1 imalo je najvišu ukupnu količinu oborina od 842,7 mm i najveći istek od 8,7 - 44,6 mm ovisno o varijanti pokusa. Razdoblje 2 imalo je pak najnižu ukupnu količinu oborina od 402,1 mm i najmanji istek od 1,2 -3,4 mm ovisno o varijanti pokusa. No ako razmotrimo razdoblja 3 i 4 uočiti ćemo važnu činjenicu. Dva spomenuta razdoblja imala su slične ukupne količine oborina i to redom 535,1 i 574,4 mm, no drenski istek je u razdoblju 3 kada na pokusu nije bilo vegetacije bio znatno veći (8,6-18,2 mm) od isteka kada je na pokusu bio kukuruz (2,3-7,3 mm). Iz navedenoga zaključujemo kako je **drenski istek uvelike ovisan o prisutnosti biljnog pokrova** u našem slučaju kukuruza (slika 3.).



Rezultati analiza masenih koncentracija $N\text{-}NO_3^-$ i $N\text{-}NH_4$ u drenskoj vodi po svim varijantama pokusa i po svim razdobljima istraživanja prikazani su na slici 4. (a i b).



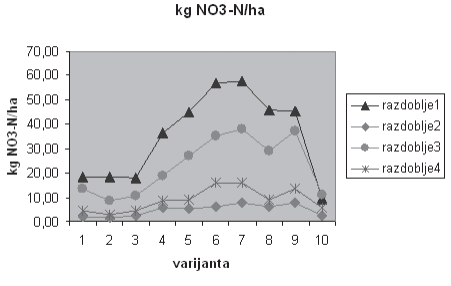
Slika 4.: (a) i (b)

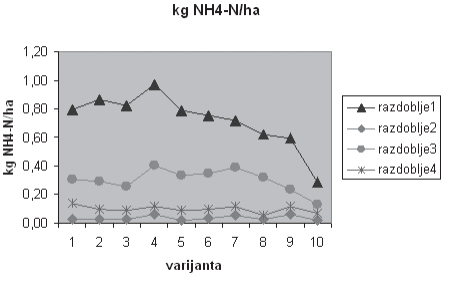
Razlika u masenim koncentracijama nitratnog oblika dušika u drenskoj vodi vidljiva je kako prema pojedinim varijantama pokusa tako i prema razdobljima istraživanja.

Prema varijantama pokusa prisutne su razlike koje su gotovo u potpunoj korelaciji s primijenjenim količinama mineralnog dušika. Trend porasta srednjih vrijednosti masenih koncentracija u drenskoj vodi uvjetovan je količinom apliciranog mineralnog gnojiva. Najveća masena koncentracija nitrata u vodi zabilježena je na varijanti 9 (39,43 mg/L) u razdoblju 4 dok je najmanja masena koncentracija nitrata zabilježena u prvoj varijanti pokusa u razdoblju 1 do 4,76 mg/L. Srednje vrijednosti masenih koncentracija nitrata u vodi bile su najniže u razdoblju 1 koje je imalo najvišu ukupnu količinu oborina i najviši istek.

Nisu uočene velike razlike u srednjim vrijednostima masenih koncentracija N-NH_4^+ u drenskoj vodi kako prema pojedinim varijantama pokusa tako i prema razdobljima istraživanja. Prema varijantama pokusa prisutne razlike ne pokazuju korelaciju s primijenjenim količinama mineralnog dušika. Najveća masena koncentracija amonijskog oblika dušika u vodi zabilježena je na varijanti 8 (0,58 mg N-NH_4^+ /L) u razdoblju 3 dok je najmanja masena koncentracija zabilježena u petoj varijanti pokusa u razdoblju 2 od 0,12 mg N-NH_4^+ /L.

Na temelju podataka o količini drenskog isteka i rezultata kemijskih analiza drenske vode izvršen je proračun gubitaka nitratnog i amonijskog dušika. Podaci su sistematizirani prema varijantama pokusa i razdobljima istraživanja i prikazani su na slici 5. (c i d).





Prema prikazanim rezultatima, razlike u količini dušika koji se prema varijantama pokusa odnosi vodom iz drenskih cijevi su velike, te je primijećena korelacija s količinom apliciranog mineralnog dušika. Najveći gubitak dušika s vodom iz tla zabilježen je u razdoblju 1 na varijanti 7 i iznosio je 57,65 kg NO_3-N/ha, a najmanji u razdoblju 2 na varijanti 2 od 1,81 kg NO_3-N/ha.

Kako se na varijanti 9 primjenjuje najveća količina mineralnog dušika od 300 kg/ha i na toj varijanti su zabilježene najveće masene koncentracije nitratnog dušika u vodi i udjeli u tlu bilo bi za očekivati i najveće gubitke nitratnog dušika s vodom iz tla na ovoj varijanti, no kako gubici ovise o isteku koji je bio najviši na varijanti 7 po svim razdobljima istraživanja tako su i gubici na toj varijanti najviši.

Također su primijećene razlike u količini ispranog dušika ovisno o postojanju biljnog pokrova. U razdobljima 2 i 4 kada je na pokusu bio kukuruz ti su gubici bili najmanji, a vrijednosti su se kretale od 1,81-16,02 kg NO_3-N/ha dok su se za razdoblja 1 i 3 kada na pokusu nije bilo usjeva te vrijednosti kretale od 8,46-57,65 kg NO_3-N/ha.

Rezultati pokazuju da su gubici amonijskog oblika dušika nešto veći u periodima kada na pokusu nije bilo vegetacije. U razdobljima 2 i 4 zabilježeni su najmanji gubici, a vrijednosti

su se kretale od 0,02-0,14 kg NH_4-N/ha ovisno o količinama primijenjenog gnojiva, dok su se za razdoblja 1 i 3 vrijednosti kretale od 0,13-0,97 kg NH_4-N/ha. Primijećene su male razlike u količini amonijskog dušika koji se prema varijantama pokusa odnosi vodom iz drenskih cijevi, te je zapažena slaba korelacija s količinom apliciranog mineralnog dušika, a nešto veća s količinom oborina i drenskim istekom. Najmanji gubitak amonijskog dušika s vodom iz tla zabilježen je u razdoblju 2 na varijanti 5 (200 kg N/ha) i 10 (0 kg N/ha) i iznosio je 0,02 kg NH_4-N/ha, a najveći u razdoblju 1 na varijanti 4(150 kg N/ha) od 0,97 kg NH_4-N/ha.

U odnosu na gubitke nitratnog oblika dušika gubici amonijskog oblika dušika znatno su manji i iznose svega 1,1-1,7%. Tako je i najmanji zabilježeni gubitak nitratnog dušika s vodom iz tla od 1,81 kg NO_3-N/ha dvostruko veći od najvećeg zabilježenog gubitak amonijskog dušika od 0,97 kg NH_4-N/ha.

ZAKLJUČAK

- Najveća masena **koncentracija nitrata u vodi** zabilježena je na varijanti 9 (39,43 mg/L) u razdoblju 4 dok je najmanja masena koncentracija nitrata zabilježena u prvoj varijanti pokusa u razdoblju 1 do 4,76 mg/L.
- Najveća masena **koncentracija amonij iona u vodi** zabilježena je na varijanti 8 (0,58 mg N-NH_4^+ /L) u razdoblju 3 dok je najmanja masena koncentracija zabilježena u petoj varijanti pokusa u razdoblju 2 od 0,12 mg N-NH_4^+ /L.
- **Gubici nitratnog oblika dušika znatno su veći u periodima kada na pokusu nije bilo vegetacije.** U razdobljima 2 i 4 zabilježeni su najmanji gubici nitratnog dušika, a vrijednosti su se kretale od 1,81-16,02 kg NO_3-N/ha dok su se za razdoblja 1 i 3 kada na pokusu nije bilo usjeva te vrijednosti kretale od 8,46-57,65 kg NO_3-N/ha.
- **Gubici amonijskog oblika dušika neznatno su veći u periodima kada na pokusu nije bilo vegetacije.** U razdobljima 2 i 4 zabilježeni su najmanji gubici, a vrijednosti su se kretale od 0,02-0,14 kg NH_4-N/ha ovisno o količinama primijenjenog gnojiva, dok su se za razdoblja 1 i 3 vrijednosti kretale od 0,13-0,97 kg NH_4-N/ha.
- **U odnosu na gubitke nitratnog oblika dušika gubici amonijskog oblika dušika znatno su manji** i doprinose svega 1,1-1,7%. Tako je i najmanji zabilježeni gubitak nitratnog dušika s vodom iz tla od 1,81 kg NO_3-N/ha dvostruko veći od najvećeg zabilježenog gubitak amonijskog dušika od 0,97 kg NH_4-N/ha.

LITERATURA

1. Bašić, F.: *Održiva poljoprivreda u Republici Hrvatskoj*, Poljoprivredna znanstvena smotra, **60** (1995) 2; 237-247

2. Bašić, F., Kisić, I. i Mesić, M.: *Statement on Problems of Soil Protection and Sustainable Land Use in Croatia,* Co-operation for soil protection and sustainable land use in Central and Eastern European (CEE) Countries, (2001); 14-19

3. Butorac, A., Bašić, F. i Kisić, I.: *Alternativni sustavi gospodarenja i njihov utjecaj na kvalitetu vode,* Poljoprivreda i gospodarenje vodama, Zbornik radova (1994); 53-76

4. Čoga, L.: *Utjecaj drenaže na dinamiku dušika i teških metala u sustavu tlo-voda-biljka*, Magistarski rad, 1996

5. Guo, H. and Wang, Y.: *Hydrogeochemical Processes in Shallow Quaternary Aquifers from the*

Northern Part of the Datong Basin, China, Applied Geochemistry **19** (2004) 19-27

6. Klačić, Ž., Petošić, D. i Čoga, L.: *Ispiranje dušika pri različitim sustavima cijevne drenaže,* Poljoprivredna znanstvena smotra, **63** (1998) 4, 331-338
7. Mesić, M., Butorac, A., Bašić, F. i Kisić, I.: *Utjecaj rastućih doza mineralnog dušika na njegovo ispiranje i prinos nekih oraničnih kultura na dreniranom pseudoglejnom tlu*, Izvješće o radu znanstvenog projekta, 1998.
8. Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I. i Butorac, A.: *Utjecaj rastućih doza mineralnog dušika na njegovo ispiranje i prinos nekih oraničnih kultura na dreniranom pseudoglejnom tlu*, Izvješće o radu znanstvenog projekta, 1999.
9. Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I. Vađić, Ž. i Butorac, A.: *Utjecaj gnojidbe na raspodjelu dušika u poljoprivrednom ekološkom sustavu*, Izvješće o radu znanstvenog projekta, 2003.
10. Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I. Vađić, Ž. i Butorac, A.: *Utjecaj gnojidbe na raspodjelu dušika u poljoprivrednom ekološkom sustavu*, Izvješće o radu znanstvenog projekta, 2004.
11. Ng, H. Y. F., Tan, C. S., Drury, C. F. and Gaynor, J. D.: *Controlled Drainage and Subirrigation Influence Stile Nitrate Loss and Corn Yields in a Sandy Loam Soil in Southwestern Ontario,* Agriculture, Ecosystem and Environment **90** (2002) 81-88
12. Panno, S. V. and Kelly, W. R.: *Nitrate and Herbicide Loading in Two Groundwater Basin of Illinois Sinkhole Plain,* Journal of Hydrology **290** (2004) 229-242
13. Simunic, I., Tomic, F., Mesic, M. and Kolak, I.: *Nitrogen Leaching from Meliorated Soil*, Bodenkultur **53** (2002) 2; 73-81
14. Vidaček, Ž., Sraka, M., Čoga, L. i Mihalić, A.: *Nitrati, teški metali i herbicidi u tlu i vodama sliva Karašica- Vučica*, Poljoprivredna znanstvena smotra **64** (1999) 2; 143-150
15. Zhu, A., Zhang, J., Zhao, B., Cheng, Z. and Li, L.: *Water Balance and Nitrate Leaching Losses Under Intensive Crop Production with Ochric Aquic Cambosols in North China Plain,* Environment International **31** (2005) 904-912

AUTORI

Mr.sc. Željka Zgorelec[1]

Prof.dr.sc. Milan Mesić[1]

Prof.dr.sc. Ferdo Bašić[1]

Prof.dr.sc. Ivica Kisić[1]

Prof.dr.sc. Anđelko Butorac[1]

dipl.ing.Ivan Gašpar[2]

[1]Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za Opću proizvodnju bilja, Svetošimunska cesta 25,10 000 Zagreb; kontakt: tel.: +385 1 239 4091 fax.: +385 1 239 3981 e-mail: *zzgorelec@agr.hr*

[2]Petrokemija d.d. Tvornica gnojiva, Aleja Vukovara 4, 44320 Kutina

TEMA 5.

PROBLEMATIKA ZAŠTIĆENIH PODRUČJA - KRITERIJI, MONITORING I RJEŠENJA

Voditelji i recenzenti teme:
prof. dr. sc. Darko Mayer, doc. dr. sc. Zlatko Mihaljević,
doc. dr. sc. Tatjana Vlahović

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.01.

OSJETLJIVA I RANJIVA PODRUČJA U SLIVU RIJEKE KUPE

Sanja Barbalić, Đorđa Medić

SAŽETAK: Prema Izmjenama i dopunama Zakona o vodama (NN 105/05) potrebno je izraditi registar zaštićenih područja. To su područja gdje je radi zaštite voda i vodenih ekoloških sustava potrebno provesti posebne mjere zaštite. Dvije direktive kojima se regulira pitanje nutrijenata, također zahtijevaju uspostavu zaštićenih područja. Prva od njih, Direktiva 91/676/EEZ vezana uz zaštitu voda od onečišćenja nitratima poljoprivrednog podrijetla, predviđa postojanje područja ranjivih na unos nitrata. U tim područjima potrebno je smanjiti unos nitrata uvođenjem „dobre poljoprivredne prakse“. Direktiva 91/271/EEZ o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda također podrazumijeva postojanje područja koja zahtijevaju posebnu pažnju, a nazivaju se osjetljiva područja. Ta područja se identificiraju radi definiranja razine pročišćavanja komunalnih otpadnih voda. U radu će se prezentirati i komentirati mogućnost korištenja raspoloživih podataka monitoringa za određivanje osjetljivih i ranjivih područja u slivu rijeke Kupe.

KLJUČNE RIJEČI: Direktiva 91/676/EEZ, Direktiva 91/271/EEZ, osjetljiva područja, ranjiva područja na unos nitrata

OSJETLJIVA I RANJIVA PODRUČJA U SLIVU RIJEKE KUPE

SUMMARY: Pursuant to the Act on the Amendments and Modifications of the Water Act (OG 105/05), it is necessary to establish a register of protected areas. These are areas on which special protection measures are required for the protection of water and aquatic ecosystems. Two EU directives regulating the question of nutrients require the establishment of protected areas as well. First of them, Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources, anticipates the existence of areas vulnerable to the introduction of nitrates. It is necessary to reduce the introduction of nitrates by establishing “good agricultural practice”. Directive 91/271/EEC concerning urban wastewater treatment also anticipates the existence of areas that require special attention and are called sensitive areas. Such areas are identified in order to define the level of urban wastewater treatment. The paper will present and discuss the potential usage of available monitoring data for the designation of sensitive and vulnerable areas in the Krka River basin.

KEYWORDS: Directive 91/676/EEC, Directive 91/271/EEC, sensitive areas, areas vulnerable to the introduction of nitrates

1. UVOD

Direktiva 91/676/EEZ vezana uz zaštitu voda od onečišćenja nitratima poljoprivrednog podrijetla (Nitratna direktiva), predviđa postojanje područja ranjivih na unos nitrata. U tim područjima potrebno je smanjiti unos nitrata uvođenjem „dobre poljoprivredne prakse".

Dužnost svake zemlje članice EU je da identificira vode koje su onečišćene i vode kojima prijeti onečišćenje nitratima poljoprivrednog podrijetla te da odredi **ranjive zone**. Pod ranjivim zonama podrazumijeva se **zemljišni prostor** s kojeg se površinskim otjecanjem ili infiltracijom ocjeđuju nitrati u površinske odnosno podzemne vode zbog čega su i identificirane kao vode (površinske/podzemne) onečišćene nitratima. Ta područja revidiraju se svake četiri godine.

U vode onečišćene nitratima poljoprivrednog podrijetla ubrajaju se:

1. površinske slatke vode, a posebno one koje se koriste ili su namijenjene zahvatu vode za piće, ako sadrže ili bi mogle sadržavati veću koncentraciju nitrata od 50 mg NO_3^-/l (ukoliko se ne poduzmu radnje iz članka 5 tj. programi aktivnosti kojima bi se smanjila koncentracija nitrata)
2. podzemne vode ako sadrže više od 50 mg/l nitrata ili bi mogle sadržavati više od 50 mg/l nitrata (ukoliko se ne poduzmu radnje iz članka 5 tj. programi aktivnosti kojima bi se smanjila koncentracija nitrata)
3. prirodna slatkovodna jezera i ostale slatke vode, estuariji, obalne i morske vode ako se utvrdi da su ili bi u skoroj budućnosti mogla postati eutrofna, (ukoliko se ne poduzmu radnje iz članka 5 tj. akcijski programi kojima bi se smanjila koncentracija nitrata)

Prema navedenoj direktivi pojam onečišćenje označava „izravno ili neizravno ispuštanje dušičnih spojeva poljoprivrednog podrijetla u vodeni okoliš, čije posljedice mogu prouzročiti opasnost za ljudsko zdravlje, ugroziti živuće resurse i vodene ekološke sustave ili narušiti ostale dozvoljene načine korištenja voda.

Direktiva (91/271/EEZ) o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda također podrazumijeva određivanje područja koja zahtijevaju posebnu pažnju, a nazivaju se **osjetljiva područja.** Ta područja se identificiraju radi definiranja razine pročišćavanja komunalnih otpadnih voda, uzimajući u obzir i veličinu aglomeracija. Direktiva postavlja zahtjev da aglomeracije veće od 10000 ES (ekvivalent stanovnika) koje ispuštaju otpadne vode u osjetljiva područja moraju prije ispuštanja primijeniti postupke pročišćavanja strože od sekundarnog, što znači da je u ovim područjima potrebno pročišćavanjem ukloniti ukupni dušik i/ili ukupni fosfor.

A. Osjetljiva područja - Vodenu cjelinu treba identificirati kao osjetljivo područje ako ulazi u jednu od slijedećih skupina:

a) prirodna slatkovodna jezera, ostale slatke vode, estuariji i priobalne vode za koje se utvrdi da su eutrofne ili koje bi u bliskoj budućnosti mogle postati eutrofne ako se ne poduzmu zaštitne mjere. Pročišćavanje treba uključiti i uklanjanje fosfora i/ili dušika u jezerima i tokovima koji se ulijevaju u jezera (akumulacije), estuarijima, zaljevima i drugim priobalnim vodama za koje se utvrdi da imaju lošu izmjenu vode, ili koji dobivaju velike količine hranjivih tvari. Kod velikih aglomeracija izuzeće od ovog pravila se može postići samo ako se može dokazati da uklanjanje fosfora i/ili dušika ne bi imalo utjecaja na razinu eutrofikacije.

b) kopnene površinske vode namijenjene za crpljenje vode za piće koja bi sadržavala

veće koncentracije nitrata od one navedene u odredbama Direktive Vijeća 75/440/EEZ od 16. lipnja 1975. o kakvoći površinske vode namijenjene za korištenje kao vode za piće u državama članicama, ako se ne poduzmu mjere;

c) područja na kojima je potrebno dodatno pročišćavanje, osim onog utvrđenog u članku 4 (koji propisuje opće pravilo da je za sve aglomeracije iznad 2000 ES, a koje ispuštaju otpadne vode u tzv. normalno, neizdvojeno područje potrebno sekundarno pročišćavanje otpadnih voda) ove Direktive, kako bi se zadovoljili uvjeti drugih Direktiva Vijeća.

B. Manje osjetljiva područja - Morske vodene cjeline ili područja mogu se smatrati manje osjetljivim područjima ako ispuštanje otpadnih voda ne šteti okolišu kao posljedica morfologije, hidrologije ili posebnih hidrauličkih uvjeta koji postoje u tom području. U manje osjetljiva područja ubrajaju se otvoreni zaljevi, estuariji i druge priobalne vode s dobrom izmjenom vode i koje ne podliježu eutrofikaciji ili manjku kisika ili za koje se smatra da ne postoji vjerojatnost da bi mogle postati eutrofne ili da nastupi manjak kisika zbog ispuštanja komunalnih otpadnih voda.

U obje direktive "eutrofikacija" označava obogaćivanje voda hranjivim tvarima, osobito spojevima **dušika i/ili fosfora**, što uzrokuje ubrzani rast algi i viših oblika biljnog života koji dovodi do neželjenog poremećaja ravnoteže organizama prisutnih u vodi i kakvoće vode.

2. METODOLOGIJA I KORIŠTENI PODACI

Identifikacija ranjivih i osjetljivih područja se radi u okviru planova upravljanja vodnim područjima. Ta područja njihov su vrlo važan dio, jer u velikoj mjeri utječu na mogući izbor mjera, odnosno, na određeni način, usmjeravaju aktivnosti vodnog gospodarstva.. Na razini planova upravljanja bi trebalo odlučiti da li će se primjenjivati mjere definirane Nitratnom direktivom ili će se primijeniti mjere predviđene Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda ili je situacija takva da je neophodno intervenirati primjenom obje vrste mjera.

Na razini pripreme Planova upravljanja vodnih područja predlaže se da se za preliminarno određivanje:

- ranjivih područja u odnosu na nitrate prihvate kriteriji od 50 mg NO_3/l (Nitratna direktiva)
- područja podložnih eutrofikaciji koristi odnos N/P - manji od 8 (za rijeke), odnosno stupnja trofije za stajaćice prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98).

S obzirom na raspoložive podatke (mjerenje 12 puta godišnje) prikupljene u okviru Programa praćenja kakvoće voda u republici Hrvatskoj u razdoblju od 2000. do 2004. god. predloženo je da će se ranjiva područja u odnosu na nitrate odrediti:

- analiziranjem srednje godišnje vrijednosti koncentracije nitrata kako bi se utvrdio trend promjene i dao odgovor na pitanje da li može doći do premašenja maksimalno dopuštenih koncentracija ukoliko se ne poduzimaju odgovarajuće mjere, te
- utvrđivanjem maksimalno izmjerene vrijednosti kako bi se uočila potreba zaštite područja i u uvjetima visokih opterećenja (kritičnih uvjeta)
- omjer N/P analizirat će se na razini prosječnih godišnjih vrijednosti zbog velike varijabilnosti odnosa.

Predloženi kriteriji i postupak izračuna su provjereni za sliv rijeke Kupe, kako bi se

sagledala njihova primjenjivost u Hrvatskoj. Naime, rijeka Kupa sa slivnom površinom od oko 10.000 km^2, koja na svom toku prolazi kako kroz područje krša tako i kroz ravničarska aluvijalna područja, se može smatrati dobrim reprezentom za prvo testiranje odabranih kriterija. Nadalje, na području su zastupljene sve vrste pritisaka, a činjenica da područje sliva rijeke Kupe nije izloženo iznimno intenzivnim pritiscima, daje mogućnost analitičarima da bolje sagledaju primjenljivost predloženog modela neopterećeni složenim uvjetima dugoročno akumuliranih različitih ispuštanja.

3. REZULTATI

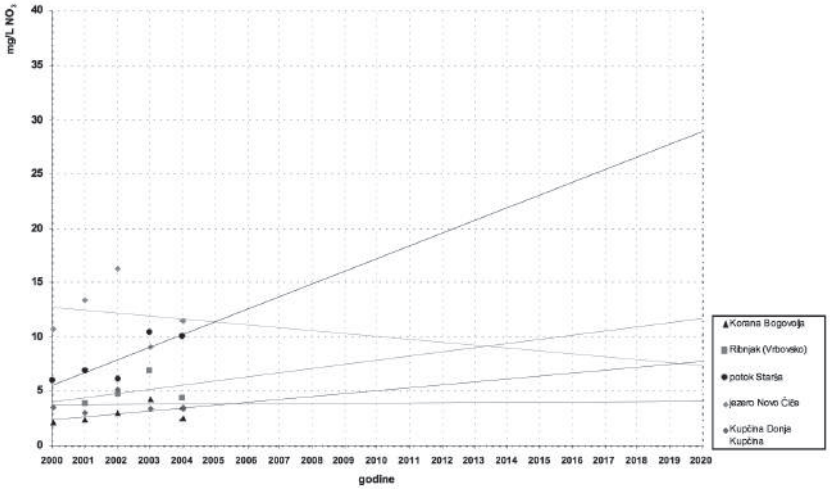
Područja odnosno vode osjetljive na unos nitrata su određene na osnovi praćenja kakvoće voda sliva rijeke Kupe na 48 postaja. Te postaje obuhvaćaju tri površinska vodozahvata za javnu vodoopskrbu (Kupa - Petrinja, Slunjčica i jezero Kozjak) i 5 izvora (izvor Kupe, Čabranke, Kupice, Mala Belica i Ribnjak). Podaci o maksimalno izmjerenim vrijednostima nitrata pokazuju da niti u jednom slučaju nije premašena vrijednost od 50 mg/l nitrata izraženih kao NO_3, što znači da u slivu Kupe nema područja koja su ranjiva.

S ciljem određivanja potencijalno ranjivih područja, odabrano je 5 postaja na kojima je maksimalna godišnja koncentracija nitrata prešla polovinu od 25 mg/l nitrata izraženih kao NO_3 Za njih je izvršena analiza trenda prosječnih vrijednosti (slika 1), koja je pokazala da se samo na potoku Starča mogu očekivati veći problemi u narednom razdoblju ukoliko se ne poduzmu određene aktivnosti. Druga lokacija kod koje bi se mogli očekivati probleme vezani za povećane količine nitrata u vodi je Ribnjak (Vrbovsko), mada bitno manje izražen nego na potoku Starča. Imajući u vidu navedeno, najvjerojatnije će se ova dva lokaliteta i njima pripadajuće vodene cjeline proglasiti potencijalno ranjivim na nitrate ako se ne poduzmu odgovarajuće mjere.

Tablica 1.: Maksimalno izmjerene vrijednosti nitrata

šifra	postaja	srednje godišnje vrijednosti NO3 (mg/l)						maksimalne godišnje vrijednosti NO3 (mg/l)					
		2000	2001	2002	2003	2004	sred	2000	2001	2002	2003	2004	max
16225	Kupčina Donja Kupčina	3,60	3,06	5,19	3,42	3,52	3,76	16,38	6,49	11,98	10,90	9,48	16,38
16335	Korana Bogovolja	2,21	2,42	3,11	4,35	2,59	2,94	5,98	4,35	5,88	14,40	6,09	14,40
30023	Ribnjak (Vrbovsko)	-	3,88	4,75	6,97	4,42	5,00	-	4,35	8,40	13,20	6,93	13,20
51129	potok Starča	6,00	6,96	6,22	10,42	10,11	7,94	9,77	8,44	8,44	22,57	14,04	22,57
51158	potok Odra I	-	-	3,00	-	3,84	3,42	-	-	5,77	-	11,15	11,15
51202	jezero Novo Čiće	10,78	13,44	16,33	9,20	11,54	12,26	13,77	16,00	17,77	9,20	14,53	17,77

Promatrajući omjer N/P, nepovoljan odnos (≤8) može se očekivati na 3 lokacije: potoku Starča, lateralnom kanalu Sava Odra i potoku Odra I (tablica 2). Iako se u navedenim slučajevima ne radi o jezerima, procjena je rađena s obzirom na nizak vodostaj i slab protok. Pri tome se naglašava da trend promjene omjera N/P na Lateralnom kanalu Sava - Odra pokazuje bitno poboljšanje, te se može zaključiti da se potok Starča i potok Odra I mogu smatrati lokacijama koje su potencijalno izložene problemu eutrofikacije.



Slika 1.: Analiza trenda prosječnih vrijednosti nitrata

Tablica 2.: Srednje godišnje vrijednosti omjera dušika i fosfora

šifra	postaja	srednje godišnje vrijednosti N/P						
		2000	2001	2002	2003	2004	sred	min. sr.god.
51129	potok Starča	-	7	9	11	11	9,7	7
51154	Lateralni kanal Sava Odra	-	8	13	21	14	14	8
51158	potok Odra I	-	-	8	-	8	8	8

Za jezera koja se nalaze na slivu rijeke Kupe nije bilo moguće na ovaj način utvrditi stupanj trofije jer nisu provedene analize svih potrebnih pokazatelja. Mjerene su samo koncentracije ukupnog fosfora.

4. ZAKLJUČAK

1. Odabrani model određivanja ranjivih područja se može koristiti s obzirom na raspoložive podatke. Puno kvalitetniji i pouzdaniji rezultati bi se mogli dobiti ukoliko bi se raspolagalo i drugim pokazateljima. U uvjetima razine kakvoće voda kakva je ustanovljena u slivu rijeke Kupe, nedostatak podataka nije presudan, ali situacija može biti drugačija ukoliko se promatraju vode s većim opterećenjem te bi dodatni pokazatelji mogli ukazati na objektivno postojanje nepoželjnih stanja.
2. Proglašenje područja ranjivim i/ili osjetljivim u velikoj mjeri utječe na izbor mjera koje je potrebno provesti kako bi se osiguralo poboljšanje stanja voda, odnosno znači preuzimanje obveze o provedbi pojačanog režima zaštite. Neke od tih mjera podrazumijevaju određena ograničenja u korištenju prostora ili kontrolu daljeg razvoja gospodarstva, a stanovništvu nameće potrebu visokog stupnja tretmana otpadnih voda i samim time povećane troškove. Upravo zbog toga identifikaciji ranjivih i osjetljivih područja treba posvetiti dužnu pozornost. pravo zbog navedenog, i EU Direktive nalažu učestalo revidiranje identificiranih osjetljivih i ranjivih područja kako bi se pojačani

režim zaštite adekvatno prilagođavao novonastalom stanju. Imajući ovo u vidu, proširenje monitoringa i na druge pokazatelje koji bi kvalitetnije i sa većom sigurnošću ukazali na postojanje problema bi se višestruko isplatila.

LITERATURA

1. Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources
2. Council Directive 91/271/EEC concerning urban waste water treatment
3. S.O. Ryding, W. Rast : The control of eutrophication of lakes and reservoirs. UNESCO and The Parthenon Publishing Group; Pariz, 1989.

AUTORICE:

mr. sc. Sanja Barbalić, dipl. inž. građ.,
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, sanjab@voda.hr

Đorđa Medić, dipl. inž. kem.,
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, dmedic@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.02.

KAKVOĆA VODA U SISAČKO-MOSLAVAČKOJ ŽUPANIJI I PARKU PRIRODE LONJSKO POLJE

Blanka Bobetko-Majstorović

SAŽETAK: Kroz izradu i provođenje Programa zaštite okoliša Sisačko-moslavačke županije izvršeno je ispitivanje kvalitete površinskih lokalnih voda. Između ostalih, ispitivane su i vode koje se teritorijalno nalaze ili utječu na kakvoću voda u Parku prirode Lonjsko polje. Odabir voda, koje će se analizirati izvršen je na temelju sljedećih kriterija: utjecaj na ljudsko zdravlje, utjecaj na prirodu i okoliš, utjecaj vanjskih čimbenika na vodu i drugih. Uzorkovanje i analiza voda provedena je četiri puta tijekom 2005. godine i šest puta tijekom 2006. godine. Rezultati analize kakvoće voda u Parku prirode Lonjsko polje prikazani su na posteru. Analize su potvrdile pretpostavku da kakvoća voda nije u skladu s propisanom kategorijom voda u zaštićenim područjima. Kako bi se stanje voda u Županiji poboljšalo potrebno je poduzeti određene mjere. Uspostava monitoringa lokalnih voda je tek prvi korak u rješavanju problema voda u zaštićenom području i oko njega.

KLJUČNE RIJEČI: kakvoća vode, procjena, parametri, Lonjsko polje

QUALITY OF WATERS IN SISAK-MOSLAVINA COUNTY AND IN NATURAL PARK LONJSKO POLJE

SUMMARY: Through the program for environmental protection in Sisak-moslavina county were made examinations on the local waters. Among athers, we analysed water in Natural park Lonjsko polje and water that affects it. The criteria for water that were analised, was folowing: efect on human health; efect on nature and environment, efect of external factors on the water etc. Waters were analysed four times during 2005. and six times during 2006. Results of analyses on the water in Natural park Lonjsko polje was showen on the poster. Analyses confirmed the hypothesis, that the water quality is not in low regulated borders for water in protected areas. If we wish to impact the quality of the water, we have to take some massures. One of them is monitoring local water in protected.

KEYWORDS: water quality, estimate, parameters, Natural park Lonjsko polje

UVOD:

Izrađujući dokumente zaštite okoliša Sisačko-moslavačke županije, te procjenjujući stanje okoliša (tla, zraka, voda...) na temelju dostupnih podataka, došlo se do poražavajuće činjenice - «Podataka o kvaliteti lokalnih voda nema !» Kako odrediti kvalitetu voda, kada su podaci (ako i postoje) pojedinačni, nesistematizirani, nema ih dovoljno ili ih uopće nema.

Rješenje problema bilo je jednostavno - *Uspostaviti sustav praćenja (monitoringa) na lokalnim vodama u županiji.* Kako rješenja nikada nisu konačna, tako su se i u slučaju uspostave praćenja kakvoće lokalnih voda pojavili novi problemi, nova pitanja: - GDJE? KAKO? KADA?

GDJE?

Koje lokalne vodotoke uvrstiti u program monitoringa? Po kojem kriteriju odabrati 15-20 vodotoka na kojima će se obavljati uzorkovanje i mjeriti parametri kakvoće voda?

Zašto pratiti kakvoću voda samo na vodotocima, kada oni nisu jedine, a često niti najznačajnije vode Županije? Stoga je odlučeno sljedeće - za praćenje kakvoće izabrati će se vode (potoci, riječice, kanali, jezera ...) koje su po nekom od kriterija najvažnije. Među kriterijima za odabir na prvom mjestu je bio utjecaj izabrane vode na zdravlje čovjeka (blizina vodozaštitnih područja; korištenje voda u rekreativne svrhe); zatim utjecaj odabrane vode na zaštićene dijelove prirode; utjecaj većih zagađivača na vodu....

Na ovaj način izabrano je nekoliko voda (vodotoka, kanala, retencija, jezera) na kojima će se obavljati uzorkovanje i pratiti kakvoća voda.

Mjesta uzorkovanja te razlozi izbora istih prikazani su u tablici 1.

TABLICA 1.: Popis mjesta uzorkovanja

SLIVNO PODRUČJE VGI BANOVINA			
REDNI BROJ	**VODOTOK**	**MJESTO UZORKOVANJA**	**RAZLOG IZBORA**
1.	Rijeka Petrinjčica	50 m uzvodno od mosta za bolnicu u Petrinji	koristi se u rekreativne svrhe
2.	Rijeka Glinica	na ušću Gline	moguće je zagađenje iz kamenoloma Bojna
3.	Potok Utinja	na prelazu ceste u selu Pecki	vodozaštitno područje
4.	Potok Perna	na cesti kod mjesta Vajići	blizu vodozahvata
5.	Lekenički potok	nizvodno od naselja Lekenik	utjecaj ilegalih priključaka kanalizacije
SLIVNO PODRUČJE VGI SUBOCKA - STRUG			
1.	Kanal Veliki Strug	lokacija Bročice	utjecaj na kakvoću voda Lonjskog polja
2.	Potok Brestača	lokacija Brestača	blizina i utjecaj na Lonjsko polje
3.	Novljansko jezero	lokacija jezera	koristi se u rekreacijske svrhe
4.	Jezero Pakra	lokacija Banova Jaruga	- II-
5.	Ribnjaci Piljenice		
SLIVNO PODRUČJE VGI LONJA - TREBEŽ			
1.	Potok Ludinica	lokacija Velika Ludina	utjecaj na Lonjsko polje
2.	Potok Gračenica	lokacija Donja Gračenica	vodozaštitna zona crpilišta Ravnik i Osekovo
3.	Potok Repušnica	Repušnica	utjecaj ilegalih priključaka kanalizacije

4.	Jezero Mikleuška		koristi se u rekreacijske svrhe
5.	Jezero Bajer		- II -
PP LONJSKO POLJE			
1.	Česma	na ušću Lonje	prima otpadne vode i ima utjecaj na Lonjsko polje
2.	Mrtvaj Krapje Đol	kod sela Drenov Bok	vodozahvat
3.	Retencije Lonjsko polje, Opeke i Mokro polje	u vrijeme poplava	utjecaj ostalih zagađivača na retencijske vode

KAKO?

Na pitanje, kako provesti monitoring voda u Županiji, odgovor je bilo lako pronaći, a glasio je - sukladno programu ispitivanja kakvoće državnih voda.

KADA?

Svako vrijeme za početak provedbe programa bilo je dobro. Ograničavajući faktor su bila nedovoljna financijska sredstva, koja su omogućavala uzorkovanje četiri puta (tijekom 2005. godine), odnosno šest puta godišnje (tijekom 2006. godine), osim na vodama (retencijama) u Parku prirode Lonjsko polje, gdje se uzorci uzimaju samo jedan puta godišnje i to za vrijeme poplava.

Analizirani su pokazatelji kakvoće voda: A - fizikalno-kemijski; B - režim kisika; C- hranjive tvari; D - mikrobiološki pokazatelji, te neki od pokazatelja skupine F (metali: kadmij; olovo, živa), i skupine G (organski spojevi: atrazin, PCB, lindan, DDT).

REZULTATI PRAĆENJA:

Kroz ovaj rad su prikazani rezultati analiza voda u Parku prirode Lonjsko polje, kao i vodotoka koji mogu imati utjecaj na vode u parku. Rezultati analiza su statistički obrađeni i prikazani u tablicama 2.1. - 2.8., te je određena vrsta voda temeljem Uredbe o klasifikaciji voda.

Rezultati analiza ostalih voda (jezera, ribnjaka, vodotoka) mogu se pronaći na web stranicama Sisačko-moslavačke županije u dokumentu «Izvješće o kvaliteti lokalnih površinskih voda Sisačko-moslavačke županije» (www.smz.hr)

TABLICA 2. 1.: Rezultati analize vode na kanalu Veliki Strug

pokazatelj	2005.god		2006. god	
	vrijednost	vrsta vode	vrijednost	vrsta vode
pH - vrijednost	7,62	I	7,78	I
alkalitet, mgCaCO3/L	209	I	225	I
elektro provodnost, µS/cm-1	372	I	517	II
otopljeni kisik, mgO2/L	7,17	I	4,9	III
zasićenje kisikom, %	61,8	III	41,88	IV

KPK - Mn, mgO2/L	12,87	III	9,7	III
BPK5 , mgO2/L	4,92	III	3,9	II
amonij, mgN/L	1,63	V	1,12	IV
nitriti, mgN/L	0,041	III	0,039	III
nitrati, mgN/L	0,30	I	0,68	II
ukupni dušik, mgN/L	2,50	III	2,0	II
ukupni fosfor, mgP/L	0,36	III	0,32	III
broj koliformnih bakterija, UK/100mL	2175	III	2400	III
broj fekalnih koliforma, FK/100mL	340	III	270	III
broj aerobnih bakterija, BK/mL	79 40	II	14100	III

Na kanalu Veliki Strug analizama vode utvrđen je visok sadržaj dušikovih spojeva, posebno amonijaka, kao i nepovoljan režim kisika. Koncentracije amonijaka u 2006. godini nešto su niže od izmjerenih u 2005. godini. Uzimajući amonijak kao najlošiji izmjereni parametar, voda kanala Veliki Strug je i dalje IV vrste.

TABLICA 2. 2.: Rezultati analize vode na potoku Brestača

pokazatelj	2005.god		2006. god.	
	vrijednost	vrsta vode	vrijednost	vrsta vode
pH - vrijednost	7,89	I	8,125	I
alkalitet, mgCaCO3/L	283	I	335	I
elektro provodnost, µS/cm-1	528	II	649	II
otopljeni kisik, mgO2/L	9,06	I	8,75	I
zasićenje kisikom, %	-		80,1	I
KPK - Mn, mgO2/L	6,26	II	3,75	I
BPK5 , mgO2/L	2,46	II	1,8	I
amonij, mgN/L	0,53	III	0,22	II
nitriti, mgN/L	0,036	III	0,031	III
nitrati, mgN/L	0,49	I	0,51	II
ukupni dušik, mgN/L	1,25	II	1,395	II
ukupni fosfor, mgP/L	0,10	II	0,135	II
broj koliformnih bakterija,UK/100mL	346	II	1130	III
broj fekalnih koliforma,FK/100mL	18	I	38	II
broj aerobnih bakterija,BK/mL	3500	II	12475	III

Potok Brestača se nalazi u neposrednoj blizini Parka prirode Lonjskog polja, te obzirom na visoku koncentraciju nitrita, može pogoršati kvalitetu voda parka. U vodama je povećan broj fekalnih bakterija, te je stoga voda III vrste.

TABLICA 2. 3.: Rezultati analize vode na potoku Ludinica

pokazatelj	2005.god.		2006. god.	
	vrijednost	vrsta vode	vrijednost	vrsta vode
pH - vrijednost	7,30	I	7,84	I
alkalitet, mgCaCO3/L	185	II	124	II
elektro provodnost, µS/cm-1	403	I	318	I
otopljeni kisik, mgO2/L	3,0	IV	7,95	I
zasićenje kisikom, %	30,9	IV	77,01	II
KPK - Mn, mgO2/L	9,46	III	8,0	III
BPK5 , mgO2/L	2,3	II	2,35	II
amonij, mgN/L	0,51	III	0,45	II
nitriti, mgN/L	0,015	II	0,0225	II
nitrati, mgN/L	0,21	I	0,575	II
ukupni dušik, mgN/L	1,25	II	1,48	II
ukupni fosfor, mgP/L	0,17	II	0,165	II
broj koliformnih bakterija,UK/100mL	1733	III	2400	III
broj fekalnih koliforma,FK/100mL	440	III	1390	IV
broj aerobnih bakterija,BK/mL	1233	II	5400	II
kadmij µg/L			<0,1	I
olovo µg/L			1,25	II
živa µg/L			0,026	III

Potok Ludinica je vodotok u neposrednoj blizini Parka prirode Lonjskog polja. Obzirom na visok sadržaj amonijaka, te povećano mikrobiološko opterećenje, Ludinica može negativno utjecati na vode u parku. Tijekom 2006. godine na potoku je zabilježena i povećana koncentracija žive. Potok je IV vrste voda.

TABLICA 2. 4.: Rezultati analize vode na rijeci Česma

pokazatelj	2005. god.		2006.god.	
	vrijednost	vrsta vode	vrijednost	vrsta vode
pH - vrijednost	7,66	I	8,07	I
alkalitet, mgCaCO3/L	227	I	200	II
elektro provodnost, µS/cm-1	448	I	485	I
otopljeni kisik, mgO2/L	5,3	III	7,4	I
zasićenje kisikom, %	54,5	III	68,87	III
KPK - Mn, mgO2/L	8,9	III	8,65	III
BPK5 , mgO2/L	3,57	II	4,6	III
		III		

amonij, mgN/L	1,08	IV	1,16	IV
nitriti, mgN/L	0,138	IV	0,086	III
nitrati, mgN/L	1,28	II	1,335	II
ukupni dušik, mgN/L	3	II	4,13	III
ukupni fosfor, mgP/L	0,50	III	0,485	III
broj koliformnih bakterija,UK/100mL	9000	III	1600	III
broj fekalnih koliforma,FK/100mL	260	III	180	III
broj aerobnih bakterija,BK/mL	16600	III	11750	III

Analize vode rijeke Česme na lokaciji Obelišće (utok u rijeku Lonju) pokazuju povišen sadržaj amonijaka i nitrita, povišen BPK5 i nisku saturaciju kisika, što ovaj vodotok svrstava u IV vrstu voda. Ovakva kvaliteta vode doprinosi lošijoj kvaliteti voda Lonjskog polja.

TABLICA 2. 5.: Rezultati analize vode na mrtvaju Krapje Đol

pokazatelj	**2005.god.**		**2006.god.**	
	vrijednost	**vrsta vode**	**vrijednost**	**vrsta vode**
pH - vrijednost	7,69	I	7,865	I
alkalitet, mgCaCO3/L	170	II	218	I
elektro provodnost, µS/cm-1	233	I	461	I
otopljeni kisik, mgO2/L	5,37	III	6,65	II
zasićenje kisikom, %	52,07	III	53,34	III
KPK - Mn, mgO2/L	9,75	III	9,55	III
BPK5 , mgO2/L	3,45	II	5,6	III
amonij, mgN/L	0,32	III	1,19	IV
nitriti, mgN/L	0,033	III	0,0205	II
nitrati, mgN/L	0,587	II	0,34	I
ukupni dušik, mgN/L	1,677	II	3,73	III
ukupni fosfor, mgP/L	0,195	V	0,475	III
broj koliformnih bakterija,UK/100mL	367	II	3800	III
broj fekalnih koliforma,FK/100mL	136	III	310	III
broj aerobnih bakterija,BK/mL	13375	III	3075	II

Mrtvaj Krapje Đol prestavlja odvojak rijeke Save, koji je izgubio vezu s matičnom rijekom, a nalazi se na lokaciji sela Drenov Bok u neposrednoj blizini vodozahvata. Analize vode mrtvaja pokazuju visok sadržaj amonijaka (čija se koncentracija od 2005. do 2006. godine povećala za 3,5 puta) i ukupnog fosfora, kao i veliko mikrobiološko opterećenje, što ovu vodu svrstava u IV vrstu.

TABLICA 2. 6.: Rezultati analize vode u retenciji Lonjsko polje

pokazatelj	2005.god.		2006.god	
	vrijednost	vrsta vode	vrijednost	vrsta vode
pH - vrijednost	8,54	I	8,13	I
alkalitet, mgCaCO3/L	113	II	163	II
elektro provodnost, µS/cm-1	252	I	410	I
		I		
otopljeni kisik, mgO2/L	14,3	I	12,7	I
zasićenje kisikom, %	144	IV	98,15	I
KPK - Mn, mgO2/L	12,7	II	7,7	II
BPK5 , mgO2/L	7,2	III	4,2	III
amonij, mgN/L	0,33	III	0,3	III
nitriti, mgN/L	0,030	II	0,028	II
nitrati, mgN/L	0,85	II	1,44	II
ukupni dušik, mgN/L	1,42	II	2,4	II
ukupni fosfor, mgP/L	0,07	IV	0,1	IV
broj koliformnih bakterija,UK/100mL	22	I	7	I
broj fekalnih koliforma,FK/100mL	2	I	2	I
broj aerobnih bakterija,BK/mL	2000	II	800	I
kadmij µg/L	<1	I	<0,1	I
olovo µg/L	<0,1	I	<0,1	II
živa µg/L	0,011	II	0,063	III
atrazin µg/L	<0,01	I	<0,005	I
PCB µg/L	<0,01	I	<0,005	I
lindan µg/L	<0,001	I	<0,001	I
DDT µg/L	<0,001	I	<0,001	II

Analize vode u retenciji Lonjsko polje tijekom dvije godine pokazuju da se stanje nije poboljšalo. Voda je i dalje IV vrste. U vodama je zabilježena povišena koncentracija amonijaka, fosfora, žive i DDT-a.

TABLICA 2. 7.: Rezultati analize vode u retenciji Opeke

pokazatelj	2005.god.		2006.god	
	vrijednost	vrsta vode	vrijednost	vrsta vode
pH - vrijednost	8,17	I	8,29	I
alkalitet, mgCaCO3/L	255	I	325	I
elektro provodnost, µS/cm-1	525	II	881	III
otopljeni kisik, mgO2/L	8,0	I	11,8	I

zasićenje kisikom, %	83,9	I	88,12	II
KPK - Mn, mgO2/L	6,9	II	4,0	II
BPK5 , mgO2/L	10,2	II	3,6	II
amonij, mgN/L	1,42	IV	1,49	IV
nitriti, mgN/L	0,075	III	0,02	III
nitrati, mgN/L	2,01	III	1,08	III
ukupni dušik, mgN/L	4,63	III	6,86	III
ukupni fosfor, mgP/L	0,56	III	0,32	V
broj koliformnih bakterija,UK/100mL	2400	III	2400	III
broj fekalnih koliforma,FK/100mL	2400	IV	240	III
broj aerobnih bakterija,BK/mL	2600	II	7000	II
				I
kadmij µg/L	<0,1	I	<0,1	I
olovo µg/L	<1	I	<1,0	I
živa µg/L	<0,01	I	<0,01	I
				II
atrazin µg/L	0,082	I	0,072	I
PCB µg/L	0,001	I	<0,005	I
lindan µg/L	<0,001	I	0,001	I
DDT µg/L	<0,001	I	0,001	I

Rezultati analize vode u retenciji Opeke pokazuju da se kvaliteta vode nešto pogoršala, tj. da su parametri C (hranjive tvari) i D skupine (mikrobiološki) za kategoriju/dvije niži u 2006. u odnosu na 2005. godinu. Zabilježen je visok sadržaj amonijaka i fosfora, te je stoga voda u retenciji Opeke V vrste.

TABLICA 2. 8.: Rezultati analize vode u retenciji Mokro polje

pokazatelj	**2005.god.**		**2006.god**	
	vrijednost	**vrsta vode**	**vrijednost**	**vrsta vode**
pH - vrijednost	7,88	I	8,28	I
alkalitet, mgCaCO3/L	210	I	205	I
elektro provodnost, µS/cm-1	387	I	470	I
otopljeni kisik, mgO2/L	2,4	V	11,8	I
zasićenje kisikom, %	25,7	IV	87,86	II
KPK - Mn, mgO2/L	4,7	II	309	I
BPK5 , mgO2/L	1,5	I	2,7	I
amonij, mgN/L	0,43	III	0,19	II
nitriti, mgN/L	0,008	I	0,006	I
nitrati, mgN/L	0,12	I	0,04	I

ukupni dušik, mgN/L	1,61	II	4,57	III
ukupni fosfor, mgP/L	0,04	I	0,04	III
broj koliformnih bakterija,UK/100mL	50	II	15	I
broj fekalnih koliforma,FK/100mL	8	I	5	I
broj aerobnih bakterija,BK/mL	1000	II	500	II
kadmij µg/L	<0,1	I	<0,1	I
olovo µg/L	<1	I	<0,1	I
živa µg/L	<0,01	I	0,01	I
atrazin µg/L	0,002	I	0,005	I
PCB µg/L	<0,001	I	<0,005	I
lindan µg/L	<0,001	I	0,001	I
DDT µg/L	<0,001	I	0,001	I

Rezultati analize voda u retenciji Mokro polje pokazuju povećanu koncentraciju amonijaka, koja je nešto niža u 2006. u odnosu na 2005. godinu. Nepovoljan je sadržaj kisika u vodi, a povećana je i koncentracija fosfora. Uspoređujući rezultate analize svih parametara, može se zaključiti da je voda u retenciji Morko polje u 2006. godini III vrste, dok je u 2005. godini bila V vrste voda.

ZAKLJUČAK

Razultati analiza voda provedenih tijekom 2005. i 2006. godine pokazuje da se kvaliteta voda nije znatnije promijenila tijekom dvogodišnjeg perioda, odnosno da je kvaliteta voda daleko ispod propisane u Državnom planu za zaštitu voda. Fizikalno-kemijski parametri praćenja kakvoće voda pokazuju da su vode uglavnom I-II vrste. Parametri C skupine (hranjive tvari) pokazuju najlošije rezultate, te su obzirom na izmjerene vrijednosti, vode III i IV vrste. Posebno visok sadržaj amonijaka zabilježen je u vodama kanala Veliki Strug, Česma, te mrtvaju Krapje Đol. Visok sadržaj fosfora zabilježen je u retenciji Lonjsko polje (IV vrsta voda) i na mrtvaju Krapje Đol (V vrsta voda). Kako vode u retenciji predstavljaju visoke (poplavne vode) koje ispiru okolno zemljište, za pretpostaviti je da je visok sadržaj amonijaka i fosfora posljedica uporabe sredstava koja se koriste u poljoprivredi, osobito sredstava za zaštitu bilja.

Osim parametara koji su prikazani kroz tablice izvršena je i analiza prisutnih metala u vodama: kadmija, olova i žive. Analize su pokazale da su živa i olovo prisutni u svim vodama u Lonjskom polju, ali i u vodama koje utječu na park prirode (Brestača, Ludinica, Česma), te da su vode obzirom na sadržaj olova i žive II - III vrste. U vodama su analizirani i organski spojevi: atrazin, PCB, lindan i DDT. Prisutnost navedenih spojeva u tekućicama je vrlo mala (te su one I vrste voda), dok je u retenciji Lonjsko polje zabilježena povišena koncentracija DDT-a, što potvrđuje tvrdnju da su vode u retenciji onečišćene sredstvima korištenim u poljoprivredne svrhe.

LITERATURA:

1) I. Brkić; M. Kodrić-Šmit: Analitička izvješća za vode tijekom 2004/2005. godine; Zavod za javno zdravstvo Sisačko-moslavačke županije

2) I. Brkić; M. Kodrić-Šmit: Analitička izvješća za vode tijekom 2006. godine; Zavod za javno zdravstvo Sisačko-moslavačke županije

3) I Brkić; M. Kodrić-Šmit: Izvješće o sustavnom praćenju kakvoće lokalnih površinskih voda na području Sisačko-moslavačke županije (prosinac 2006. godine)

4) B. Bobetko-Majstorović: Izvješće o praćenju kakvoće lokalnih površinskih voda na području Sisačko-moslavačke županije (2004/2005. godina), Zavod za prostorno uređenje Sisačko-moslavačke županije

5) Grupa autora - Prostorni plan područja posebnih obilježja Parka prirode Lonjsko polje (prijedlog za javni uvid); Zavod za prostorno uređenje Sisačko-moslavačke županije (studeni 2003. godine)

6) Uredba o klasifikaciji voda (NN br. 77/98)

7) Državni plan za zaštitu voda (NN 8/99)

AUTORICA:

Blanka Bobetko-Majstorović, dipl. ing. biol.
Stručni savjetnik u Upavnom odjelu za zaštitu okoliša i prirode SMŽ
Sisačko-moslavačka županija, Trg bana Josipa Jelačića 6, SISAK 44 000
tel 044 540 022 / fax 044 510 069, E mail adresa: blanka.bobetko-majstorovic@smz.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.03.

KVALITETA VODE IZVORIŠTA SARAJEVSKO POLJE I PRIJEDLOG MONITORINGA

Hasija Busuladžić, Haša Bajraktarević-Dobran

SAŽETAK: Izvorište Sarajevsko polje osigurava 90 % količina voda za vodoopskrbu Sarajeva, a čine ga podzemne akumulacije pitkih i termalnih voda. Podzemne akumulacije pitkih voda se prihranjuju infiltracijom vode iz rubnih vodotoka (prvenstveno Željeznice i Bosne) te podzemnim dotokom iz krške akumulacije Igman-Bjelašnica. Do sada (od 1962.) nije bilo poteškoća u pogledu kvalitete vode niti je bilo potrebe za njezinim pročišćivanjem, izuzimajući kloriranje vode. Međutim, zbog kratkog vremena zadržavanja vode u podzemlju (u prosjeku 2-4 dana, a na prostoru Lužana oko 17 dana) povećava se opasnost od incidentnih zagađenja. Radi pravovremene zaštite Izorišta, na temelju sveobuhvatnih analiza, proizišao je i prijedlog monitoringa kvalitete vode (praćenje šest pkazatelja kvalitete vode na odabranim lokacijama).

KLJUČNE RIJEČI: izvorište Sarajevsko polje, kvaliteta vode, monitoring, vodoopskrba, podzemna akumulacija

QUALITY OF WATER FROM THE SARAJEVO BASIN SPRING AND MONITORING PROPOSAL

SUMMARY: The spring of the Sarajevo polje provides for 90 % quantity of necessary water supply to the city of Sarajevo, and it comprises the underground accumulations of potable and thermal waters. Reinforcement of the underground accumulations of potable waters is being done with infiltration of waters from the bordering areas water rivers (primarily from the Željeznica and Bosna) and the underground inflow from the karst accumulation of Igman and Bjelašnica. So far (since 1962), there were no reported difficulties with regard to quality of water, or the necessity for its treatment, with the exception of chlorination. However, due to short period of retention of the water underground (at average between 2 and 4 days, and at the area of Lužani around 17 days) the risk of possible pollution incidents has been increased. In order to protect the water spring in a timely manner, and based on a thorough analysis, it has been proposed to monitor the quality of water (monitoring of six water quality parameters at selected areas).

KEY WORDS: spring of the Sarajevo polje, quality of water, monitoring, water supply, underground accumulation

1. UVOD

Sarajevsko polje formirano je depresijom tektonskog podrijetla, prouzrokovanoj busovačkim razlomom i njegovim manifestacijama. Izvorišni prostor čine: akumulacija pitkih voda (s dva vodonosna sloja, vezana uz blok Igman-Bjelašnica) i akumulacija termalnih voda, vezana uz busovački razlom [7,8,4,1].

Istražni prostor pokriven je vodomjernim stanicama (osnovna hidrološka mreža - oko 30 godina promatranja do rata) i mrežom promatračkih pijezometara. Nakon rata, reduciran je broj mjernih točaka za praćenje razine podzemne akumulacije (dio uništen ili nepristupačan zbog minskih polja). Trenutačno se razina mjeri u 36 bunara i na 38 pijezometara (slika 1, [12,4,3,5]).

S retardacijskom moći koja se kreće i do 20 dana te sudjelovanjem sniježnih padalina 40-50 %, Blok Igman-Bjelašnica diktira zoni Polja, koje hrani, složeni sniježno-kišni režim voda s dva maksimuma (proljetni i jesenji) i dva minimuma (ljetni i zimski). Dio Polja koji se nalazi pod utjecajem rijeke Željeznice ima jedan maksimum, u prosincu [4,12]. Rubni vodotoci, Bosna (Q_{sr}=6,50 m^3/s), Željeznica (Q_{sr}= 6,902 m^3/s), Večerica (Qsr=0,678 m^3/s) i potok Stojčevac, prirodnom infitracijom znatno prihranjuju podzemnu akumulaciju Sarajevsko polje [12].

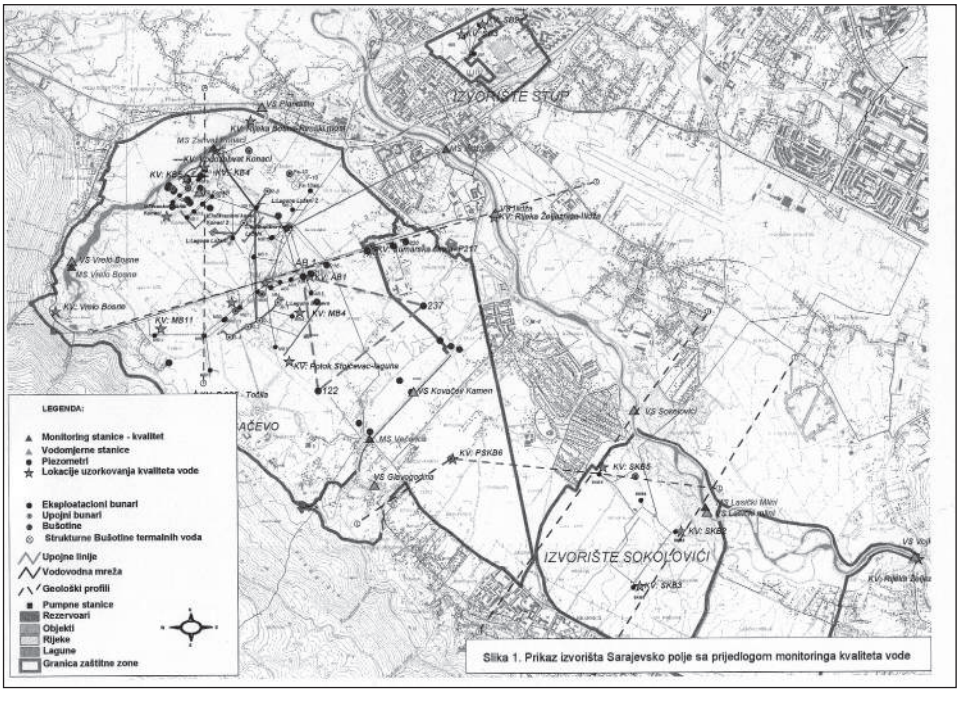
Prostor podzemne akumulacije Sarajevsko polje je ključan za opskrbu Sarajeva vodom i u budućnosti. Ranijim istraživanjima, ovisno od hidrološkim prilikama, dokazano je da se prirodno obnovljive količine podzemne akumulacije kreću od 800-1250 l/s te da eksploatacija u toj količini ne ugrožava podzemnu akumulaciju [2]. Međutim, od puštanja u rad ovoga izvorišta, eksploatacijske su količine uglavnom premašivale prirodno obnovljive količine (danas se zahvaća 2467 l/s-2667 l/s), što je uvjetovalo primjenu umjetnog prihranjivanja početkom 80-tih godina. Od tada, nastali deficit u količinama, uglavnom se nadoknađuje umjetnim prihranjivanjem vodom iz rijeke Bosne, bez predhodne obrade (600 l/s -1071 l/s), te izravnim zahvatom i obradom vode rijeke Bosne ("Filter Bosna" I. i II. faza 400 l/s).

2. MONITORING ZA KONTROLU I OSIGURANJE KVALITETA PITKE VODE

2.1. Dosadašnja istraživanja

Tijekom eksploatacije podzemne vode, od 1962. do danas, nije bilo poteškoća u pogledu njezine kvalitete (potrebno samo kloriranje vode). To je prvenstveno osigurano filterskim djelovanjem šljunčano - pjeskovitih sedimenata kroz koje se voda kreće.

Na izvorištu Sarajevsko polje KJKP "Vodovod i kanalizacija" d.o.o. Sarajevo uspostavio je stalni nadzor pokazatelja kvalitete vode [5,10]. Mjesta za uzimanje uzoraka vode naznačena su na slici 1. Mjesečno se rade prošireni pregledi fizičko-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja, a dnevno njihovi temeljni pregledi. Periodični pregledi obuhvaćaju specifične pokazatelje (teški metali, fenoli, deterdženti) i rade se tromjesečno, jer nema industrijskih zagađivača.



Slika 1.: Prikaz izvorišta Sarajevsko polje sa prijedlogom monitoringa kvalitete vode [3,5]

Također su povremeno rađena opsežnija i detaljnija ispitivanja (velike, male i srednje vode; pijezometri i eksploatacijski bunari, pripadajući vodotoci) [4]. U skopu dodatnih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških analiza [5], rađenih od travnja 2001. do travnja 2002. godine, potvrđena je visoka kvaliteta voda ovoga izvorišta.

Na kvalitetu voda površinskih tokova uglavnom utječe izravno ispuštanje otpadnih voda. U kišnom razdoblju, uz kvantitativne se promjene mijenja i kvaliteta voda (lebdeći i vučni nanosi; spiranje gnojiva s poljoprivrednih površina).

Na temelju stalne kontrole fizičko-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja [5] i dodatnih istraživanja (predhodnih [4] i novih [5,3], travanj 2001 - travanj 2002), utvrđena je dobra i ustaljena kvaliteta sirove vode rijeke Bosne, na profilima Vrelo Bosne i nizvodno od Vrela Bosne (infiltracijski kanal Konaci 1). Iznimak je povremena mutnoća. Prema zakonskim propisima [13], radi se o I. klasi kvalitete vode

Može se konstatirati da je kvaliteta voda rijeke Željeznice lošija od kvalitete vode rijeke Bosne, pa je prijeko potrebno provođenje odgovarajućih zaštitnih mjera slijevnog područja [4]. Rezultati ispitivanja [8] ukazuju na pojave mutnoće i suspendiranih tvari (premašuju sadržaj propisan za II. klasu, pri srednjim i velikim vodama).

Promjena kvalitete vode rijeke Večerice primjećena je uz uočljiv porast zagađenja [9]. Povećane mutnoće i vrijednosti pokazatelja organskog zagađenja odgovarale su I/II. klasi, a broj koliformnih bakterija II/III. klasi kvalitete vode. Međutim kasnijim istraživanjima (2003), u sličnim uvjetima, utvrđena je I. klasa kvalitete vode rijeke Večerice [5].

Rezultati hidrobioloških istraživanja (1985-1987) vodotoka Bosne, Željeznice i Večerice posredno daju uvid u dugotrajne utjecaje zagađenja na kvalitetu voda vodotoka [4,8].

Vidljiva je postojanost kvalitete vode navedenih vodotoka (Bosna: Vrelo Bosne-infiltracijski kanal Konaci1, I. klasa; Željeznica: Krupačke stijene-ušće Večerice, I. klasa i ušće Večerice - ušće u Bosnu, II. klasa; Večerica, II. klasa).

2.2. Prijedlog monitoringa

Zahvat vode iz otvorenih tokova, s varijabilnim kvalitetom vode, ili zahvat podzemne vode s kratkim vremenom zadržavanja u podzemlju, zbog mogućnosti incidentnih ili namjernih zagađenja nameće potrebu stalnog praćenja promjene kvalitete vode. Većina automatskih uređaja za praćenje kvalitete voda, fiksnih ili pokretnih, uglavnom uključuje temeljne fizičko-kemijske pokazatelje kvalitete sirove i pročišćene vode - indikatore.

Uspostava funkcionalnog monitoringa kvalitete vode na izvorištu podzemne akumulacije Sarajevsko polje ima za cilj, stalnim nadzorom odgovarajućih pokazatelja, spriječiti pogoršanje kvalitete površinskih i podzemnih voda te uspostaviti sustav ranog upozorenja. Definiranjem dogovorenih i propisanih granica te propisane razine prihvatljivog rizika, kao i praćenjem aktivnosti u slijevu, osiguralo bi se odvijanje svih aktivnosti u propisanim - dozvoljenim granicama. Međutim, u našoj zemlji integralna metoda planiranja i upravljanja vodama, zbog specifičnosti uređenja vlasti, još nije u primjeni. Iz tih razloga, nije bilo moguće definirati mjesta i pokazatelje monitoring stanica na pripadajućim riječnim slijevovima. Prema tome, i dalje je prisutan rizik od incidentnog zagađenja, kao posljedica aktivnosti u dijelu slijeva koji se nalazi u nadležnosti drugog entiteta. Zbog zaostalih minskih polja na slijevnom području, lokacije za praćenje kvantitativnih i kvalitativnih pokazatelja odabrane su unutar zaštitnih zona (I. i II.) podzemne akumulacije Sarajevsko polje, u Federaciji Bosne i Hercegovine.

I ranije je postojala potreba za praćenjem kvalitativnih značajki podzemnih i površinskih voda ovoga izvorišta. Godine 1984, nakon potrebnih istraživanja, postavljene su dvije monitoring stanice, za automatsko mjerenje temeljnih pokazatelja kvalitete: kod bunara AB1 (pH, temperatura, sadržaj sulfata i provodivost) - za kontrolu kvalitete podzemne vode; na infiltracijskom kanalu Konaci 1 (pH, temperatura, mutnoća, provodivost i redoks) - za kontrolu kvalitete površinske vode.

Te su godine one bile u pokusnom radu i nakon toga su napuštene. Tijekom posljednjeg rata u cjelosti su uništene i ne postoje zapisi o njihovom radu.

Imajući u vidu značajne izmjene strukture potencijalnih zagađivača u slijevu te činjenicu da će se prekomjerna eksploatacija podzemne akumulacije Sarajevskvo polje, uz pomoć umjetne infiltracije, nastaviti i u idućem razdoblju, osim redovitih, rađena su i dodatna - namjenska laboratorijska ispitivanja kvalitete voda na više lokacija [3]. Iako nije bilo značajnih odstupanja pojedinih vrijednosti pokazatelja, rađena je i temeljna statistička obrada podataka za svako mjerno mjesto (tablica 1). Provedena je i korelacijska analiza. Dobiveni rezultati ukazuju da je jačina međusobnih veza, između odabranh pokazatelja kvalitete, neznatna [3].

S obzirom na visoku i ujednačenu kvalitetu podzemnih i površinskih voda, sa stajališta funkcionalnosti i sigurnosti ovoga izvorišta u idućem razdoblju, bilo bi potrebno u I. fazi, uspostaviti monitoring kvalitete vode prema slici 1, na način naveden u nastavku.

1. Monitoring stanica koncipirana je tako da može mjeriti šest pokazatelja (pH, temperatura, elektoprovodivost, mutnoća, redoks-potencijal i sadržaj otopine kisika), s mogućnošću prijenosa podataka u Podcentar-PC Bačevo.
2. Mikrolokacije za monitoring stanice određene su: na rijeci Bosni (PS.Vrelo Bosne i Zahvat “Konaci”); na rijeci Željeznici (VS Lasički Mlini i pješački most nizvodno od

Tablica br. 1.: Statistička obradba pokazatelja kvalitete vode za odabrane lokalitete izvorišta Sarajevsko polje (siječanj - ožujak 2002) [3]

Bosna - Vrelo Bosne (sirova voda)						
Pokazatelji	**Broj uzoraka**	**Srednja vrijednost**	**Min vrijednost**	**Max vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije**
mutnoća (NTU)	6	1,55	1,10	2,10	0,42	27,29
el.vodiv. (µS)	6	247,17	221,0	272,00	19,56	7,913
pH	6	7,97	7,70	8,10	0,17	2,186
utrošak KMnO4 (mg/l)	6	3,05	2,52	3,16	0,26	8,56
kloridi (mg/l)	6	1,80	1,60	2,0	0,22	12,17
sulfati (mg/l)	6	1,67	1,0	2,0	0,52	30,98
Bosna - Zahvat "Konaci" (sirova voda)						
Pokazatelji	**Broj uzoraka**	**Srednja vrijednost**	**Min vrijednost**	**Max vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije**
mutnoća (NTU)	88	0,51	0,07	2,8	0,42	82,09
el.vodiv. (µS)	88	269,30	224,00	302,0	17,91	6,65
pH	88	7,98	7,75	8,15	0,08	0,99
utrošak KMnO4 (mg/l)	88	1,60	0,63	4,74	0,81	50,69
kloridi (mg/l)	88	1,20	0,60	2,00	0,30	25,35
sulfati (mg/l)	88	0,86	0,00	2,00	0,41	47,05
Konački bunar KB4 (sirova voda)						
Pokazatelji	**Broj uzoraka**	**Srednja vrijednost**	**Min vrijednost**	**Max vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije**
mutnoća (NTU)	60	0,37	0,05	4,30	0,55	149,61
el.vodiv. (µS)	60	276,35	251,0	307,0	13,25	4,79
pH	60	7,84	7,59	8,11	0,12	1,52
utrošak KMnO4 (mg/l)	60	1,83	0,63	3,16	0,53	28,91
kloridi (mg/l)	60	5,33	4,0	7,60	0,69	12,97
sulfati (mg/l)	60	10,57	8,0	12,0	1,29	12,24
Konački bunar KB3 (sirova voda)						
Pokazatelji	**Broj uzoraka**	**Srednja vrijednost**	**Min vrijednost**	**Max vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije**
mutnoća (NTU)	27	0,24	0,05	0,70	0,18	78,41
el.vodiv. (µS)	27	225,96	201,0	250,0	11,45	5,07
pH	27	7,77	7,65	7,90	0,06	0,79
utrošak KMnO4 (mg/l)	27	1,81	0,97	3,78	0,63	35,05
kloridi (mg/l)	27	3,19	3,0	3,6	0,27	8,34
sulfati (mg/l)	27	11,22	8,0	14,0	1,87	16,64
Sokolovićki bunar SKB5 (klorirana voda)						
Pokazatelji	**Broj uzoraka**	**Srednja vrijednost**	**Min vrijednost**	**Max vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije**
mutnoća (NTU)	39	0,22	0,01	0,7	0,18	81,28
el.vodiv. (µS)	39	301,74	284,0	335,0	13,27	4,39
pH	39	7,82	7,60	8,10	0,15	1,89
utrošak KMnO4 (mg/l)	39	1,44	0,94	3,16	0,53	37,01
kloridi (mg/l)	39	3,36	3,0	4,0	0,49	14,47
sulfati (mg/l)	39	12,62	10,0	15,0	1,46	11,59
PS. Stup zbrojno bunari SB2 i SB3 (klorirana voda)						
Pokazatelji	**Broj uzoraka**	**Srednja vrijednost**	**Min vrijednost**	**Max vrijednost**	**Standardna devijacija**	**Koeficijent varijacije**
mutnoća (NTU)	57	0,19	0,05	0,85	0,18	92,79
el.vodiv. (µS)	57	542,16	462,0	893,0	30,11	5,55
pH	57	7,33	7,16	7,88	0,13	1,73
utrošak KMnO4 (mg/l)	57	1,66	0,63	3,86	0,62	37,28
kloridi (mg/l)	57	16,09	12,0	20,0	2,77	17,19

VS Ilidža) te na rijeci Večerici (na mostu nizvodno od VS Glavogodina). Predviđeno je korištenje lokacije postojećih vodomjernih stanica (VS), koje treba osposobiti kako bi se, uz kvalitetu površinskih voda, istovremeno pratili vodostaji i protoci. Na taj bi se način stavili pod kontrolu rubni vodotoci i zone prirodne infiltracije od značaja za podzemnu akumulaciju Sarajevsko polje.

Stavljanjem u funkciju I. faze uređaja "Filter Bosna" 2002, na zahvatu "Konaci" uspostavljeno je automatsko praćenje kvalitete sirove vode rijeke Bosne (temperatura, elektroprovodivost, mutnoća, pH, redoks-potencijal, otopine kisika i ukupni ugljik i dušik-TOCN). U pogonskom laboratoriju provodi se i dodatna kontrola pokazatelja kvalitete sirove i pročišćene vode. Također je na vodozahvatu uspostavljena i svakodnevna analiza kompozitnog uzorka sirove vode rijeke Bosne, čime je zajamčena kvaliteta vode što se distribuira u objekte za umjetnu infiltraciju.

3. Kontrola kvaliteta podzemnih voda, koju provodi KJKP "Vodovod i Kanalizacija" d.o.o. Sarajevo, na opsegu akumulacije Sarajevsko polje, podrazumijeva periodične analize (četri puta godišnje) sirove vode u svim eksploatacijskim bunarima, a po potrebi i češće. Na isti način se vrši kontrola kvalitete u ključnim/reprezentativnim pijezometrima. Zbog povoljnih kvalitativnih značajki podzemne vode (povoljne geološke i hidrogeološke značajke stijena, mogućnost lakog i brzog utvrđivanja nastajanja sekundarnog zagađenja i otklanjanja njegovog uzroka), trenutačno uspostavljena razina praćenja njezine kvalitete može se smatrati zadovoljavajućim. Međutim, u idućem razdoblju potrebno je uspostaviti adekvatan monitoring za praćenje kvalitete podzemnih voda, na temelju dodatnih istraživanja.

3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Eksploatacija, s pojedinih lokaliteta u izvorišnom prostoru Sarajevskog polja, dostigla je takvu razinu da se zahtijeva dinamičko praćenje stanja ovoga sustava, kako u kvantitativnom tako i u kvalitativnom smislu. Analizom i reinterpretacijom dosadašnjih istraživanja na prostoru izvorišta Sarajevsko polje došlo se do potrebnih podatka i informacija u vezi s problematikom kvalitete voda [3]. Utvrđena je visoka i ujednačena kvaliteta podzemne vode, ali zbog kratkog vremena zadržavanja vode u podzemlju, prema svjetskim iskustvima, ovo se izvorište svrstava u iznimno osjetljivo.

Voda nije opterećena otpadnim industrijskim polutantima (teški metali, deterdženti, fenoli), a promjene vrijednosti mutnoće i potrošnje $KMnO_4$ u izravnoj su sprezi s meteorološkim uvjetima (sušno, kišovito i razdoblje otapanja snijega).

Pojedinačna mjerenja dušikovih spojeva (amonijak, nitriti), kao i rezultati mikrobioloških analiza, ukazuju na postojanje povremenog fekalnog zagađenja. To se može vezati za utjecaj otpadnih kanalizacijskih voda iz naselja lociranih duž toka rijeke Bosne. Konstantna koncentracija nitrata, vrlo niska (ispod dopuštenih vrijednosti), indikator je starog fekalnog zagađenja. Serijom mjerenja nisu registrirani skokovi koncentracije nitrata, što nas navodi na zaključak kako ne postoje negativni utjecaji, s okolnog zemljišta koje se koristi u poljoprivredne svrhe, uz upotrebu umjetnog gnojiva.

Nužno je u slijedećim aktivnostima snimiti trenutačno stanje i uspostaviti kontinuirano promatranje, mjerenje i kontrolu svih pokazatelja koji definiraju stanje eksploatacije (relevantne hidrološke veličine) u uvjetima umjetne infiltracije i kvalitete vode:

- ***praćenje nivoa podzemnih i površinskih voda*** (izgradnju novih i obnovu postojećih stanica na rubnim vodotocima; uspostavu i obnovu postojeće pijezometarske mreže);

- ***mjerenje infiltracijskih količina*** (trenutačno stanje infitracije; obuhvaćanje bitnih pokazatelja, pri različitim hidrološko - hidrauličkim uvjetima, za buduće - planirano praćenje infiltracije voda rijeke Željeznice);
- ***uspostava monitoringa kvalitete*** (praćenje i analiza kvalitete vode preko odabranih pokazatelja, na rijeci Bosni - dvije monitoring stanice; na rijeci Željeznici dvije - stanice; i na rijeci Večerici - jedna stanica - slika 1).

Prilikom formiranja mjernih profila, osim uspostave novih, nužno je obuhvatiti stara mjerna mjesta, zbog kontinuiteta posmatranja (povezivanje novih priklupljenih podataka s povjesnim podacima, radi formiranja jedinstvenog statističkog uzorka).

Sa stajališta zaštite, nužno je polaznim osnovama odrediti slijedeće:

- u osnovnom vodotoku, koji služi za prihranjivanje, voda treba biti u I. klasi boniteta;
- vode u neposrednoj blizini zahvatnih objekata trebaju zadovoljavati uvjete standarda kvalitete vode za piće.

Trenutačne zaštitne zone, izvorišta pitke vode Sarajevskog polja [1] uspostavljene su na temelju, do tada poznatih, činjenica o režimu kretanja podzemne vode, hidrogeološkim odnosima podzemnih horizonata, zahvatnim objektima, hidrološkom režimu u otvorenim tokovima, gustoći izgrađenosti na slijevu i opremljenosti komunalnim uređajima. Povećana eksploatacija zahtijeva i pravovremene akcije na planu zaštite voda na slijevu i izvorišnom prostoru. Radi provođenja zaštitnih mjera na prostoru Sarajevskog polja i šire, za sva izvorišta i vodotoke treba izraditi ***inovaciju planova zaštite*** [1,11]. U njih se moraju inkorporirati nova stanja, počev od namjene površina do izmijenjenog upravljačkog sustava. Potrebno je posebnu pažnju posvetiti rješavanju zaštitnih mjera na zajedničkim slijevnim površinama obaju entiteta (Federacije BiH i Republike Srpske), jer industrija iz drugog entiteta može ozbiljno ugroziti izvorišni prostor Sarajevskog polja.

4. LITERATURA

1. Avdagić, I. (1999): Zaštita izvorišta vode Sarajevskog polja (Interventne mjere za prostore postojećih i novih zahvatnih objekata). Earth Science Institute Sarajevo, Sarajevo,
2. Bać, J. (1963): Režim podzemnih voda dijela Sarajevskog polja obod Igman – R. Željeznica – Aleja. HZ/D–38, Zavod za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, Sarajevo,
3. Busuladžić, H. (2006): Prilog analizi tehničkog rješenja vještačkog prihranjivanja podzemne vode uz primjenu monitoringa kvaliteta. Magistarski rad, Građevinski fakultet, Sarajevo,
4. Ćorović, A., Avdagić, I. (1985,1986,1988): Istražni radovi za potrebe Sarajevskog vodovoda 1984.-1987. HZ/D–399, 437, 478, 491, 500, Zavod za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, Sarajevo,
5. Dokumentacija KJKP“Vodovod i kanalizacija”, Sarajevo
6. Josipović, J. (1969): Hidrogeološke karakteristike šire okolice Sarajeva. Geološki glasnik, br.13, str.333-357.
7. Jovanović, R. (1972): Neke geološke, hidrogeološke i inženjerskogeološke odlike terena uže okolice Sarajeva. II Jugoslavenski simpozij o geologiji i inženjerskoj geologiji, Sarajevo,
8. Kupusović, T. i dr. (1999): Višenamjenski vodoprivredni podsistem Crna Rijeka (B–infiltracione i vodozahvatne zone u Sarajevskom polju). D–879, Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, Sarajevo,

9. Osmančević, E. (1987): Privremeno tehničko rješenje za osiguranje infiltracije voda rijeke Večerice. Zavod za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, H1/ D–478, Sarajevo,

10. (1987): Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće. Službeni list SFRJ, br. 33, str. 865–874.

11. (2002): Pravilnik o uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta voda koja se koriste ili planiraju koristiti za piće. Službene novine Federacije BiH, br. 51, str. 2297–2302.

12. Rimac, N. (1999): Višenamjenski vodoprivredni sistemi Crna Rijeka - hidrološke podloge. Federalni meteorološki zavod Sarajevo, Sarajevo,

13. (1980): Uredba o klasifikaciji voda i voda obalnog mora Jugoslavije u granicama Socijalističke republike Bosne i Hercegovine. Službeni list SRBiH, br. 19.

AUTORICE:

mr. Hasija Busuladžić, dipl.ing.građ.
KJKP"Vodovod i kanalizacija"d.o.o. Sarajevo, J. Černija 8, 71000 Sarajevo (BiH)
tel: + 387 33 233 872 / fax: 440 658, e-pošta: hasijab@viksa.ba

dr. Haša Bajraktarević-Dobran, dipl.ing.građ
Građevinski fakultet u Sarajevu, Patriotske lige 30, 71.000 Sarajevo (BiH)
tel: + 387 33 278 475 / fax: 200 153, E.mail: hasa_b_d@gf.unsa.ba

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.04.

PROBLEMATIKA IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA U SARAJEVSKOM POLJU

Emina Hadžić

SAŽETAK: U radu su istaknuti aktualni problemi kako zaštićenih zona izvorišta podzemnih voda u Sarajevskom polju, tako i cjelokupnog slivnog područja. Poseban naglasak dat je na probleme koje uzrokuje neplansko korištenje zaštićenih zona, poput nekontroliranog odlaganja otpada, korištenja zaštićenih zona u poljoprivredne svrhe, nepostojanje adekvatnog monitoringa, itd. Također su potcrtani problemi koji su posljedica neprimjene postojeće pravne regulative. Analizirani su planovi za dugoročno rješavanje snabdijevanja Sarajeva vodom, sa osvrtom na rješavanje, odnosno ne rješavanje aktualnih problema, kao i posljedice trenutne politike gospodarenja i korištenja ovim izvorištem.

KLJUČNE RIJEČI: podzemne vode, zaštita, zagađenje, propisi

Actual issues of ground water resources Sarajevsko polje

SUMMARY: The paper highlights actual issues related to water supply zones in the Sarajevo region, as well as wider corresponding catchment areas. Particular concern was given to problems resulting from non-planned use of protected areas such as: non-controlled waste disposal in neighbouring on direct water-resources zones; abusing of protected areas for agriculture; lack of monitoring, etc. The paper, also, elaborates on problems that are coming out from ignoring related positive lows and standards. Long-term solution water supply plans for Sarajevo are analised and the actual management and use of this water resources, with accent on the unsolving problems is made.

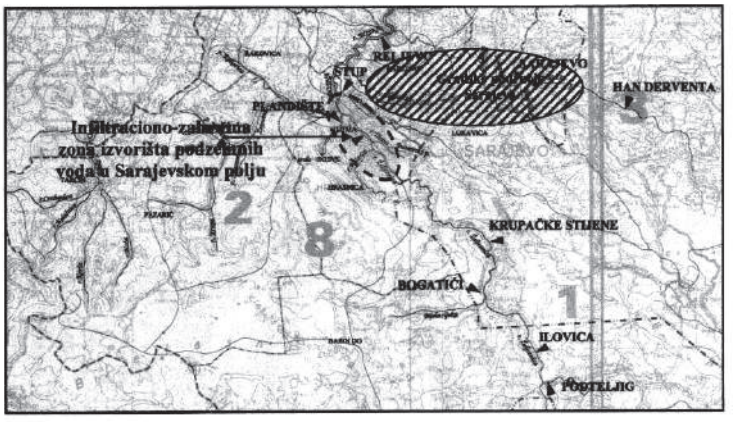
KEY WORDS: groundwater, protection, contamination, regulations

1. UVOD

Glavno izvorište za vodosnabdijevanje grada Sarajeva, predstavlja izvorište podzemnih voda u Sarajevskom polju. Istraživanja u polju, koja su započeta 1954. godine, kada su potrebe grada za vodom premašile kapacitet kaptiranih planinskih vrela, pokazala su da se radi o vodama izuzetnog kvaliteta. 80-tih godina prošlog stoljeća, kada su potrebe za vodom premašile prirodno obnovljive količine podzemnih voda, što je rezultiralo precrpljivanjem izvorišta, počele su se primjenjivati metode vještačkog prihranjivanja.

Problemi koji su zahvatili ovo izvorište, od rata pa na ovamo, nisu samo posljedica nesuglasica između potreba za vodom i izdašnosti izvorišta, već su i posljedica pojačanog zagađivanja i nepoštivanja postojećih zakonskih regulativa koje se odnosi na zaštitu.

U tom smislu, posebno je interesantna infiltraciono-zahvatna zona Sarajevskog polja, (slika 1), unutar koje se nalaze tri eksploataciona područja: Bačevo-Lužani-Konaci, Sokolovići i Stup. Ne poštivanje u cjelosti zakonskih propisa vezanih za zaštitu i očuvanje ovog resursa, ozbiljno dovodi u pitanje ne samo prihvaćeni koncept dugoročnog rješavanja problema vodosnabdijevanja grada, već i postojeće izvorišne objekte.



Slika 1: Širi prostor izvorišta podzemnih voda u Sarajevskom polju [1]

2. OPĆI PODACI O SARAJEVSKOM POLJU

Sarajevsko polje predstavlja aluvijalnu zaravan koja se sa hidrogeološkog aspekta smatra značajnim rezervoarom podzemne vode. Istraživanja su pokazala da u izdani Sarajevskog polja postoje dva horizonta podzemnih voda. Jedan plitki, primarni dio podzemne akumulacije, aluvijalni dio sa slobodnim vodama velikog kapaciteta, i drugi dublji vodonosni horitont sa arteškim vodama, koji je za sada neistraženog kapaciteta. Komunikacija gornjeg, granularnog akvifera, i donjeg, kraškog akvifera, uočena je na dijelu Stojčevac-Vrutci-Bačevo. Na području Ilidže se prazni i relativno velika akumulacija termo-mineralnih voda, za koju se ne zna da li je, i u kom omjeru, u kontaktu sa akumulacijom hladnih voda.

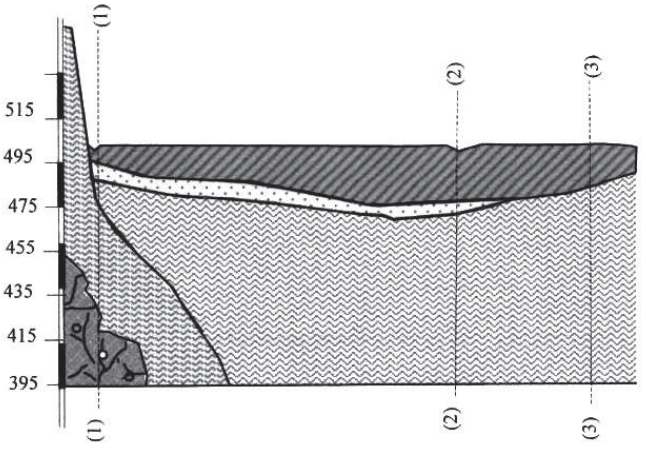
Eksploatacija podzemnih voda se oslanja na gornji horizont granularne poroznosti. Zahvaljujući visokim filtracionim karakteristikama šljunkovito-pjeskovitih materijala, u kojima su koeficijeni filtracije reda veličine 10^{-3} m/s, izvedeni bunari za eksploataciju podzemnih voda imaju veliku specifičnu izdašnost.

Trenutno se sa ovog izvorišta eksploatiše oko 85-90% ukupno potrebnih količina za grad Sarajevo, što iznosi od 2700 do 3200 l/s. Pri tome se učešće vještačke infiltracije kreće od oko 500 l/s do 1100 l/s, ovisno od hidrološke situacije.

3. Geološko-hidrogeološke i hidrološke karakteristike prostora

Prostor Sarajevskog polja je izuzetno složen po geološko-hidrogeološkim i hidrološkim karakteristikama. Rubne dijelove Sarajevskog polja izgrađuju najvećim dijelom krečnjaci i dolomiti, dok se površinski slojevi završavaju sedimentnim naslagama. Debljina pojedinih sedimenata u prostoru polja varira, i iznosi oko 200 m na dijelu Hrasnica - Sokolovići, dok na prostoru Stojčevac - Ilidža - Vrutci, šljunci dostižu debljinu od 50 - 60 m [7].

Krečnjaci i dolomiti se do izvjesne dubine ponašaju kao kolektori - sprovodnici, dok u dubljim dijelovima postaju kolektori - rezervoari, u kojima dolazi do akumuliranja voda, kako u nekim dijelovima bloka Igman - Bjelašnica, tako i u njegovim spuštenim dijelovima, napr. u Sarajevskom polju [5]. Na slici 2, predstavljena je karakteristična shema litoloških sedimenata u vertikalnom stubu razvoja, dijela Sarajevskog polja.



Profil A - A: (1 - 1) p. Večerica - (2 - 2) r. Željeznica - (3 - 3) Kasindolski potok	
	aluvijalno-terasni, šljunkovito-pjeskoviti sedimenti
	aluvijalno-terasni, pjeskovito- šljunkoviti sedimenti
	jezersko-barski, glinoviti do glinovito-pjeskoviti seimenti
	krečnjačka drobina
	karstifikovani krečnjački blokovi

Slika 2: Shema litoloških sedimenata u vertikalnom stubu razvića, dijela šireg istražnog prostora, [1]

Hidrološka istraživanja sprovedena na prostoru Sarajevskog polja, od 50-tih godina prošlog stoljeća, kada su izvedeni prvi vodozahvatni objekti, pa do danas, su ustvrdila visoke nivoe podzemne vode i u mjesecu svibnju i lipnju, neovisno o proljetnim padavinama. Razlozi za to mogu se naći u izrazito velikim zalihama snijega na pripadajućem slivnom području. Ustvrđeno je također, da je režim podzemnih voda na prostoru Sarajevskog polja kvalitativno sličan sa režimom voda otvorenih vodotoka (rijeke Bosna i Željeznica), te da je smjer tečenja podzemne vode približno paralelan sa obodom planine Igman i rijekom Željeznicom. Rezultati izvršenih hidrološko-hidrodinamičkih istraživanja su pokazali da se prirodno obnovljive količine podzemne vode kreću od 800 - 1 250 l/s. Sa aspekta prirodnog prihranjivanja akumulacije podzemnih voda, osim rubnih vodotoka, rijeka Bosne i Željeznice, veliki utjecaj imaju i vode planina Igmana i Bjelašnice, koje dijelom pripadaju slivu rijeke Bosne. Mjerenja efektivne brzine tečenja podzemnih voda u polju, pokazala su da se vrijednost brzine kreće od 20-50 m/dan, te da pravac kretanja generalno odgovara kretanju vode na površini terena, odnosno topografiji terena.

4. DUGOROČNO RJEŠAVANJE PROBLEMATIKE VODOSNABDIJEVANJA

Mogućnosti dugoročnog rješavanja vodosnabdijevanja Sarajevske regije razmatrane su već duži vremenski period. Usljed ograničenosti vodnih resursa u prirodnom režimu, razmatrane su mogućnost gradnje akumulacija kao budućih osnovnih izvorišta za pokrivanje potreba stanovništva i privrede regije. U tom smislu, bila je predviđena izgradnja većeg broja objekata na području sliva Gornja Bosna. Na osnovu analiza potreba za vodom, a uzimajući u obzir njihove mogućnosti za dugoročno pokrivanje ovih potreba, kao najinteresantnija, odabrana je akumulacija "Crna Rijeka", čijom bi se gradnjom ne samo zadovoljile potrebe za vodom za duži vremenski period, već i postiglo uređenje vodnih i drugih površina na širem području Sarajevskog polja i u slivu rijeke Željeznice. Također bi se mogli ostvariti značajni energetski efekti, kao i mogućnosti razvoja sporta i rekreacije na području Kantona. Sam koncept osiguranja potrebnih količina vode za Kanton Sarajevo bazira se na izgradnji akumulacije i brane na Crnoj rijeci[1], regulaciji korita rijeke Željeznice u infiltracionoj zoni Sokolovića, sa izgradnjom akvatorija, te vodozahvatnih objekata. Putem fazne izgradnje vodovodne infrastrukture sa konačnom količinom od novih oko 5 m^3/s u hidrološki kritičnim periodima u toku godine, obezbjedile bi se potrebe za vodom do iza 2030. godine.

5. TRENUTNO STANJE-OSVRT NA PROBLEMATIKU

Današnja situacija na prostoru Sarajevskog polja, sa aspekta zaštite i cjelovitog upravljanja ovim resursom nije na zadovoljavajućem nivou. Moglo bi se reći da je to posljedica i ratnih dejstava, ali i nepoštivanja, kako postojećih Odluka o zaštiti, tako i drugih relevantnih zakonskih akata s njom u svezi. Uočeni su brojni primjeri spornog korištenja slobodnih površina, i većine zelenih površina. Uzurpirane su dijelom i površine planirane za izgradnju javnih objekata i infrastrukture. Dugogodišnji problemi bespravne gradnje, kulminirali su u smislu da ukoliko se ne poduzmu konkretne i planske akcije, postaju praktično nerješivi. Broj nelegalno izgrađenih objekata je već sada nepoznanica. Nekontrolirana eksploatacija šljunka iz korita rijeke Željeznice ostavila je trajne posljedice. Nekontrolirano, „divlje" odlaganje otpada u zonama zaštite, i pored organiziranog i sistematskog rješenja ovog problema na prostoru Grada, još uvijek postoji u značajnoj mjeri. Nerješeni problemi odvođenja kućanskih otpadnih voda u dijelovima izvorišnih zona, predstavljaju problem koji se pokušava riješiti u posljednje vrijeme.

I pored poduzetih zakonskih mjera, u proteklom periodu, nekog značajnijeg napretka nije bilo. U nastavku će se dati samo neki, od mnogobrojnih primjera ugrožavanja kako uže tako i šire zone izvorišta[2] podzemnih voda.

- U Prvoj zoni zaštite u području Vrela Bosne, značajna je tradicija organiziranja piknika, bez ikakvih uvjeta i ograničenja[3].
- Prvom zonom zaštite izvorišta Stup prolazi pruga za Energoinvest-TAT, dok dio novoizgrađenog gradskog autoputa prolazi kroz I i II zonu zaštite.
- U području Butmira, neposredno uz buduću akvatoriju (prema planu dugoročnog

1 U toku su hidrološka i hidrogeološka ispitivanja na planiranom pregradnom profilu na Crnoj Rijeci, sa ciljem utvrđivanja vododrživosti.

2 Širu zonu izvorišta predstavlja sliv rijeke Bosne do VS Plandište, sliv r. Željeznice do VS Ilidža i sliv r. Zujevine do VS Blažuj.

3 Proglašenjem Vrela Bosne spomenikom prirode, bi se trebala značajno popraviti nepovoljna situacija

rješavanja vodosnabdijevanja), nalazi se velika baza SFOR-a.

- Izgradnja saobraćajnice Ilidža-Hrasnica kroz II zaštitnu zonu izvorišta Ilidža-Konaci-Vrelo Bosne nije u punoj saglasnosti sa režimom zaštite u toj zoni, kao ni izgrađena benzinska crpka u Hrasnici.

U najmanju ruku nemaran odnos, prema ovom prirodnom resursu nije karakterističan samo za infiltraciono-eksploatacionu zonu Sarajevskog polja, već je karakteristika i šireg slivnog područja. Naime, gradnja saobraćajnica bez slivnih kanala i kišnih kolektora, gradnja hotela sa nerješenim kanalizacijskim sustavom, nerješen status saobraćajnica i praking prostora na planinama slivnog područja, itd. predstavljaju samo neke od problema koji ozbiljno i direktno mogu ugroziti ne samo vode rijeke Bosne, već i same objekte za zahvatanje podzemnih voda.

6. KVALITET VODE

Prema rezultatima fizikalno-kemijskih i bakterioloških analiza kvaliteta vode, koje se vrše svakodnevno u laboratoriji KJKP"Vodovod i Kanalizacija" Sarajevo, vode sa ovog izvorišta su, za sada, dobrog kvaliteta. Međutim, imajući na umu trenutnu situaciju na prostoru Sarajevskog polja, sa aspekta zaštite i bezplanskog korištenja prostora, pitanje je do kada će navedena konstatcija ostati nepromjenjena.

Za područje Bačevo-Lužani-Konaci mjerodavan je kvalitet rijeke Bosne kao rubnog vodotoka, kao i uticaj postojećih izgrađenih i obnovljenih stambenih i gospodarskih objekata na području Konaka i Vrutaka. Rijeka Bosna i vode iz supstrata Igman - Bjelašnica, se prema rezultatima analiza, mogu se svrstati u prvu klasu kvaliteta, a nakon infiltracije u vodu koja po standardu i namjeni odgovara vodi za piće.

Za područje Sokolovića je mjerodavan kvalitet rijeke Željeznice kao rubnog vodotoka, čije se vode kreću od I do II klase i to u gornjoj granici II klase.Vode II kategorije, u prirodnom stanju, se mogu upotrebljavati za kupanje i rekreaciju građana, za sportove na vodi i mogu se uz uobičajene metode obrade upotrebljavati i za piće i u prehrambenoj industriji. Kvalitet podzemnih voda, na tom području je prema rezultatima ispitivanja zadovoljavajući za sada, uz pojačan oprez jer postoji trend zagađenja.

Izvorište Stup učestvuje sa nešto manje od 10% ukupne količine vode sistema, i to kako u pogledu izgrađenih objekata, tako i u pogledu infiltracije voda iz rubnog vodotoka Dobrinje, koji se nalazi u IV klasi kvaliteta. Vodotok Dobrinja koji prolazi rubom izvorišnog prostora, takođe predstavlja potencijalnu opasnost, i generalno se može reći da ovo izvorište treba biti predmetom ozbiljnijeg monitoringa.

Analiza sadržaja teških metala, koja se kontinuirano sprovodi na cijelom prostoru Sarajevskog polja, vrši se u pravilnim godišnjim razmacima, i do sada nije pokazala kontaminaciju polja.

7. PRAVNO-EKONOMSKE OSNOVE ZA OSIGURANJE PROSTORA ZAŠTITE

Temelj za zaštitu prirode i održivi razvoj prirode i okoliša općenito u BiH predstavljaju entitetski zakoni o zaštiti prirode (Sl. Novine Federacije 33/03 i Sl. Glasnik RS 50/02). Pravni okvir koji se tiče korištenja i zaštite izvorišta vode za piće u Sarajevskom polju čine:

1. Zakon o vodama (Sl. novine FBiH 70/06)

2. Zakon o vodama Kantona Sarajevo (Sl.novine Kantona Sarajevo 16/00)
3. Odluka o korištenju, održavanju i čuvanju uređenih korita i obala vodotoka na području grada Sarajeva (Sl. Novine Kantona Sarajevo 2/07)
4. Pravilnik o uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta voda koje se koriste ili planiraju da koriste za piće (Sl. Novine FBiH 51/02)
5. Odluka o zaštiti izvorišta vode za piće u Sarajevskom polju iz 1987. god.
6. Program zaštite izvorišta vode za piće u Sarajevskom polju iz 1987. god.
7. Pravilnik o vrstama, načinu i opsegu mjerenja i ispitivanja iskorištene vode, ispuštene otpadne vode i izvađenog materijala iz vodotoka iz 1998. god. (Sl. novine FBiH 48/98, 36/00, ispravka 35/01)
8. Zakon o eksproprijaciji (Sl. list SR BiH“, broj 12/87 i „Sl. list R BiH“, broj 15/94
9. Zakon o građevinskom zemljištu (Sl.novine FBIH 25/03)
10. Zakon o uređenju prostora. Sl. list SRBiH", br.9/87, 23/88, 24/89, 10/90, 14/90, 15/90 i 14/91 i "Sl. Novine FBiH", 52/02
11. Zakon o proglašenju Spomenika prirode “Vrelo Bosne” (“Sl. novine Kantona Sarajevo”, broj 16/00), i drugi Zakonski i Podzakonski akti.

8. ZAKLJUČCI

Imajući na umu izloženu problematiku, važno je naglasiti da je upravljanje vodnim resursima Sarajevske regije sa ciljem planskog korištenja prostora, odnosno efikasnije upotrebe vode, smanjenja gubitaka, smanjenja emisije otpadnih neprečišćenih voda, te smanjenje antropogene emisije, veoma važno radi obezbjeđenja odgovarajuće klase kvaliteta vode bilo u otvorenim vodotocima ili zaštićenim zonama izvorišta.

Trenutna situacija na cjelokupnom slivnom području izvorišta podzemnih voda u Sarajevskom polju veoma nije na zadovoljavajućem nivou. Ukoliko se ovom problemu ne pristupi cjelovito i pravovremeno, opravdana je bojazan da bi rješavanje problema dugoročnog vodosnabdijevanja grada, moralo pretrpjeti izvjesna vremenska odlaganja, radi rješavanja sve brojnijih aktualnih problema, koji su posljedica nepoštivnja postojeće zakonske regulative.

Nerješeni imovinsko-pravni odnosi na prostoru izvorišnog prostora, korištenje zemljišta u poljoprivredne svrhe i upotrebe raznih vrsta vještačkog gnojiva, uzgoj i ispaša stoke, odlaganje kabastog otpada u koritima rijeka, nerješena kanalizacija pojedinih objekata u zonama izvorišta, itd. zapravo su samo neki od problema.

Prava je rijetkost i sreća, da i pored ovakvog odnosa, analize kvaliteta kako površinskih, tako i podzemnih voda, pokazuju da se radi o vodi dobrog kvaliteta.

Međutim, ukoliko se analizira činjenica da je Sarajevsko polje okosnica snabdijevanja Sarajeva vodom za narednih 40, 50 pa i više godina, onda je u tom smislu, neophodno obezbjediti adekvatne mjere zaštite i korištenja prostora za jasne i čiste situacije, te sa druge strane rezervaciju prostora bar za potencijalne infiltracione prostore buduće prve i druge zone zaštite na pomenutom području.

9. LITERATURA:

1. Hadžić, E. (2006): Bunari sa horizontalnim drenovima u ekstremno propusnim poroznim sredinama sa sllobodnim nivoom, doktorska disertacija, feb. 2006
2. Fitts, Ch.r. (2002): Groundwater Science, Academic Press, Amsterdam-Boston-London-New York-Oxford-Paris-Sydney-Tokyo, 2002.
3. Hadžić, E. (2001): Prilog optimizaciji eksploatacionih količina vode izvorišta Sokolovići, magistarski rad, feb. 2001
4. Canter, L.W., Knox, R. C.(2000): Ground Water Pollution Control, Lewis Publishers Inc., 2000.
5. Earth Science Institute Sarajevo (1999): Zaštita izvorišta vode Sarajevskog polja, feb.1999
6. Institut za hidrotehniku GF Sarajevo (1999): Višenamjenski vodoprivredni podsistem Crna Rijeka, Idejni projekta, 1999.
7. Zavod za hidrotehniku GF Sarajevo (1990): Bilans podzemnih voda Sarajevskog polja u funkciji eksploatacije podzemnih voda, maj 1990.
8. Acrilla, A.S., Lemos, C.M. (1990): Surf - Zone Hydrodinamics, Centro Internacional de Metodos Numericos en Ingenieria, Barcelona, 1990.

AUTORICA:

Dr.sc. Emina Hadžić, dipl.inž.građ.,
Građevinski fakultet Sarajevo

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.05.

DISPOZICIJA OBORINSKIH VODA S PROMETNICA U VODOTOKE U UVJETIMA OGRANIČENJA

Sanja Iveglija Čorak, Nives Klobučar, Barbara Karleuša, Velimir Labinac

SAŽETAK: U rastućem trendu izgradnje prometnica problem njihove odvodnje u posljednje vrijeme nameće se kao jedan od značajnijih problema u hidrotehnici. U ovom radu analiziran je jedan od mogućih pristupa u rješavanju problema dispozicije oborinskih voda s prometnih površina u obližnje vodotoke u uvjetima ograničenja kao što su ograničavanje maksimalne količine koja se smije ispustiti u vodotok te obaveza pročišćavanja voda na separatoru čime se smanjuju nepoželjni utjecaji na okoliš. Ograničenjem maksimalne količine vode koja se ispušta u vodotok smanjuje se rizik od plavljenja te minimalizira narušavanje postojećeg režima tečenja, dok se pročišćavanjem na separatoru štiti vodne resurse od onečišćenja, odnosno štiti ekosustav voda kao bitan element za daljnji razvoj ljudskog društva i poboljšanje uvjeta življenja. Smanjenje maksimalnog protoka oborinske vode koji dotječe u vodotok moguće je ostvariti samo izgradnjom odgovarajuće retencije. Navedena problematika je ovom radu prikazana na primjeru odvodnje oborinskih voda zaobilaznice Buzeta u obližnji vodotok. U radu je razmotreno određivanje volumena retencijske građevine za određena ograničenja koja proizlaze iz danih vodopravnih uvjeta Hrvatskih voda za navedeni zahvat. Izgradnjom retencije osigurava se smanjenje maksimalnih količina oborinskih voda koje se ispuštaju u vodotok, odnosno realizira se kontrolirano upuštanje prema definiranim ograničenjima čime se sprečava narušavanje postojećeg režima tečenja u vodotoku. Pri tome se na prikazanom primjeru, a uslijed konfiguracije terena, vodilo računa o pravilnom funkcioniranju sustava odvodnje u uvjetima visokih voda u prijemniku, odnosno, pod usporom. Određivanje volumena retencije i proračun ispusta oborinske vode u obližnji vodotok provedeno je korištenjem matematičkog modela izrađenog u programskom paketu *Mathematica 5.2*.

KLJUČNE RIJEČI: dispozicija oborinskih voda s prometnica, ograničenja, retencija, visoke vode

STORM-WATER DISPOSAL FROM ROAD SURFACES INTO WATER COURSES UNDER CONDITIONS OF RESTRICTIONS

SUMMARY: In the growing trend of road construction the water disposal problem is recently becoming one of the more significant issues in the water engineering. The goal of this paper is to show one technical solution to the storm water disposal from the road surfaces into the nearby water courses under conditions of restrictions like the limit on maximum quantity which may be discharged into the water course as well as

the obligation of water treatment at the wastewater separator in order to not cause any unwanted environmental changes. Limit on maximum quantity which may be discharged into the water course decreases the risk of flooding and minimises flow regime impairment, whereas the treatment on the separator protects water resources from pollution, i.e. protects water ecosystem as an essential element to further development of human society and improvement of living conditions. Decrease of maximum storm water flow that reaches the water course is possible to achieve only through the construction of an appropriate retention reservoir. Stated problems are in this paper shown on an example of the Buzet bypass water disposal into the nearby water course. This paper looks into determining of the retention construction capacity for certain restrictions which ensue from conditions given by „Croatian Waters“ for the undertaking in question. Retention construction ensures decrease of maximum storm water quantity discharged into the water course, i.e. provides controlled discharge according to defined restrictions in order to not impair existing flow regime in the water course. At the same time, it was necessary to enable proper functioning of the disposal system on the given example under high water level conditions in the intake, i.e. under the backflow. Determining of retention capacity and calculation of storm water discharge into the nearby water course was conducted by using the mathematical model built in *Mathematica 5.2* programme package.

KEY WORDS: storm water disposal from road surfaces, restrictions, retention reservoir, high water level

1. UVOD

Složenost odnosa čovjeka i okoliša te promjene izazvane aktivnostima čovjeka u prirodnom okruženju svakim danom su sve izraženije. Novije tendencije u zaštiti okoliša upućuju na očuvanje prirodnih uvjeta u što većem obimu. Stoga ljudski razvoj danas treba sagledavati u kontekstu održivog razvoja, pod kojim se podrazumijeva razvoj ljudskog društva, misleći i na nužnu izgradnju, ali na način da posljedice razvoja ne budu nepopravljive, a ponekad čak kataklizmičke, tj. da se veze s prirodnim okolišem ne prekidaju nepovratno, nego nastoje održati i dapače, konstantno unapređivati.

Današnje doba obilježeno je ubrzanom izgradnjom prometnica, a problem njihove odvodnje postaje jedan od značajnijih problema u hidrotehnici. Pri čemu se može primijetiti bitan napredak u uvažavanju hidrotehničkih i hidroloških zahtjeva pri njihovom projektiranju.

Kontroliranom odvodnjom oborinskih voda s prometnica, adekvatnim pročišćavanjem i kontroliranim ispuštanjem tih voda moguće je zaštititi okoliš pa tako i vodotoke ukoliko su oni prijemnik za prihvat tih voda. Pri zaštiti vodotoka treba istaknuti da se ona odnosi na ograničavanje onečišćenja vodotoka (kakvoća), ograničavanje narušavanja postojećeg režima tečenja u vodotoku (količina) te ograničavanje erozije vodotoka (način).

Da bi se zadovoljila navedena ograničenja uz izgradnju zatvorenog sustava odvodnje prometnice, potrebno je oborinsku vodu koja je onečišćena naftom, naftnim derivatima i drugim suspendiranim česticama, prije konačne dispozicije pročistiti u separatoru. U cilju smanjenja maksimalnih količina oborinskih voda koje se ispuštaju potrebno je izgraditi odgovarajući retencijski bazen, a u cilju sprečavanja erozije potrebno je predvidjeti pravilno izvođenje građevine ispusta u vodotok.

Rješavanje problematike odvodnje oborinskih voda uz navedena ograničenja, odnosno uz ispunjavanje navedenih uvjeta, prikazat će se na primjeru tehničkog rješenja odvodnje oborinske vode sa zaobilaznice Buzeta u obližnji vodotok [1]. Uvjetovano postojećom konfiguracijom terena, također će se prikazati pravilno funkcioniranje sustava odvodnje u

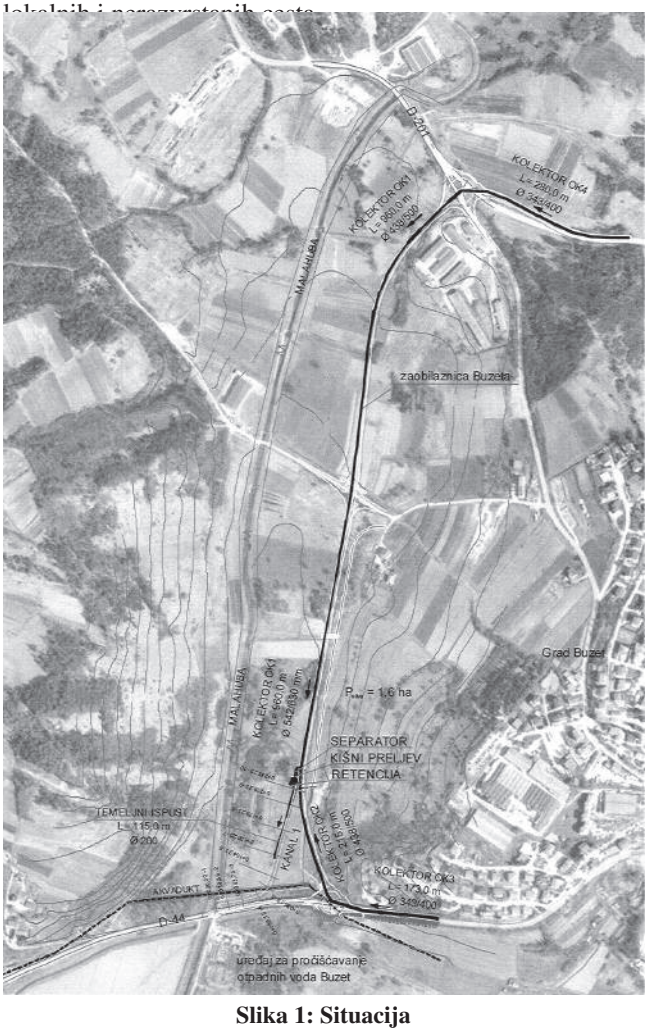
uvjetima visokih voda u vodotoku, odnosno, pod usporom.

2. PROBLEMATIKA NA PRIMJERU ODVODNJE OBORINSKIH VODA SA ZAOBILAZNICE BUZETA

2.1. Opis problema

Grad Buzet je smješten na sjevernom dijelu Istarskog poluotoka na prometnim pravcima prema zapadnom djelu Istre, prema tunelu Učka u pravcu Labina ili Rijeke te pograničnom području prema Republici Sloveniji. Njegova prometna funkcija zauzima značajno mjesto u dosadašnjem i budućem razvoju ovog područja u svim aspektima čime je potvrđena potreba izgradnje obilaznice grada. Obilaznica Buzeta će preuzeti veliki dio tranzitnog prometa tako da se u 2025. god. očekuje opterećenje obilaznice od oko 11000 vozila PLDP, odnosno 6.800 vozila PGDP-a.

Osnovnu cestovnu mrežu na području Grada Buzeta čine državne ceste D44 i D201, Županijske ceste Ž5013 u smjeru Cerovlja i Ž5011 u smjeru Slovenije i Rupe te niz lokalnih i nerazvrstanih cesta.



Slika 1: Situacija

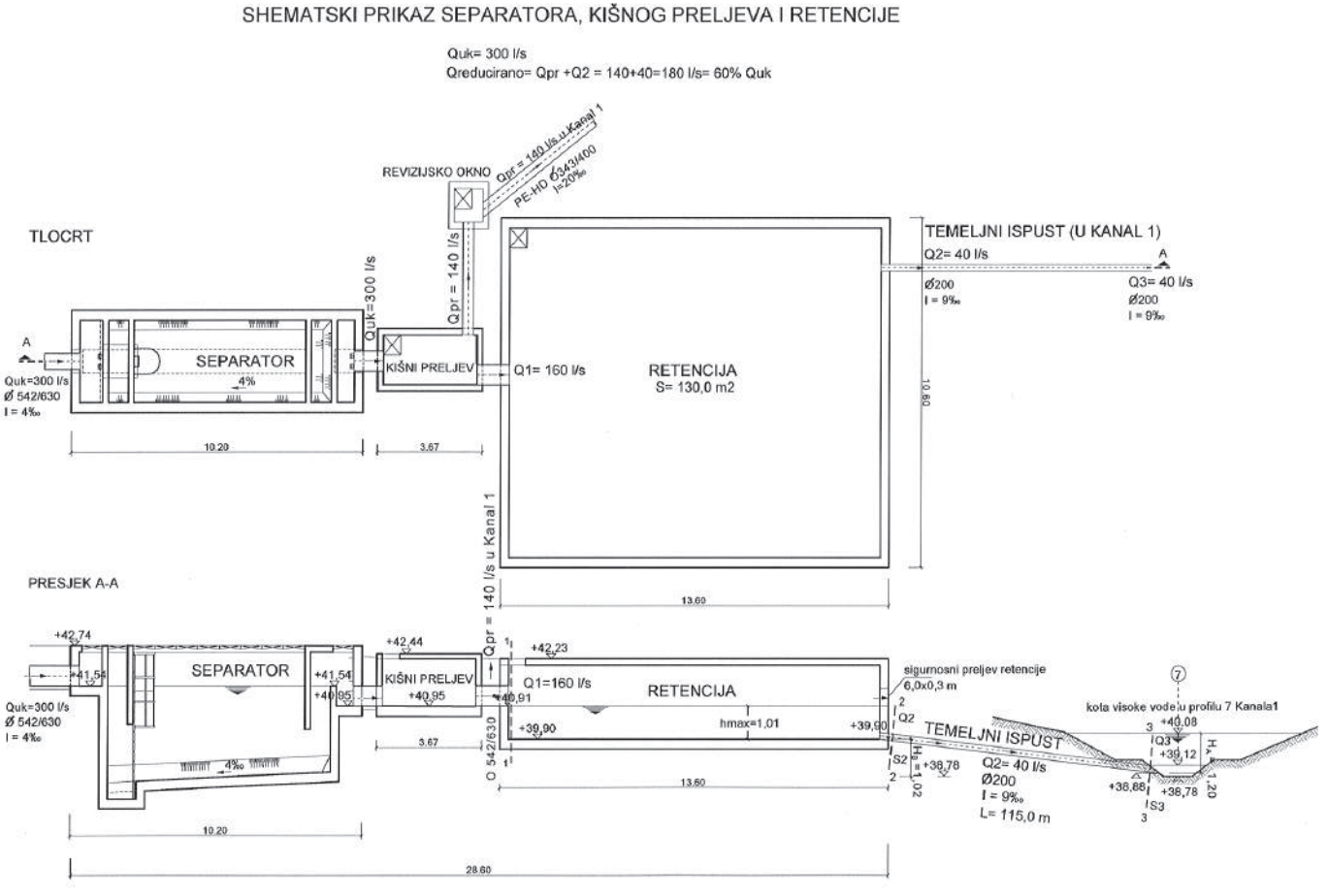
Pri projektiranju idejnog rješenja zaobilaznice Buzeta [1] te pripadnog sustava odvodnje oborinskih voda trebalo je uzeti u obzir ograničenja i uvjete koji proizlaze iz:

- usklađenja s Prostornim planom uređenja Grada Buzeta [2],
- usklađenja visinske kote ceste s obzirom na kotu visoke vode [3],
- Vodopravnih uvjeta Hrvatskih voda [4],

te pri tom očuvati obradive poljoprivredne površine.

Prijemnik za prihvat oborinskih voda zaobilaznice je potok Malahuba, čije je korito paralelno s osi zaobilaznice, a čini pritok Mirne zajedno sa svojim lateralnim kanalima: Kanal 1 i Kanal 2 te niz manjih povremenih bujičnih kanala (slika 1).

Vodopravnim uvjetima za zadani zahvat definirano je se otpadne vode s prometnice moraju pročistiti prolaskom kroz separator prije ispuštanja u prijemnik, te



Slika 2: Shematski prikaz separatora, kišnog preljeva i retencije

da se za najnepovoljniji slučaj, u vrijeme visokih voda, maksimalna količina ispuštene vode treba smanjiti na cca 50% da ne dođe do značajnog porasta razine vode u vodotoku što bi moglo uzrokovati plavljenje nizvodnih površina [4].

2.2. Koncepcija rješenja

Odvodnja oborinskih voda s prometnice riješena je zatvorenim i vodonepropusnim sustavom odvodnje koji prema hidrauličkom proračunu uključuje slivnike i kolektore profila: Ø400, Ø500 i Ø600 mm, te uzdužnog pada koji uglavnom slijedi niveletu prometnice.

U svrhu pročišćavanja zauljenih voda s prometnice predviđeno je ugraditi separator masnoća koji tretira ukupnu količinu voda s prometnice. Ukupna količina sakupljene oborinske vode iznosi Q_{uk}= 300,0 l/s. Od toga se razdjelnom građevinom preljeva količina od Q_{pr}= 140,0 l/s u pritok potoka Malahube (Kanal 1), a u retenciji se treba zadržavati ostatak od Q_1= 160,0 l/s za vrijeme od 10 minuta. U Kanal 1 se potopljenim ispustom Ø200 mm maksimalno ispušta Q_2= 40,0 l/s (slika 2). Slijedi:

$$Q_{\text{reducirano}} = Q_{\text{pr}} + Q_2 = 140{,}0+40{,}0 = 180{,}0 \text{ l/s} = 60\%\ Q_{\text{uk}}$$

Zbog položaja retencije i male razlike u visini između kote nivelete temeljnog ispusta i razine vode u Kanalu 1, temeljni ispust iz retencije dimenzija Ø200 mm je relativno dugačak (115,0 m), a u najnepovoljnijem slučaju potopljen. Površina retencije iznosi S= 130,0 m^2 s maksimalnom visinom vode h_{max}= 1,01 m, što proizlazi iz proračuna koji je detaljnije opisan u idućoj točki. Retencija je opremljena i sigurnosnim preljevom, te revizijskim otvorom s ljevanoželjeznim poklopcem. U obzir su uzeti podaci u referentnom profilu (profil 7 Kanala 1 - lijevog lateralnog kanala potoka Malahube - slika 2).

Na mjestu gdje voda iz ispusta utječe u Kanal 1, prema uvjetima Hrvatskih voda, a u svrhu sprječavanja erozije, potrebno je izgraditi uljevnu građevinu, kanal urediti i opločiti šesterokutnim betonskim prizmama, kao i na koritu Malahube (slike 3 i 4).

Slika 3: Uređenje potoka Malahuba - stepenica, šesterokutne prizme, uljevna građevina

Slika 4: Utok Kanala 1 u Malahubu s uljevnom građevinom

2.3. Matematički model retencije i ispusta oborinskih voda

U ovoj točki daju se osnove matematičkog modela za proračun veličine retencije i ispusta iz retencije za dane uvjete ograničenja [4]. Matematički model retencije je koncipiran za najnepovoljniji slučaj koji se može javiti u korištenju: kada je protok maksimalni, razina u retenciji najviša, odvodna (ispusna) cijev napunjena je vodom, te razina vode u prijemniku (Kanal 1) također maksimalna (razina visokih voda) (slika 5).

Opis oznaka korištenih u matematičkom modelu koji se opisuje u nastavku:

Q_1 - ulazni protok u retenciju

Q_2 - izlazni protok iz retencije u temeljni ispust

Q_3 - izlazni protok iz temeljnog ispusta u vodotok

v_2 - brzina vode pri izlazu iz retencije u temeljni ispust

v_3 - brzina vode pri izlazu iz temeljnog ispusta u vodotok

S - površina retencije

S_2 - površina cijevi temeljnog ispusta pri izlazu iz retencije

S_3 - površina cijevi temeljnog ispusta pri ulasku u vodotok

h - visina vode u retenciji

H_A - visinska razlika kote nivelete temeljnog ispusta u Kanalu 1 do kote visoke vode u Kanalu 1

H_B - visinska razlika kote nivelete temeljnog ispusta u retenciji do kote nivelete temeljnog ispusta u Kanalu 1

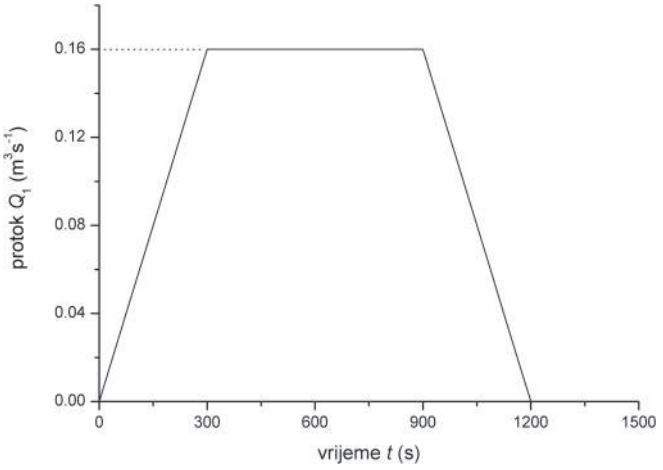
ΔH - hidraulički gubici

λ - koeficijent otpora strujanju zbog trenja

ς - koeficjent lokalnog gubitka

L - duljina temeljnog ispusta

D - promjer cijevi



Slika 5: Pojednostavljen shematski prikaz kišnog preljeva, retencije i ispusta

Proračun je izrađen promjenom i kombinacijom numeričkih veličina za :

a) površinu retencije (*S*),

b) visinu vode u retenciji (*h*),

c) površinu poprečnog presjeka temeljnog ispusta (S_2),

d) razliku H_A-H_B.

Brzina promjene volumena vode u retenciji opisana je jednadžbom kontinuiteta [5,6]:

$$Q_1 - Q_2 = S\frac{dh}{dt} \tag{1}$$

gdje je $h = h(t)$ visina vode u retenciji i funkcija je vremena *t*.

Ulazni protok $Q_1 = Q_1\ (t)$ također je funkcija vremena (slika 6), kao i izlazni protok $Q_2 = Q_2\ (t)$ protok u temeljnom ispustu iz retencije. Promatrano vrijeme iznosi 20 minuta (1200 sekundi), a maksimalni protok $Q_1\ max$= 160,0 l/s je konstantan u vremenu od 10 minuta. U približno stacionarnim uvjetima vrijedi:

$$Q_2 = Q_3 \tag{2}$$

gdje je Q_3 protok iz temeljnog ispusta u vodotok, odnosno, $S_2 v_2 = S_3 v_3$.

U takvim uvjetima gibanje vode u cijevi ispusta (od presjeka 2-2 do presjeka 3-3) dobro je opisano Bernoullijevom jednadžbom (slika 5):

$$h + H_B + \frac{v_2^2}{2g} = H_A + \frac{v_3^2}{2g} + \Delta H \tag{3}$$

u koju su uračunati linijski i lokalni gubici ΔH [5].

Ukoliko je cijev konstantnog promjera $S_2 = S_3$, odnosno zbog (2) $v_2 = v_3 = v$, tada se izraz za ukupne gubitke pojednostavljuje prema izrazu:

$$\Delta H = \lambda \frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} + \varsigma \frac{v^2}{2g} \tag{4}$$

Prvi član u jednadžbi (4) odgovara linijskim gubicima, odnosno gubicima energetske visine zbog trenja tijekom tečenja u cijevi pod tlakom (Darcy-Weisbachova formula). Drugi član u (4) je posljedica je lokalnih gubitaka nastalih zbog otpora strujanja tekućine pri izlasku iz retencije u odvodnu cijev. Iz jednadžbi (1), (3) i (4) slijedi diferencijalna jednadžba za visinu vode u retenciji $h = h(t)$:

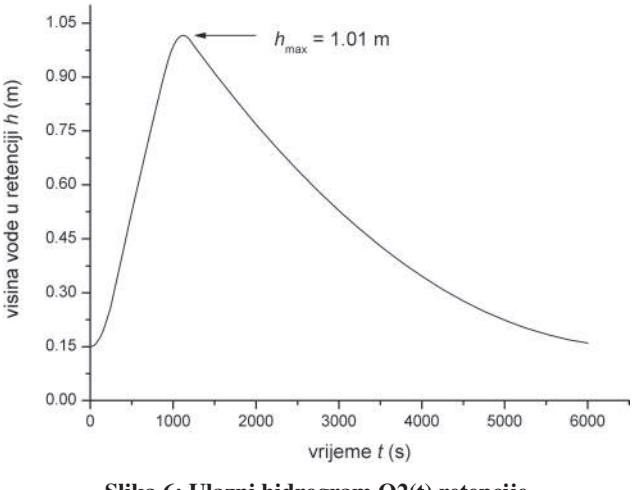
$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_1}{S} - \frac{S_2}{S}\left[\frac{2g}{\varsigma + \lambda\, L/D}\right]^{1/2} (h + H_B - H_A)^{1/2} \tag{5}$$

Ova se jednadžba može integrirati, no eksplicitnu funkciju $h = h(t)$ koja je nužna za parametarsko razmatranje nije moguće analitički izračunati. Stoga je funkcija $h = h(t)$ dobivena numeričkim proračunom jednadžbe (5) pri čemu je korišten programski paket Mathematica 5.2.

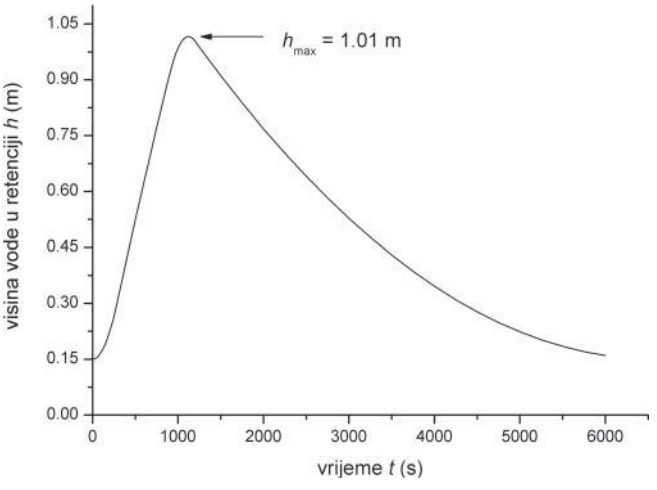
Određeno je vrijeme dotjecanja vode u retenciju na 20 minuta (1200 s) pri čemu je maksimalni protok Q_1 max= 160,0 l/s. Pri tome graf funkcije dotoka ima oblik prikazan na slici 6.

Promjenjiva funkcija protoka uvrštena je u proračun retencije od (1) do (5), a za vrijednosti a) do d) provedene su iteracije kako bi se numeričkim proračunom dobili traženi rezultati koji zadovoljavaju zadane uvjete.

Važna komponenta čiju vrijednost se trebalo razmatrati u tijeku proračuna je visina vode h u retenciji. Zbog malih razlika u visinskim kotama, numeričke vrijednosti za h_{max} su se kretale unutar uskog područja od 0,95 do 1,10 m. Promatran je vremenski period od cca 1,6 h (6000 s) kojim se je utvrdilo vrijeme potrebno da se retencija napuni do proračunate maksimalne visine h_{max} = 1,01 m, a zatim isprazni. Vidljivo je iz slike 7 da se retencija ne isprazni do dna, već do h= 0,15 m, jer se tada dosegne kota visoke vode u profilu 7 Kanala 1. Dno retencije je za 0,15 m niže od kote visokih voda u promatranom profilu, pa će ostatak vode u retenciji otjecati u vodotok tek kada se snizi kota visokih voda.

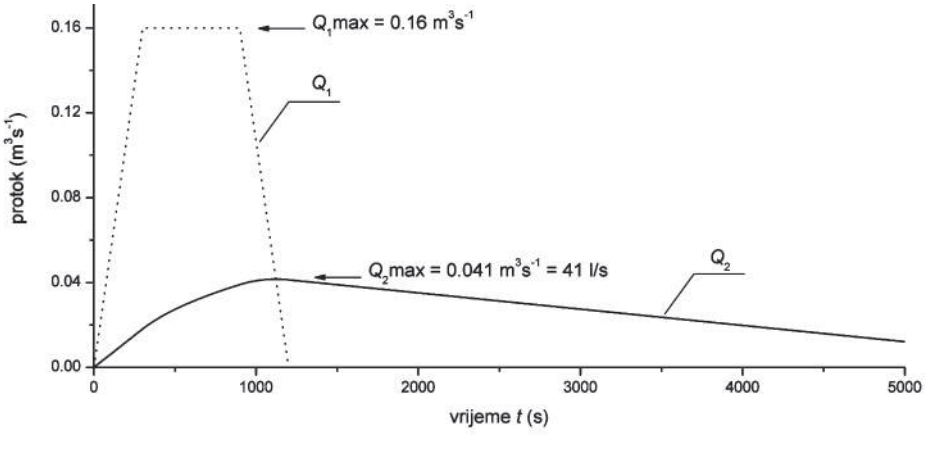


Slika 6: Ulazni hidrogram Q2(t) retencije



Slika 7: Promjena razine vode u retenciji h(t)

Protok u temeljnom ispustu promatran je u odabranom vremenu od cca 1,6 h (6000 s) kada promjena dotoka u retenciju utječe na promjenu protoka u temeljnom ispustu i to od početka punjenja retencije do odabranog maksimalnog protoka u temeljnom ispustu Q_2 max= 41,0 l/s, a zatim i za vrijeme pražnjenja retencije. Na slici 8 dan je prikaz dotoka u retenciju $Q_1(t)$ - ulazni hidrogram i otjecanja temeljnim ispustom $Q_2(t)$ u vodotok - izlazni hidrogram.



Slika 8: Ulazni Q1(t) i izlazni Q2(t) hidrogram retencije

3. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio prikazati problematiku dispozicije oborinskih voda s prometnih površina u obližnji vodotok u uvjetima ograničenja kao što su ograničavanje maksimalne

količine koja se smije ispustiti u vodotok te obaveza pročišćavanja voda na separatoru čime se sprečavaju nepoželjne promjene u okolišu.

Izloženi pristup specifičnog problema ograničenja prilikom ispuštanja sakupljenih i pročišćenih oborinskih voda daje jedan od mogućih načina proračuna retencije s ispustom u vodotok u uvjetima uspora.

Osnovni rezultat numeričkog proračuna je dimenzioniranje retencije, odnosno određivanje površine retencije i visine vode u retenciji. Taj je rezultat nemoguće dobiti bez parametarskog razmatranja kojim su izračunate vrijednosti za spomenute veličine obzirom na definirane vrijednosti protoka, a koje proizlaze iz zadanih ograničenja. Radi boljeg uvida u rad retencije odnosno vremenski tijek punjenja i pražnjenja retencije, izračunate veličine koje ovise o vremenu, prikazane su u radu grafički.

Kontroliranim načinom ispuštanja oborinskih voda u zaštićeni vodotok može se bitno utjecati na zaštitu i unapređenje ekosustava voda kao vrlo važnog elementa za razvoj ljudskog društva i poboljšanje uvjeta življenja. Stoga ograničenja pri ispuštanju oborinskih voda s prometnica u okoliš čine jedan od važnih aspekata koje treba uvažiti pri rješavanju navedene problematike bez obzira što to često rezultira većom složenošću proračunavanja objekata u sustavu odvodnje.

POPIS LITERATURE:

[1] Idejno rješenje obilaznice Grada Buzeta, br. proj. 54000119, IGH PC Rijeka, listopad 2006.

[2] Prostorni plan uređenja Grada Buzeta, SN Grada Buzeta br. 2/05

[3] Rekonstrukcija i odvodnja Male Hube, br.el. R-25/65.god, projektant N.Čulinović, dipl.ing. građ.

[4] Vodopravni uvjeti Hrvatskih voda, Klasa:UP/I-325-06/06-01/0995, Ur.broj:374-23-1-06-2

[5] Vuković, Ž: *Osnove hidrotehnike (prvi dio),* Akvamarine, Zagreb, 1996.

[6] Margeta, J: *Kanalizacija naselja,* Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Građevinski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Institut građevinarstva Hrvatske PC Split, Split, Osijek, 1998.

AUTORI:

Sanja Iveglija Čorak
Nives Klobučar
Institut građevinarstva Hrvatske PC Rijeka
Vukovarska 10a, 51 000 Rijeka, sanja.iveglija-corak@igh.hr; nives.klobucar@igh.hr

Doc.dr.sc. Barbara Karleuša
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
V.C. Emina 5, 51000 Rijeka, barbara.karleusa@gradri.hr

Velimir Labinac
Odsjek za fiziku, Filozofski fakultet u Rijeci
Omladinska 14, 51000 Rijeka, vlabinac@ffri.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.06.

PRISTUP REVITALIZACIJI VLAŽNIH STANIŠTA DONJEG TOKA RIJEKE DRAVE

Maja Kerovec, Stjepan Mišetić, Melita Mihaljević, Koni Čargonja - Reicher

SAŽETAK: Donji tok rijeke Drave unatoč promijenjenog hidrološkog režima uslijed mnogobrojnih uzvodnih hidrotehničkih zahvata, svrstava se među ekološki najbolje očuvane europske riječne ekosustave. Područje karakterizira zastupljenost mnogih bioloških vrsta, među kojima se posebice ističu rijetke i ugrožene vrste na nacionalnoj, europskoj i globalnoj razini. Budući da se, prema u svijetu opće prihvaćenim znanstvenim i stručnim načelima o ekologiji riječnih ekosustava, dionice rijeka gdje nisu izvedeni hidrotehnički zahvati više ne tretiraju kao neuređeni i nestabilni dijelovi vodotoka, već kao visoko dinamičan i stabilan ekosustav, postojeće ekološko stanje rijeke Drave i inundacijskog područja potrebno je primjenom određenih mjera zaštite očuvati, a degradirana ekološki vrijedna područja revitalizirati. U ovom radu izložen je pristup revitalizaciji vlažnih staništa rijeke Drave, a što je predloženo u Studiji "Uređenje inundacijskog područja rijeke Drave od rkm 0 + 000 do rkm 176 + 450 za potrebe obrana od poplava i revitalizaciju poplavnih područja" koju je tvrtka Elektroprojekt d.d. Zagreb izradila za potrebe Hrvatskih voda). Svrha izrade studije je definiranje hidrotehničkih, ekoloških i drugih mjera s aspekta održive obrane od poplava i poboljšanje ekološkog stanja vlažnih područja.

KLJUČNE RIJEČI: Drava, vlažno stanište, bare, rukavci

The Lower Drava River Course Wetlands Revitalization Concept

ABSTRACT: The lower course of the Drava River belongs to the environmentally best preserved European riverine ecosystems, despite changes in hydrological regime caused by numerous hydraulic engineering projects carried out upstreams. The area is characterized by presence of numerous biological species, particularly species that are rare and threatened on the national, European and global level. According to general and globally adopted scientific and professional principles applied to the riverine ecosystem ecology, the river reaches on which no hydraulic engineering projects have been constructed are no more referred to as undeveloped and unstable river course sections but rather as highly dynamic and stable ecosystems. Therefore, preservation of the current state of the Drava River and its inundation area ask for implementation of specific protection measures, and the ecologically valuable areas that had been degraded need to be revitalized. The present paper describes a revitalization concept for the Drava wetlands proposed in study The Drava River Inundation Area Development between rkm 0+000 and 176+450 for Flood Control and Revitalization of Floodplains, prepared by Elektroprojekt Zagreb for the Croatian Wasters in 2007. The study focused on defining hydraulic engineering, ecological

and other measures for sustainable flood control and improvement in ecological state of the wetlands.

KEYWORDS: The Drava River, wetland, ponds, river branches

UVOD

Nizvodno do ušća Mure Drava teče aluvijalnom dolinom širine oko 10 km, s debelim naslagama šljunka i pijeska. Na ovoj dionici, zbog velike energije toka stvaraju se meandri, a na mjestima gdje se rijeka razlijeva i račva u rukavce tvore se otoci i sprudovi. Na pojedinim mjestima Drava ima duboko usječeno korito koje karakteriziraju strme odronjene obale.

Prije izgradnje mnogih hidrotehničkih zahvata rijeka Drava je imala bujične elemente toka. Poplave su brže nadolazile, a zavisno od vodostaja Dunava brzo se i povlačile. Češće plavljenje osobito ritskih područja pogodovalo je razvoju i održavanju raznolikih bio-ekoloških sustava. Danas je bitna negativna promjena toka i hidrološkog režima sve veće usijecanje korita.

Međutim, unatoč izgradnji brojnih objekata što je ostavilo određene tragove u staništima Drave i njezinom zaobalju, područje nizinskog dijela toka Drave predstavlja jedinstvenu prirodi najbližu cjelinu koju karakterizira raznolikost sve više u Europi ugroženih staništa. Zbog toga, postojeća biološka raznolikost na ovom dijelu toka Drave zahtjeva integralno, odnosno ekološki prihvatljivo upravljanje područjem i onda kada se rješavaju pitanja sigurnosti obrane od poplava, osiguranje plovnosti i svih drugih aktivnosti. Osnovno je da upravljanje cjelokupnim slivom treba uskladiti s Okvirnom direktivom EU koja se odnosi na upravljanje vodama.

Promatrana dionica rijeke Drave je njezina najvažnija prirodno očuvana dionica. Zbog toga, sve planirane aktivnosti na ovom području treba provoditi prema nacionalnim i međunarodnim propisima koje se odnose na zaštitu staništa, biljnih i životinjskih vrsta [2, 3, 4, 5, 6, 10, 11 i 13]. Vezano za zaštitu od poplava posebice je važno pridržavati se smjernica UN [7].

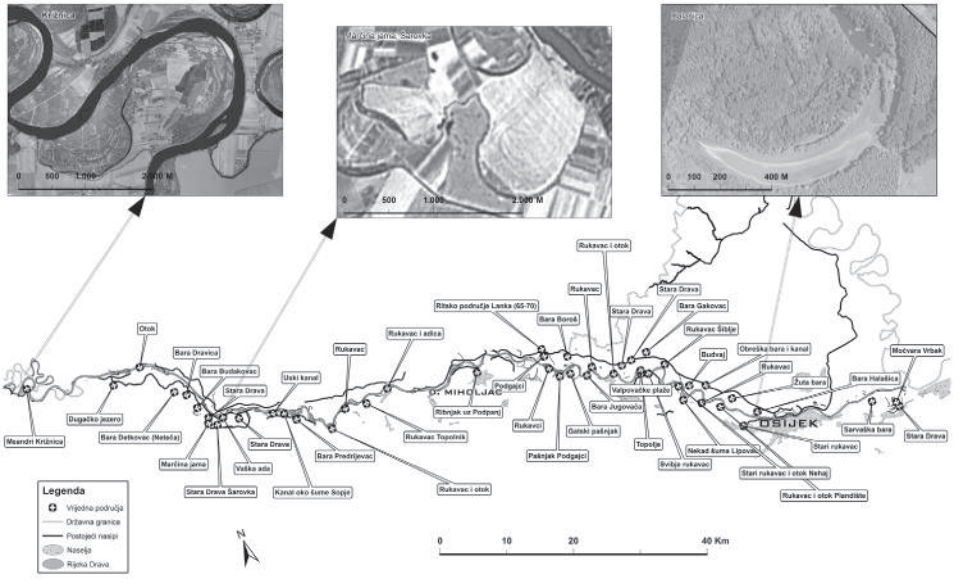
ZASTUPLJENOST VRIJEDNIH PODRUČJA

Ekološko stanje područja donje Drave prikazano je u okviru raznih studija [1, 8, 12 i 14]. Iz pregleda studija uočava se da su na tom području zastupljena karakteristična staništa na kojima obitavaju rijetke i ugrožene vrste na nacionalnoj, europskoj i globalnoj razini.

Od u Europi ugroženih staništa u rijeci Dravi osim strmih obala, sprudova i otoka od vrijednih staništa na području inundacije zastupljena su staništa: naplavne nizinske šume, zatim stari rukavci Drave te močvare, bare i pašnjaci u različitim stupnjevima sukcesije.

Od vlažnih staništa izvan obrambenih nasipa ističu se: naplavne nizinske šume, šikare, stari rukavci, bare i močvare.

Ovo bogatstvo biološke raznolikosti zadržalo se, bez obzira na antropogene pritiske i utjecaj poremećenog hidrološkog režima, isključivo zahvaljujući dinamičkim procesima, koji osiguravaju opstojnost svih karakterističnih elemenata riječnog ekosustava. Zastupljenost referentnih staništa inundacije rijeke Drave na promatranom području vidi se na slici 1.



Slika 1: Pregled zastupljenosti referentnih vlažnih staništa inundacije rijeke Drave na promatranom području

OSNOVNI PRINCIPI REVITALIZACIJE

Zbog značajno izmijenjenih riječnih ekosustava uvjetovanih različitim zahvatima što se očituje na razini vrsta, prostora i abiotičkih procesa danas je nužno zaštititi preostala i obnoviti izgubljena vlažna područja.

Ciljano stanje koncepta ekološke obnove rijeka je ponovno uspostavljanje prirodnih hidromorfoloških procesa poput:

- prirodnog protoka,
- premještanja riječnog korita unutar poplavnog područja,
- uzdužne i poprečne povezanosti unutar riječnog koridora.

Mjere mogu biti na razini:

- vrsta - reintrodukcija lokalno izumrlih vrsta,
- prostornih obrazaca - zaštita ili obnova pojedinih staništa,
- abiotičkih procesa - uklanjanje nasipa i obaloutvrda.

Kod definiranja koncepta obnove osobitu pažnju treba obratiti na aspekt prirodnosti jer područja koja funkcioniraju na prirodan način doprinos su povećanju raznolikosti staništa i vrsta [9].

Za donji tok rijeke Drave predložene su mjere obnove do najvišeg stupnja smanjivanja razlike između narušenih i referentnih dionica s naglaskom na obnovi abiotičkih procesa o čijoj funkcionalnosti ovise ekološke, biološke i krajobrazne vrijednosti.

ODABRANE MJERE ZA REVITALIZACIJU VLAŽNIH STANIŠTA

Mjere obnove staništa kojim se poboljšava i protočnost, odnosno zaštita od poplava, uključuju mjere koje treba provesti unutar samog korita rijeka Drave te u inundacijskom području i izvan inundacijskog područja.

Mjere unutar korita rijeke Drave su:

- otvaranje, sniženje ili uklanjanje umjetnih pregrada između rukavaca i matice rijeke na dionici između 6. i 6,7; 44. i 49. te 170. i 171,5. rkm, zatim kod 98,0., 106,5., 123,5.,127,8., 134,5.,145,0. i 149,5. rkm,
- zadržavanje i očuvanje visokih riječnih obala između 52. i 69.; 84. i 96.; 145. i 155. te 156. i 171. rkm.

Mjere izvan korita rijeke Drave u inundaciji i širem području:

- uklanjanje prizemnog rašća uglavnom pridošlica te redovita kosidba i ispaša pašnjaka,
- obnova rukavaca stare Drave između 1,5. i 3,5.; 40 i 42.; 50. i 51 rkm te kod 27. rkm, zatim bara između 2. i 4.; 5,5. i 7,5.; 34. i 36.; 45. i 46.; 49. i 60.; 101. i 103.; 168. i 176. te kod 65. i 172. rkm primjenom slijedećih mjera:
  - osiguranje dotoka svježe vode,
  - kontrolirano odstranjivanje i uklanjanje više vodene vegetacije,
  - po potrebi kontrolirao izmuljivanje rukavaca;
- povećanjem inundacijskog područja između 48. i 52.; 81. i 86.; 113. i 118. te 128. i 132. rkm primjenom slijedećih mjera:
- Izgradnjom ustava na adekvatnim mjestima,
- izgradnja propusta u nasipima za obranu od poplava.
- obnova šuma:
  - osiguranje povoljnih hidroloških uvjeta u preostalim enklave hrastovih šuma,
  - zamjena alohtonih autohtonim vrstama.

Sniženjem i uklanjanjem pregrada između matice rijeke i rukavaca ponovno bi se uspostavila funkcija izgubljenog riječnog toka u rukavcu kod nižih vodostaja, što je bitno za održavanje raznolikosti faune kukaca i riba.

Zadržavanjem visokih riječnih obala osigurala bi se staništa za obitavanje kolonija vodomara, bregunica i pčelarica.

Revitalizacijom rukavaca i bara osigurali bi se uvjeti za razvoj i održavanje raznolike vegetacije te ornito i ihtiofaune vezane za ovaj tip posebno u Europi ugroženih staništa.

Obnovom vlažnih staništa izvan postojećih vodoprivrednih nasipa, osim što bi se povećala područja za neškodljiv prihvat poplavnih voda obnovila bi se mnogobrojna staništa kojima se prema Europskoj direktivi o staništima pridaje posebna pozornost. Navedena mjera doprinosi poboljšanju kakvoće vode uklanjanjem nutrijenata od strane višeg vodenog bilja i uvjeta za mrijest šaranskih vrsta riba.

ZAKLJUČAK

Zadržavanje i revitalizacija staništa osim očuvanja prirodnih vrijednosti za što se, sukladno svjetskom opredjeljenju, opredijelila i R. Hrvatska u suglasju su i s preporučenim smjernicama za postavljenje prioriteta pri izboru projekata obnove vlažnih staništa.

Osnovna tehnička rješenja dotoka svježe vode je izvedba upusnih građevina i izvedba spojnih kanala, vodeći računa o mogućnostima upravljanja razinama voda u kanalima kako se ne bi ugrozili ostali korisnici prostora.

Prioritetna staništa za revitalizaciju odabrana su na temelju identifikacije potencijalnih lokacija za revitalizaciju. Koje mjere će se primijeniti ovisi i o realizaciji prostornim planom predviđenih zahvata.

Ukoliko se u narednih 10 godina ne planira gradnja planiranih vodnih stepenica (VS), potrebno je što prije pristupiti razradi i realizaciji projekta revitalizacije predloženih staništa.

Izvedba planiranih prokopa (Budvaj, Gatski prokop, Neskovci i Šašnato polje), gledano samo s ekološkog aspekta nije opravdana, pogotovu ako se znade da skraćivanje dužine korita osim gubitka određenih staništa dovodio i do povećanja erozije i usijecanja korita.

Izvedbu planiranih prokopa opravdava samo potreba vezana za zaštitu od poplava te održavanje plovnosti. Međutim, to treba dostatno argumentirati, a projektom presijecanja predvidjeti daljnju komunikaciju presječenog meandra s maticom rijeke.

Kod izgradnje predviđenih luka i pristaništa prije njihove izgradnje treba izraditi studiju opravdanosti građenja s uključenim ekološkim utjecajima.

Zadržavanje i obnovu staništa nakon izgradnje planiranih višenamjenskih hidrotehničkih zahvata VS Osijek i VS D. Miholjac, treba definirati u sklopu projekata vezanih za pojedini planirani objekt.

Kod toga zaštitu staništa i krajobrazne vrijednosti treba temeljiti na nekoliko osnovnih premisa:

- u najvećoj mjeri očuvati prirodna staništa uz objekte planiranih zahvata,
- nadoknaditi u većoj mjeri prirodne površine koje će zaposjesti objekti,
- osigurati pristupačnost akumulaciji radi korištenja za sportsko rekreacijske i edukacijske svrhe,
- urediti nove površine u zaobalju za novu rekreacijsku namjenu u prirodno oblikovanom krajobrazu vodeći računa o mogućnostima različitog korištenja.

Intervencije u koritu, radi osiguranja plovnosti Drave u koliziji su s zaštitom i održavanjem određenih vrijednih staništa. Zbog toga, provođenje ovih mjera stvar je izbora, budući da je obveza R. Hrvatske osigurati plovnost Dravom. Zahvate i mjere treba definirati pravilnikom kojeg trebaju odobriti relevantne državne institucije.

Promatrani prostor treba koristiti višenamjenski. Kod toga nužno je pridržavati se principa održivosti. Osnovno je pomiriti planirane zahvate s održavanjem prirodnih vrijednosti. Ovakav pristup gospodarenju rijekama zacrtan je u *Okvirnoj direktivi o vodama EU* i provodi se u Zemljama članicama EU.

Principi i metode zaštite od poplave te obnova i održavanje vrijednih staništa Drave na promatranom području, predstavljaju koncept koji u posljednjih desetak godina širom Europe daje neusporedivo bolje rezultate od dotadašnjih rješenja koja su, osim što su rijeke dovela u ekološki neodrživo stanje, rezultirala i brojnim katastrofalnim poplavama.

LITERATURA

[1] Aničić, B., Brna, J., Getz, D., Majstorović, V. i Manojlović, R. (2000): Dravski ritovi u Baranji. Ekološko društvo «Zeleni Osijek», Osijek.

[2] Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Bern, 1979.

[3] Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. Bonn, 1979.

[4] Council Directive 79/409/EEC of 2 April 1979 on the conservation of wild birds. Official Journal L 103, 25/04/1979: 0001 - 0018.

[5] Convention on Biological Diversity. Rio de Janeiro, 1992.

[6] Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Official Journal L 206, 22/07/1992: 0007 - 0050.

[7] Čargonja-Reicher, K., Mišetić, S., Međan, D., Kerovec, M. (2007): Prikaz mjera Održiva obrane od poplava na donjem toku rijeke Drave (4. Hrvatska konferencija o vodama, Opatija 2007.)

[8] ICPDR (2004.): Action Programe for Sustainable Flood Protection in the Danube River Basin

[9] Lenselink, G. et. al. (2003): *Textbook International Course on Wetland Restoration.* Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, RIZA, Lelystad

[10] Pravilnik o proglašenju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim (NN 7/2006)

[11] Pravilnik o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova (NN 7/2006).

[12] Schneider - Jacoby, M., (1996): Drava i Mura, Život uslovljen riječnom dinamikom, Vodič kroz najbogatiji srednjoeuropski riječni krajolik,

[13] Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti Republike Hrvatske. NN 81/99.

[14] Tvrtković, N. (2002): Ugradnja bioodrživosti u Vodnogospodarsku osnovu Hrvatske i procjena ekološkog stanja. Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb.

AUTORI

Maja Kerovec*

Stjepan Mišetić*

Melita Mihaljević**

Koni Čargonja - Reicher*

*Elektroprojekt d.d. Zagreb, Hrvatska (Elektroprojekt Consulting Engineers, Zagreb, Croatia)

e-mail: maja.kerovec@elektroprojekt.hr

**Filozofski fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek (Faculty of Philosophy, University of Osijek, Osijek, Croatia)

e-mail: mmihaljevic@ffos.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.07.

LEGAL REQUIREMENTS FOR SPECIAL AREAS AND PARTICULARY SENSITIVE SEA AREAS

Axel Luttenberger

ABSTRACT: Special areas is the designation for certain sea areas in which for reasons relating to their oceanographic and ecological condition and to sea traffic taking place thereon, the adoption of special mandatory methods for the prevention of sea pollution is required. The legal analysis is made of the concept of special areas regulated by the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78) in comparison with International Maritime Organization (IMO) guidelines dealing with identification and designation of particularly sensitive areas. In this respect, in author's opinion, special areas and particularly sensitive sea areas are bodies of water which call for additional protection in a proper legal framework.

KEY WORDS: sea, special areas, particularly sensitive areas, marine pollution prevention, legal framework

PRAVNI ZAHTJEVI ZA POSEBNA I POSEBNO OSVJETLJIVA MORSKA PODRUČJA

SAŽETAK: Posebna područja označavaju određena morska područja u kojima se radi njihova oceanografskog i ekološkog stanja te pomorskog prometa zahtjeva primjena obvezujućih metoda sprječavanja onečišćenja mora. Dana je pravna analiza pojma posebnih područja propisanih Međunarodnom konvencijom o sprječavanju onečišćenja s brodova iz 1973. te izmijenjenih Protokolom iz 1978. godine (MARPOL 73/78), u poredbi s smjernicama Međunarodne pomorske organizacije (IMO) koje se bave identifikacijom i proglašavanjem posebno osjetljivog morskog područja. U tom smislu, po mišljenju autora, posebna područja i posebno osjetljiva morska područja su morski dijelovi koji traže dodatnu zaštitu uz primjereni pravni okvir.

KLJUČNE RIJEČI: more, posebno područje, posebno osjetljivo područje, sprječavanje onečišćenja mora, pravni okvir

1. FOREWORD

Environmental hazard associated to shipping include operational discharges, accidental and intentional pollution and physical damage to marine habitats and organisms [8]. Shipping activity can constitute an environmental hazard to the marine environment in general and consequently even more so to the environment of ecologically special areas and particularly sensitive sea areas.

Special areas are provided with higher level of protection than other seas for technical reasons relating their oceanographical and economic condition and their sea traffic. A particularly sensitive sea area (PSSA) is an area that needs special protection through action of International Maritime Organization (IMO) because of its significance for recognized ecological or socio-economic or scientific reasons and which may be vulnerable to damage to international maritime activities [6].

The criteria for the identification of special areas and particularly sensitive sea areas are not mutually exclusive and in many cases a special area may be identified within a particularly sensitive area and vice versa.

In addition, nowadays, it is becoming difficult to make multilateral treaties on protecting the marine environment. Contrary to the evolution of event, which is ever more accelerating, multilateral negotiation is slow.

2. MAIN SOURCES OF LAW FOR SPECIAL AREAS AND PARTICULARLY SENSITIVE SEA AREA (PSSA)

2.1. THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973, AS MODIFIED BY THE PROTOCOL 1978 RELATING THERETO (MARPOL 73/78)

The important feature of MARPOL 73/78 is the concept of special areas which are considered to be vulnerable to pollution by the oil that discharges within them have been completely prohibited, with minor and well-defined exceptions [1]. The 1973 Convention identified the Mediterranean Sea, the Black Sea, the Baltic Sea and the Gulfs, as special areas. All oil-carrying ships are required to be capable of operating the method of retaining oily wastes on board through the “load on top” system of discharge to shore reception facilities.

Oil tankers, for which the building contract was placed after 31 December 1975 of 70.000 tons deadweight and above, must be fitted with segregated ballast tanks large enough to provide adequate operating draught without the need to carry ballast water in cargo oil tanks. Furthermore, those tankers are required to meet certain subdivision and damage stability requirements so that, in any loading conditions, they can survive after damage of collision or stranding.

2.2. REVISED GUIDELINES FOR THE IDENTIFICATION AND DESIGNATION OF PARTICULARLY SENSITIVE SEA AREA

The purpose of the Guidelines is to provide guidance in formulation and submission of application for designation, ensure that all interests are thoroughly considered and provide for the assessment of such application [2].

In order to be identified as a particularly sensitive sea area the area should meet ecological criteria, social, cultural and economic criteria as well as scientific and educational criteria.

Ecological criteria cover uniqueness or rarity of the area, critical habitat, dependency on biotically structured system, representativeness, diversity, productivity, spawning or breeding grounds, naturalness, integrity, fragility and bio-geographic importance.

Social, cultural and criteria comprise social or economic dependency of the area, human dependency and cultural heritage because of the presence of significant historical and archaeological sites.

Scientific and educational criteria comprise research, baseline for monitoring studies with regard to biota or environmental characteristics and education as an area that offers an opportunity to demonstrate natural phenomena.

The Revised Guidelines for the Identification and Designation of Particularly Sensitive Sea Area A.982 (24) supersede those of Annex 2 of Resolution A.972 (22) Guidelines for the Designation of Special Areas under MARPOL 73/78 and Guidelines for the Identification and Designation of Particularly Sensitive Sea Areas [3].

A PSSA can be protected by ship routing measures within defined limits in which either navigation is particularly hazardous or it is exceptionally important to avoid casualties and which should be avoided by all ships, or by certain classes of ships.

3. LEGAL GROUNDS FOR PSSA

In order to be identified as PSSA a careful study must be carried out by a proposing state. The burden is on coastal state to justify why it is necessary to protect the proposed PSSA.

The legal basis of various measures which could be implemented to protect PSSA is to be found in several IMO treaties. However, the problem emerges with the measures which are not yet establish in the treaty basis. In this respect, the legal basis for the establishment of the PSSA depends on the guidelines, which do not have a binding force on states.

The United Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), 1982 includes international rules and national legislation to prevent, reduce and control pollution of the marine environment, particularly dealing with pollution from vessels pointing out the international rules and standards to prevent reduce and control pollution. In my opinion, Article 211 para 6 reflects more the provision of MARPOL on special area and may not provide comprehensive protection in all cases to provide adequate measures to protection in PSSA [4].

4. PROCEDURE FOR THE DESIGNATION, CRITERIA FOR ASSESSMENT AND IMPLEMENTATION OF PSSA AND THE ADOPTION OF ASSOCIATE PROTECTIVE MEASURES

The application should set forth the summary of the objectives of the proposed PSSA designation, the location of the area, the need for protection, the associate protective measures, and demonstrate how the identified vulnerability will be addressed by existing or proposed associated protective measures.

Each application should consist of the detailed description, pointing out the significance of the area and vulnerability of the area to damage by international shipping activities. Moreover, the application should identify the existing and/or proposed associated protective measures and describe how they provide the needed protection from the threats of damage posed by international maritime activities occurring in and around the area.

The submission should identify the legal basis for each measure in any already available

IMO instrument, or any measures that could became available through amendment of an IMO instrument or amendment of the new IMO instrument or any measure proposed for the adoption in territorial sea or pursuant to UNCLOS.

The application should set forth information of the constituency with legal instruments under which associated protective measures are being proposed, implication for vessel safety and impact of vessel operations, such as existing traffic patterns or usage of the proposed area.

In assessing the proposal, IMO should particularly consider the full range of protective measures available and determine whether the proposed or existing associated protective measures are appropriate to prevent, reduce or eliminate the identified vulnerability of the area from international shipping activities. Additionally, the assessment should judge whether such measures might result in an increased potential significant adverse effect by international shipping activities on the environment outside the proposed PSSA and the relation between the recognized attributes, the vulnerability of associated protective measures to prevent, reduce or eliminate that vulnerability and the overall size of the areas, including whether the size is commensurate with that necessary to address the identified need.

Once a PSSA secures final designation, all associated protective measures should be identified on a chart in accordance with the symbols and methods of the International Hydrographic Organization (IHO).

A proposing Member Government should ensure that any associated protective measure is implemented in accordance with the international law as reflected in UNCLOS [5].

Member Government should take all appropriate steps to ensure that ships flying their flag comply with the associated protective measures adopted to protect the designated PSSA. Those Governments which have received information of an alleged violation of an associated protective measure by a ship flying their flag should provide the Government which has reported the offence with the details of any appropriate action taken [7].

5. LEGAL ANALYSIS OF THE DIFFERENCES BETWEEN SPECIAL AREAS AND PSSAS

The guidelines address two different concepts of protection of marine areas, one being special areas which is regulated by MARPOL Convention, and the other PSSA which is not regulated in any of the IMO Conventions.

Firstly, special areas are designed for the enclosed and semi enclosed seas by prescribing operational discharge of oil. However, PSSA can be designed anywhere in the sea area such as territorial waters, exclusive economic zone (EEZ) or even straits used for international navigation.

Secondly, the criteria which must be satisfied for any sea area to be given special area status are grouped in categories of oceanographic conditions, ecological conditions and vessel traffic characteristics, whereas in order to be identified as a PSSA, the area must meet the criteria defined as ecological, social, cultural and economic or scientific and educational, provided that at least one of the criteria should be at a risk from international shipping activities. Therefore, it seems that the conditions for designation of special areas are more restrictive than those established for PSSA.

Thirdly, states can take protective measures in a special area only for the reasons of prevention of sea pollution under MARPOL Convention and existing instruments, while under the PSSA a state can propose associated protective measures which may include any measure that is already available in existing instrument or any measure that does not

yet exist but that should be available as a generally applicable measure that fall within the competence of IMO.

6. CONCLUSIONS

Shipping can cause damage to marine ecosystem, and coastal nations have only limited ability to impose and enforce their own environmental and national regulations to foreign ships [9]. Improving the state of environment in coastal areas is not a matter of coastal countries alone. Provisions are made and procedures are developed for placing more emphasis on early warning system and monitoring of changes.

MARPOL 73/78 defines certain areas as special areas in which, for technical reasons relating to their oceanographical and ecological conditions and their sea traffic, the adoption of special mandatory methods for the prevention of sea pollution is required. PSSA are a mechanism for strict control on international shipping activities within designed areas through the IMO. Countries can declare such areas, and then establish rules for their protection.

The remarkable of negotiated and signed marine environmental agreements raises a serious question whether significant progress could be achieved by further swelling their number or rather by consolidating the implementation of existing convention.

The strict compliance with obligations contained in agreements is far from satisfactory even in countries which do not lack human and financial resources. Experience show that new obligations are becoming stricter, targets more precise, deadlines more explicit, financial requirements higher in comparison with old conventions and agreements.

With expanding recognition of common interest shared by a mankind as a whole, these principles became more elusive, particularly when considering environmental issues of global significance. Gradually, states are more considered as being obliged to act within the limits of their jurisdiction on behalf of a mankind, and such considerations found a clear expression in some of the latest environmental laws.

REFERENCES

1. MARPOL 73/78, Consolidated edition 2006, Articles, Protocol, Unified Interpretation of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto, IMO, London 2006
2. Revised Guidelines for the Identification and Designation of Particularly Sensitive Sea Area, Resolution A.982 (24)
3. Guidelines for the Designation of Special Areas under MARPOL 73/78 and Guidelines for the Identification and Designation of Particularly Sensitive Sea Area, Resolution A.927 (22)
4. The United Convention on the Law of the Sea, Official text of the United Nations Convention of the Law of the Sea with the Annexes and Index, Final act of the United Convention on the Law of the Sea, Introductory materials on the Convention and Conference, United Nations, New York, 1983
5. Ocean and the Law of the Sea, Division for the Ocean Affairs and the Law of the Sea, www.un.org/dept/los
6. International Maritime Organization (IMO), www.imo.org
7. Eurolex, Access to the European Union Law, www.europa.eu.int/eur-lex/lex/en/index.htm

8. World Wildlife Fund, www.wwf.org

9. U.S Environmental Protection Agency (EPA), www.epa.gov

AUTOR:

Axel Luttenberger

University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies Rijeka, Studentska 2, 51000 Rijeka, Croatia, *axel@pfri.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.08.

KATALITIČKA OBRADA OTPADNIH VODA ZAGAĐENIH FENOLOM

Karolina Maduna Valkaj, Stanka Zrnčević

SAŽETAK: Potreba za uklanjanjem organskih nečistoća iz industrijskih otpadnih voda uvjetovala je razvoj novih, djelotvornih tehnologija s posebnim naglaskom na uštedu sirovina, energije te ekonomičnost procesa. Katalitička oksidacija organskih zagađenja vodikovim peroksidom u vodenom mediju, poznata kao CWPO metoda (eng. ***C**atalytic **W**et **P**eroxide **O**xidation*), jedan je od postupaka koji ispunjava navedene zahtjeve. Upotrebom vodikovog peroksida kao oksidacijskog sredstva i pogodnog heterogenog katalizatora, moguće je proces provoditi pri atmosferskom tlaku i temperaturi ispod 373 K. Zeoliti su zbog svojih specifičnih značajki (selektivnost prema veličini i obliku molekula, termička i kemijska stabilnost, benignost prema živom svijetu) izrazito pogodni katalizatori za uporabu u selektivnim oksidacijskim procesima.

Stoga je u ovom radu proučavana aktivnost i stabilnost Cu/Y-5 katalizatora u reakciji oksidacije fenola vodikovim peroksidom. Katalizator je pripravljen ionskom izmjenom protonskog oblika komercijalnog zeolita. Karakterizacija katalizatora obuhvaćala je XRD, SEM, AAS i ICP-MS elementarnu analizu, te određivanje specifične površine, volumena pora i raspodjele volumena pora.

Reakcija je provođena u šaržnom Parrovom reaktoru pri atmosferskom tlaku i temperaturama od 323 do 353 K. Koncentracija bakra na zeolitu je bila 3,52 mas %. Početna koncentracija fenola je iznosila 0,01 mol dm^{-3}, a vodikovog peroksida od 0,01 do 0,1 mol dm^{-3}.

Dobiveni eksperimentalni podaci su testirani slijedećim kinetičkim modelima za oksidaciju fenola $r_{\mathrm{F}} = k_1 c_{\mathrm{F}} c_{\mathrm{VP}}$ i raspad vodikovog peroksida $r_{\mathrm{VP}} = k_2 c_{IP}^2$, a kinetički parametri su procijenjeni Nelder-Meadovom metodom nelinearne regresije.

KLJUČNE RIJEČI: katalitičko čišćenje otpadnih voda, oksidacija fenola, priprava katalizatora, modeliranje kinetike

CATALYTIC TREATMENT OF PHENOLIC WASTEWATERS

SUMMARY: The necessity to remove organic pollutants from the industrial wastewater streams has forced the development of new technologies that can produce better results in terms of pollutant removal and process efficiency in the combination with the low investment and operating costs. One of the new emerging processes with a potential to fulfill this demands is a catalytic wet peroxide oxidation, commonly known as a CWPO process. The oxidative effect of the hydrogen peroxide is intensified by the addition of the

heterogeneous catalyst that can reduce the operating conditions to atmospheric pressure and temperatures bellow 373 K. Zeolites, among others are specially appealing as catalysts for selective oxidation processes due to their unique characteristics such as shape selectivity, thermal and chemical stability and benign effect to nature and living world.

In this work catalytic activity and stability of Cu/Y-5 zeolite in phenol oxidation with hydrogen peroxide was examined. Catalyst samples were prepared by ion exchange method of the protonic form of commercial zeolite. The catalysts were characterized with powder X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), AAS and ICP-MS, while the adsorption techniques were used for the measurement of the specific surface area.

The catalytic tests were carried out in a stainless steel Parr reactor in batch operation mode at the atmospheric pressure and the temperature range from 323 to 353 K. The mass ratio of the active metal component on the zeolite was 3.52 wt%. The initial concentration of phenol solution was equal to 0.01 mol dm^{-3} and the concentration of hydrogen peroxide was from 0.01 to 0.1 mol dm^{-3}.

The obtained experimental data was tested to a proposed kinetic model for phenol oxidation $r_{\mathrm{Ph}} = k_1 c_{\mathrm{Ph}} c_{\mathrm{HP}}$ and hydrogen peroxide decomposition $r_{\mathrm{HP}} = k_2 c_{\mathrm{HP}}^2$. The kinetic parameters were estimated using the Nelder-Mead method of nonlinear regression.

KEYWORDS: catalytic treatment of wastewater, oxidation of phenol, catalyst preparation, kinetic modeling

1. UVOD

Odlaganje opasnog i štetnog otpada u okoliš jedan je od najvećih problema današnjice. Posebnu opasnost predstavljaju toksične organske tvari koje su prisutne u otpadnim vodama, krutinama i plinovima mnogih industrijskih procesa. Osim izravne opasnosti za ljudsko zdravlje i zdravlje drugih živih bića, njihovo nekontrolirano odlaganje dovodi do dugotrajnog onečišćenja okolnog zemljišta te nadzemnih i podzemnih voda.

Kako su vode u ekološkom smislu najopterećeniji i najugroženiji, ali ujedno i najvažniji dio globalnog ekosustava, provode se brojna istraživanja sa ciljem iznalaženja novih tehnologija za što djelotvornije čišćenje voda zagađenih organskim spojevima primjerice, fenolom i njegovim derivatima. Za smanjenje koncentracije fenola i njegovih spojeva u otpadnim vodama primjenjuju se različiti fizički, biološki i kemijski postupci. Izbor odgovarajućeg postupka ovisi o izvoru i koncentraciji organske tvari u vodi, o ukupnoj količini otpadne vode koju treba obraditi, stupnju redukcije koji se želi postići, kao i o ekonomskim čimbenicima.

Najčešće se maseni udjel fenola u otpadnim vodama kreće od 50 - 20000 ppm, što je prekoncentrirano za biološku obradu, a prerazrijeđeno za neki od fizičkih postupaka obrade. U takvim slučajevima primjenjuje se neka od kemijskih metoda primjerice mokra oksidacija (eng. *Wet oxidation*, WO) [1-3]. Postupak se temelji na oksidaciji fenola otopljenog u vodi sa zrakom ili kisikom (eng. *Wet Air Oxidation*, WAO), a provodi se pri povišenoj temperaturi (373 - 573 K) i tlaku (1 - 20 MPa). Dodatkom homogenih ili heterogenih katalizatora [1-13], WO procesi se mogu provoditi pri nižim tlakovima i temperaturama i tada govorimo o katalitičkoj mokroj oksidaciji (eng. *Catalytic Wet Oxidation*, CWO). Kod tih procesa se kao oksidacijsko sredstvo osim kisika ili zraka može rabiti i vodikov peroksid (eng. *Catalytic Wet Peroxide Oxidation,* CWPO), a postupak se provodi pri atmosferskom tlaku i temperaturama nižim od 373 K.

Prema dosadašnjim spoznajama, zeoliti modificirani bakrom kao katalitički aktivnom tvari,

posjeduju posebice dobre katalitičke značajke u usporedbi sa ostalim tipovima heterogenih katalizatora. Stoga je na osnovi literaturnih podataka te aktualnih trendova u istraživanju i razvoju katalitičkih oksidacijskih procesa za obradu industrijskih i komunalnih otpadnih voda, zeolit HY-5 izabran za nosač u koji je ugrađen bakar kao katalitički aktivna tvar.

Aktivnost pripravljenog Cu/Y-5 katalizatora ispitana je u reakciji oksidacije fenola vodikovim peroksidom u vodenoj otopini. Također je istražen utjecaj reakcijskih parametara na aktivnost, selektivnost i stabilnost katalizatora.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

Katalizator Cu/Y-5 je pripremljen ionskom izmjenom komercijalnog zeolita HY-5 (Süd-Chemie AG, München) [14]. Katalizatoru je određen volumen pora, srednji promjer pora, te specifična površina. Morfologija i homogenost zrna katalizatora određeni su skenirajućom rendgenskom mikrografijom (SEM), a uvid u kristalnu strukturu i disperznost površine dobiven je difrakcijom X-zraka (XRD). Kemijski sastav katalizatora određen je elementarnom analizom na ICP-MS i AAS uređajima.

Aktivnost pripravljenog katalizatora ispitana je u reakciji oksidacije fenola vodikovim peroksidom u vodenoj otopini. Reakcija je provođena u kotlastom Parrovom reaktoru (izrađenom od nehrđajućeg čelika opremljenog kontrolnom jedinicom za upravljanje i regulaciju procesnih parametara: temperature, tlaka i broja okretaja miješala) pri atmosferskom tlaku i temperaturama od 323 do 353 K. Udio bakra u katalizatoru bio je 3,52 mas. %, koncentracija fenola iznosila je 0,01 mol dm^{-3}, a vodikovog peroksida od 0,01 do 0,1 mol dm^{-3}. Opis mjerenja naveden je u ranijem radu [15].

Tijekom reakcije praćena je promjena pH vrijednosti uzoraka na InoLab WTW pH metru opremljenom sa kombiniranom staklenom elektrodom. Smanjenje koncentracije fenola praćeno je spektrofotometrijski 4-aminoantipirinskom metodom ili kromatografski na HPLC instrumentu, dok je raspad vodikovog peroksida određivan titracijom modificiranom jodometrijskom metodom.

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.l. Karakterizacija katalizatora

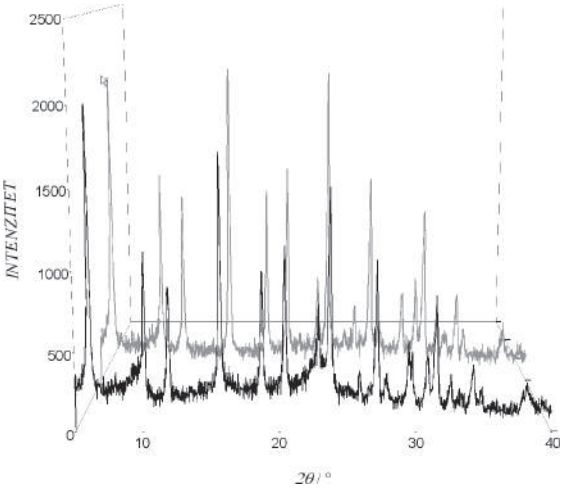
Fizičke značajke katalizatora i nosača navedene su u tablici 1 iz koje se može vidjeti da ugradnja bakra u kristalnu strukturu HY-5 zeolita ima utjecaj na njegove fizičke značajke, tj. uzrokuje smanjenje specifične površine, volumena pora i srednjeg promjera pora. Kako je srednji promjer pora cca 2 nm to je potvrda da Cu/Y-5 katalizator posjeduje mikroporoznu strukturu.

Tablica 1.: Fizičke značajke katalizatora

KATALIZATOR	Specifična površina S_{BET}, $m^2\ g^{-1}$	Volumen pora V_p, $cm^3\ g^{-1}$	Srednji promjer pora d_p, nm
HY-5	758,63	0,38	1,96
Cu/Y-5	742,44	0,36	1,91

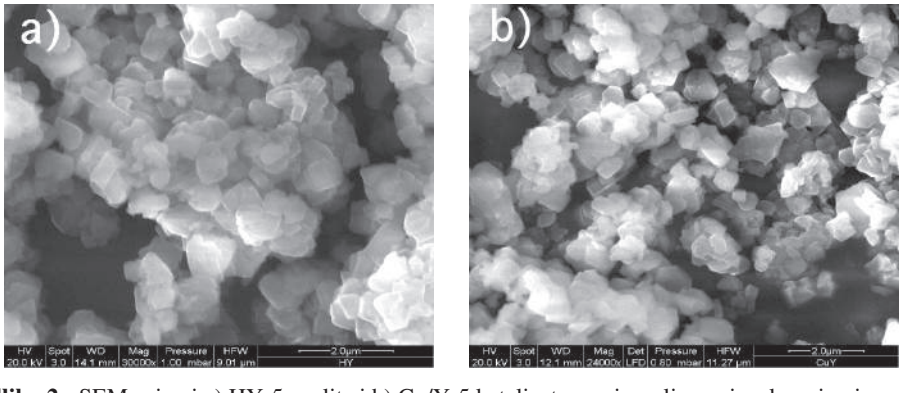
Na slici 1 prikazan je XRD difraktogram katalizatora ispitivanog u ovom radu. Kao što se može vidjeti iz grafičkog prikaza, i nosač i katalizator pokazuju karakteristične

difraktograme za FAU (Y) tip zeolita sa vrlo uskim pikovima i malom površinom ispod krivulje, što ukazuje na odsustvo amorfne faze, odnosno visok stupanj kristaliničnosti uzoraka. Također se može uočiti da uvođenje bakra u kristalnu strukturu HY-5 zeolita nije uzrokovalo promjenu kristaliničnosti uzorka.



Slika 1.: XRD difraktogram HY-5 zeolita i Cu/Y-5 katalizatora pripravljenog ionskom izmjenom

Na slici 2 prikazane su SEM snimke komercijalnog HY-5 zeolita koji je korišten kao nosač, te Cu/Y-5 katalizatora pripravljenog ionskom izmjenom. Može se vidjeti da ugradnja bakra u nosač ne utječe na morfologiju i veličinu kristalita koja se kreće od ~0,4 do 1,1 μm, a struktura im poprima oblik pravilnog oktaedra. Također se može uočiti pojava aglomeracije sitnijih kristalita što dovodi do smanjenja volumena pora uzrokovanog ugradnjom bakra.



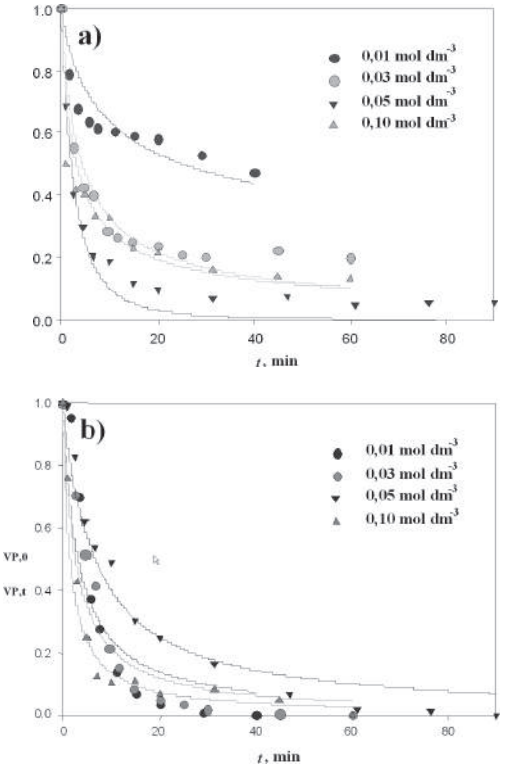
Slika 2.: SEM snimci a) HY-5 zeolita i b) Cu/Y-5 katalizatora pripravljenog ionskom izmjenom

3.2. Ispitivanje aktivnosti katalizatora

Preliminarnim mjerenjima utvrđeno je da međufazna i unutarfazna difuzija ne utječu na brzinu reakcija, te da skidanje bakra sa nosača iznosi cca 3%. Također je potvrđeno

da skinuti Cu^{2+} ne utječe katalitički na reakciju oksidacije fenola i raspada vodikovog peroksida.

Na slici 3 prikazan je tipični primjer utjecaja početne koncentracije H_2O_2 na vremensku promjenu koncentracije fenola i vodikovog peroksida kada je reakcija provođena pri 353 K.



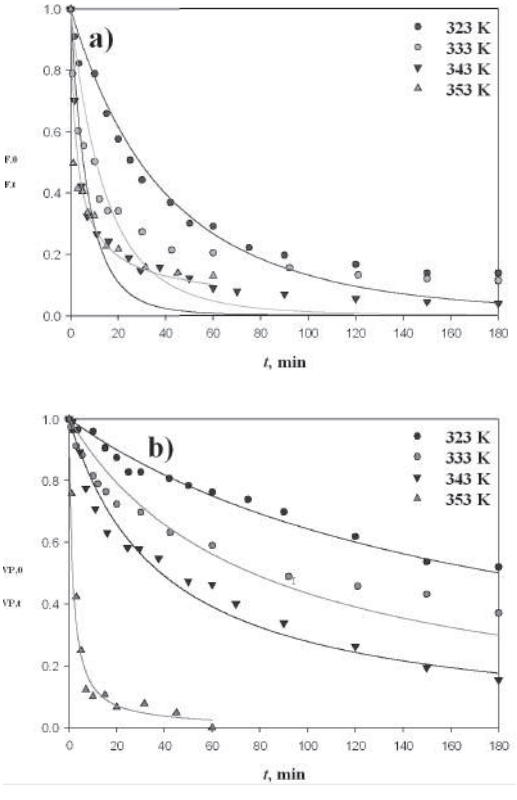
Slika 3.: Utjecaj početne koncentracije vodikovog peroksida na brzinu a) oksidacije fenola i b) raspada H_2O_2 uz Cu/Y-5 katalizator (c_F = 0,01 mol dm^{-3}, w_{Cu} = 3,52 mas.%, m_{kat} = 0,1 g dm^{-3}, T= 353 K)

Sa slike se može vidjeti da porastom početne koncentracije H_2O_2 raste brzina oksidacije fenola uz istovremeno postizanje veće konverzije u kraćem vremenskom periodu. Također se može uočiti da porast koncentracije vodikovog peroksida ima veći utjecaj na brzinu oksidacije fenola nego na brzinu raspada peroksida. Ako tijekom reakcije prikazane izrazom (1) dolazi do potpune mineralizacije fenola

$$C_6H_5OH + 14H_2O_2 \rightarrow 6CO_2 + 17H_2O \qquad (1)$$

moguće je izračunati stehiometrijsku količinu vodikovog peroksida potrebnog za oksidaciju fenola. Dakle, 14 molova peroksida je potrebno za oksidaciju 1 mola fenola. Stoga se sa slike 4 može vidjeti da do potpune oksidacije fenola dolazi u onom slučaju kada se koristi približno stehiometrijska količina peroksida, dok kod substehiometrijskih količina vrijeme potrebno za oksidaciju je znatno duže.

Aktivnost, selektivnost i stabilnost katalizatora u velikoj mjeri ovise o radnoj temperaturi stoga je u radu ispitan utjecaj temperature na brzinu oksidacije fenola i raspada vodikovog peroksida (slika 4).



Slika 4.: Utjecaj temperature na brzinu a) oksidacije fenola i b) raspada vodikovog peroksida uz Cu/Y-5 katalizator (c_F = 0,01 mol dm^{-3}, c_{VP} = 0,1 mol dm^{-3}, w_{Cu} = 3,52mas.%, m_{kat} = 0,1 g dm^{-3})

Sa slike 4 se može vidjeti, da nakon 180 minuta reakcije, koncentracija vodikovog peroksida u reakcijskoj smjesi se smanji ispod 30% samo pri provođenju reakcije na najvišoj temperaturi, dok je konverzija fenola veća od 95%. Treba spomenuti da su navedeni rezultati dobiveni koristeći približno stehiometrijsku količinu vodikovog peroksida. U slučaju korištenja substehiometrijskih količina peroksida, te provođenjem reakcija pri nižim temperaturama razlike između izreagiranog fenola i vodikovog peroksida još su veće. Ovakvo ponašanje reakcijskog sustava navodi na zaključak da dio prisutnog vodikovog peroksida nije iskorišten za oksidaciju fenola i produkata njegove oksidacije nego se troši i na slijedeće reakcije [16]

$$H_2O_2 \xrightarrow{\text{katalizator}} OH^{\bullet} + H_2O \qquad (2)$$

$$Ph^{\bullet} + H_2O_2 \rightarrow \text{Katehol} + OH^{\bullet} \qquad (3)$$

$$OH^{\bullet} + H_2O_2 \rightarrow H_2O + HO_2^{\bullet} \qquad (4)$$

$$H_2O_2 \rightleftharpoons H^+ + HO_2^- \qquad (5)$$

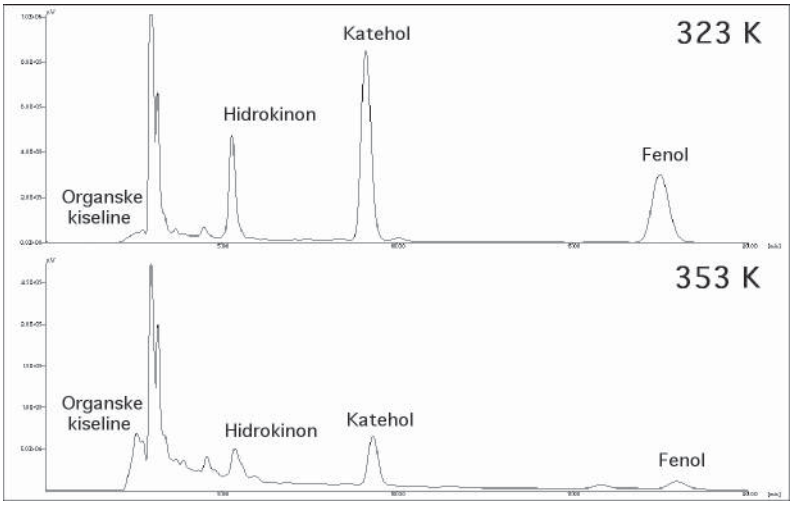
$$OH^{\bullet} + HO_2^- \rightarrow OH^- + HO_2^{\bullet} \quad (6)$$

$$HO_2^{\bullet} + HO_2^{\bullet} \rightarrow H_2O_2 + O_2 \quad (7)$$

$$HO_2^{\bullet} + H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2 + OH^{\bullet} \quad (8)$$

$$H_2O_{2(s)} \rightarrow 2OH^{\bullet}_{(s)} \rightarrow H_2O + 1/2\,O_2 \quad (9)$$

Kako bi se ispitala selektivnost katalizatora, reakcijska je smjesa u određenim vremenima provedbe procesa analizirana tekućinskim kromatografom. Na slici 6 prikazan je kromatogram reakcijske smjese dobiven nakon 180 minuta provođenjem reakcije pri 323 i 353 K.



Slika 5.: HPLC kromatogrami reakcijske smjese nakon 180 min reakcije uz Cu/Y-5 katalizator pri 323 i 353 K (c_F = 0,01 mol dm^{-3}, c_{VP} = 0,1 mol dm^{-3}, m_{kat} = 0,1 g dm^{-3})

Kao što je vidljivo sa kromatograma prikazanog na slici 5, oksidacijom fenola uglavnom nastaje hidrokinon, katehol te organske kiseline. Od organskih kiselina u najvećoj mjeri dolazi do nastajanja maleinske, fumarne, oksalne i octene kiseline koje predstavljaju smetnju daljnjem nastavku procesa oksidacije. Pokazalo se, da su ti spojevi pri blagim reakcijskim uvjetima vrlo stabilni, te da stvaraju stabilne komplekse sa katalitički aktivnom metalnom komponentom katalizatora, te Cu^{2+} ionima skinutim sa zeolita. Nadalje, što je katalizator aktivniji, tj. što se reakcija provodi pri višoj temperaturi, konverzija fenola je veća, kao i nastajanje međuprodukata reakcije u većim koncentracijama. Stvaranje organskih kiselina tijekom reakcije dovodi do smanjenja pH reakcijske smjese, koji se ovisno o aktivnosti katalizatora, odnosno dosegu reakcije, smanjuje od početne vrijednosti 6 do konačne vrijednosti < 3. Budući se pH otopine smanjuje ovisno o tome koliko nastaje organskih kiselina, niža pH vrijednost reakcijske smjese ukazuje na veću aktivnost i selektivnost katalizatora što je izraženije pri provođenju reakcije pri višoj temperaturi. Dobiveni eksperimentalni podaci su testirani slijedećim kinetičkim modelima

$$r_F = k_1 \cdot c_F \cdot c_{VP} \quad (10)$$

$$r_{VP} = k_2 \cdot c_{VP}^2 \quad (11)$$

a kinetički parametri su procijenjeni Nelder-Meadovom metodom nelinearne regresije. Vrijednosti kinetičkih parametara te vrijednosti srednjih kvadratnih odstupanja dane su u tablici 2.

Tablica 2.: Kinetički parametri za reakcije provođene na Cu/Y-5 katalizatoru

IONSKA IZMJENA - Cu/Y-5								
$c_{0,VP}$, mol dm^{-3}	k_1, dm^3 mol^{-1} min^{-1}				k_2, min^{-1}			
	323 K	333 K	343 K	353 K	323 K	333 K	343 K	353 K
0,01	0,0067	0,0122	0,0469	0,1002	0,0181	0,0122	0,1431	0,3158
SD·10^3	11,7	7,1	28,5	23,5	11,7	7,1	28,5	23,5
0,03	0,0117	0,0123	0,0938	0,2678	0,0088	0,01276	0,1376	0,3752
SD·10^3	6,2	7,1	19,0	27,5	6,2	7,1	19,0	27,5
0,05	0,0164	0,0205	0,0673	0,3756	0,0070	0,0095	0,0559	0,1509
SD·10^3	8,1	8,7	17,3	17,5	8,1	8,7	17,3	17,5
0,10	0,0255	0,0686	0,1372	0,4005	0,0055	0,0130	0,02585	0,6414
SD·10^3	7,7	18,5	16,3	29,1	7,7	18,5	16,3	29,1

Kao što se vidi sa slika prikazanih u raspravi, dobiveno je relativno dobro slaganje eksperimentalnih podataka (točke) sa pretpostavljenim kinetičkim modelima (puna linija). Također se može uočiti da kinetički model za oksidaciju fenola vrlo dobro opisuje ponašanje sustava, dok je slaganje eksperimentalnih podataka sa izračunatim teorijskim vrijednostima kinetičkog modela za raspad vodikovog peroksida nešto slabije. Mogući razlog slabijeg slaganja leži u mehanizmu raspada vodikovog peroksida. Osim što se vodikov peroksid troši u reakciji sa fenolom, sudjeluje i u reakcijama prikazanim jednadžbama (2) - (9) koje doprinose njegovom nedjelotvornom trošenju u reakcijskom sustavu.

Iz tablice 2 se može vidjeti, da konstante brzine oksidacije fenola i raspada vodikovog peroksida rastu sa porastom temperature i koncentracije vodikovog peroksida koji je dodan u reakcijsku smjesu. Iz ovisnosti konstanata brzine reakcije o temperature moguće je izračunati energiju aktivacije koja za za reakciju oksidacije fenola iznosi 84,9 kJ mol^{-1}, a raspada vodikovog peroksida 71,4 kJ mol^{-1} što se slaže sa literaturnim vrijednostima za CWPO procese.

4. ZAKLJUČAK

U radu je ispitan utjecaj temperature i koncentracije oksidansa, tj. H_2O_2 na brzinu oksidacije fenola i raspada vodikovog peroksida na Cu/Y-5 katalizatoru. Na osnovi provedene rasprave moguće je zaključiti slijedeće:

- Nakon 180 minuta od početka reakcije, konačni produkti oksidacije fenola vodikovim peroksidom uz uporabu Cu/Y-5 katalizatora su hidrokinon, katehol, maleinska, fumarna, octena i oksalna kiselina.
- Bakar koji se skinuo sa zeolita u reakcijsku smjesu nije odgovoran za visoku katalitičku aktivnost, jer se pokazalo da je njegovo homogeno katalitičko djelovanje inhibirano stvaranjem stabilnih kompleksa sa nekim od produkata reakcije (najvjerojatnije oksalnom kiselinom).

- Brzine oksidacije fenola i raspada vodikovog peroksida rastu sa povećanjem temperature, te početne koncentracije vodikovog peroksida.
- Predloženi kinetički modeli dobro se slažu sa eksperimentalnim podacima, pri čemu je oksidacija fenola uvijek prvog reda s obzirom na koncentraciju fenola i vodikovog peroksida, a brzina raspada vodikovog peroksida drugog reda s obzirom na koncentraciju vodikovog peroksida.
- Izračunate E_a za oksidaciju fenola i raspada vodikovog peroksida iznose 84,9 kJ mol^{-1}, odnosno 71,4 kJ mol^{-1} što se slaže sa literaturnim vrijednostima za CWPO procese.

LITERATURA

1. Imamura, S., Okumura, Y., Nishio, T., Utani, K., Matsumura, Y., (1998) : *Wet-oxidation of a model domestic wastewater on a Ru/Mn/Ce composite catalyst.* Ind. Eng. Chem. Res. **37**, 1136.
2. Luck, F., (1996) : *A review of industrial catalytic wet air oxidation processes.* Catal. Today **27,** 195.
3. Mishra, V. S., Mahajani, V. V., Joshi, J. B., (1995) : *Wet Air Oxidation*. Ind. Eng. Chem. Res. **34,** 2.
4. Hamoudi, S., Larachi, F., Sayari, A., (1998) : *Wet oxidation of phenolic solutions over heterogeneous catalysts: Degradation profile and catalyst behavior*. J. Catal. **177**, 247.
5. Hao,O. J., Phull, K. K., Chen, J. M., (1994) : *Wet oxidation of TNT red water and bacterial toxicity of treated waste.* Water Res. **28,** 283.
6. Mishra, V. S., Joshi, J. B., Mahajani, V. V., (1993) : *Molecular oxygen adsorption of phenols-effect of functional groups.* Ind. Chem. Eng. J. **35**, 211.
7. Phull, K. K., Hao, O. J., (1993) : *Nitrotoluenesulfonic acid: UV, IR, and NMR properties and rate studies of wet air oxidation.* Ind. Eng. Chem. Res. **32**, 1772.
8. Lin, S. H., Ho, S. J., (1996) : *Catalytic wet-air oxidation of high strength industrial wastewater* Appl. Catal. B: Environ. **9**, 133.
9. Wu, Q., Hu, X., Yue, P. L., Zhao, X. S., Lu, G. Q., (2001) : *Copper/MCM-41 as catalyst for the wet oxidation of phenol* Appl. Catal. B: Environ., **32,** 151.
10. Arena, F., Giovenco, R., Tore, R., Venuto, A., Parmaliana, A., (2003) : *Activity and resistance to leaching of Cu-based catalysts in the wet oxidation of phenol* Appl. Catal. B: Environ., **45,** 51.
11. Santiago, A. F. J., Sousa, J. F., Guedes, R. C., Jeronimo, C. E. M., Benachour, M., (2006) : *Kinetic and wet oxidation of phenol catalyzed by non-promoted and potassium-promoted manganese/cerium oxide.* J. Hazard. Mat., **B138,** 325.
12. Zrnčević, S., Gomzi, Z., (2005) : CWPO: *An environmental solution for pollutant removal from wastewater.* Ind. Eng. Chem. Res**. 44**, 6110.
13. Maduna Valkaj, K., Katović, A., Zrnčević, S. (2007) *: Investigation of the catalytic wet peroxide oxidation of phenol over different types of Cu/ZSM-5 catalysts*. J.Hazard. Mater. (2007) doi:10.1016/.jhazmat. 2007.01.099.
14. Maduna Valkaj, K., (2006) : Magistarski rad, *Priprema i karakterizacija zeolitnih katalizatora za obradu fenolnih otpadnih voda.* Zagreb, 2006.
15. Maduna Valkaj, K., Katović, A., Zrnčević, S., (2006) : *CWPO of phenol over different prepared Cu/ZSM-5 catalysts*. 5th European Meeting on Chemical Industry and Environment, Austria

16. Kurian, M. and Sugunan, S. (2006) : *Wet peroxide oxidation of phenol over mixed pillared montmorillonites.* Chem. Eng. J., **115**, 139.

AUTORI:

Mr. sc. Karolina Maduna Valkaj, dipl.ing.,
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, kmaduna@fkit.hr

Prof. dr. sc. Stanka Zrnčević, dipl.ing,
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, szrnce@fkit.hr, tel. ++385 1 4597 102

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.09.

HRVATSKI LABORATORIJ ZA ANALIZU IZOTOPNIH OMJERA LAKIH ELEMENATA (H,O,C,…)

M. Mandić, D. Bojić, H. O. Lutz, S. Kapelj, Z. Roller-Lutz

SAŽETAK: Na Sveučilištu u Rijeci osnovan je prvi hrvatski laboratorij za masenu spektroskopiju stabilnih izotopa s ciljem istraživanja krškog područja te proučavanja procesa u hidrološkim, hidrogeološkim i meteorološkim ciklusima. U radu su izneseni preliminarni rezultati mjerenja $\delta^{18}O$ u vodi za tri izvora rijeke Gacke. Interpretaciju rezultata mjerenja upotpunjuju podaci iz Državnog Hidrometeorološkog Zavoda.

KLJUČNE RIJEČI: laboratorij, spektroskopija, izotopi, krš

INSTALLATION OF A LABORATORY FOR STABLE ISOTOPE ANALYSIS IN CROATIA

SUMMARY: Croatia's first laboratory for stable isotope mass spectroscopy in hydrogeological studies has been set up at Rijeka University. Preliminary $\delta^{18}O$ results are obtained for the Gacka river catchments and interpreted together with data from the national meteorological and hydrological service.

KEYWORDS: laboratory, spectroskopy, isotope, karst

1. UVOD

Krš karakterizira visoka poroznost, provodnost i mnogobrojne pukotine kojima protječe voda u složenim podzemnim mrežama. S obzirom na dinamiku napajanja izvori vode u krškom području su vrlo osjetljivi na potencijalna onečišćenja. Za Republiku Hrvatsku je to izrazito važno budući da više od 50% njenog teritorija čini krš. Mnogi hrvatski znanstvenici sudjeluju kako u tuzemnim tako i u međunarodnim istraživanjima krša. U hidrološkim i hidrogeološkim istraživanjima izvora voda vrlo važnu ulogu imaju mjerenja stabilnih izotopa kisika i vodika. Osnivanjem Laboratorija za fiziku okoliša na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci i instalacijom IRMS (Isotope Ratio Mass Spectrometry) sustava za mjerenje stabilnih izotopa ta istraživanja moguće je vršiti u Hrvatskoj.

Ispitivanjem uzoraka u novom laboratoriju želi se poboljšati točnost i pouzdanost podataka na temelju kojih će proučavanje dinamike i međudjelovanje voda u krškom području biti pouzdanije. Modeli kojima će rezultirati ova istraživanja omogućit će učinkovitije plansko gospodarenje vodnim resursima. Mnogobrojni čimbenici mogu utjecati na kvalitetu i uporabu podzemnih voda. Zemljišta pogodna za razvoj naselja, turističkih sadržaja, izgradnju industrije i cesta često se nalaze na područjima izvora, pa buduća

planska izgradnja infrastrukture mora osigurati zaštitu od onečišćenja. To podrazumjeva reevaluaciju modela hidrogeološke strukture područja pomoću podataka dobivenih praćenjem „tracera“ i njihovih vremenskih i prostornih varijacija.

Laboratorij za fiziku okoliša surađuje sa Zavodom za hidrotehniku i geotehniku Građevinskog fakulteta u Rijeci, Laboratorijem za mjerenje niskih aktivnosti Instituta Ruđer Bošković i Geotehničkim fakultetom u Varaždinu.

2. NOVI LABORATORIJ.

Centralni uređaj Laboratorija za fiziku okoliša je maseni spektrometar Delta^{plus}XP (Thermo Finnigan) s perifernim jedinicama: Gas Bench II i automatiziranom jedinicom za uzorkovanje iz staklenih epruveta (96 pozicija) te Dual Inletom. Sigurnosni ormar za plinove kapilarama je povezan s razvodnom konzolom. Neometan rad masenog spektrometra, zbog eventualnog nestanka električne energije, omogućen je UPS-om (uninterruptible power supply). Priprema laboratorijskih („kućnih“) standarda vode zahtjeva visoki stupanj čistoće te su stoga primjenjivani postupci filtriranja i destilacije, nakon čega su uskladišteni u bačvama od nehrđajućeg čelika i pod stalnim tlakom argona. Laboratorijske standarde za vodu čine: deionizirana i desalinizirana morska voda s otoka Žut (Kornatsko otočje), voda dobivena otapanjem snijega s glečera Moelltal (Austrija) i Antarktike, te voda iz riječkog vodovoda.

Potrebne $\delta^{18}O$ vrijednosti laboratorijskih standarda (prema VSMOW) određene su interlaboratorijskom usporedbom. Mjerenja su izvedena u Laboratoriju za fiziku okoliša u Rijeci, Max Planck Institutu za Biogeokemiju u Jeni (Njemačka) i Joanneum Research centru u Grazu (Austrija). Odgovarajuće $\delta^{18}O$ vrijednosti dane su u Tablici I.

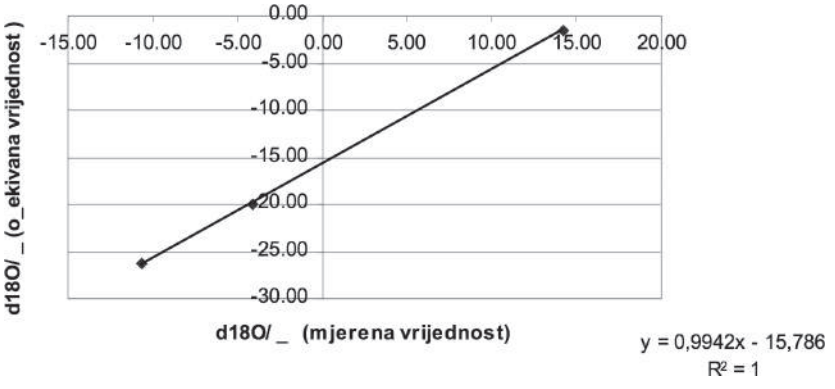
Tablica I: Laboratorijski („kućni“) standardi za vodu Laboratorija za fiziku okoliša u Rijeci.

Porijeklo vode		**$\delta^{18}O$ (‰ VSMOW)**			
		Rijeka	**Jena**	**Graz**	**Srednja vrijednost**
DZW	Deionizirana i desalinizirana morska voda s otoka Žut	-1,62	-1,58	-1,66	- 1,62
RTW	Voda iz riječkog vodovoda	-8,43	-8,54	-8,59	- 8,52
MGS	Otopljeni snijeg s glečera Moelltal (Austrija)	-19,98	-19,93	-19,89	-19,93
AAS	Otopljeni snijeg s Antarktike	-26,45	-26,24	-26,39	-26,37

Priprema uzoraka i mjerenje izvode se na slijedeći način. U epruvete se stavi po 0,5 ml vode. Nakon što se zatvore u njih se upuhuje miješavina plina He-CO_2, pri čemu se istiskuje zrak. Epruvete se ostavi 24 sata na temperaturi od 20 ^{0}C. U tom vremenskom periodu CO_2 plin poprimi isti izotopni sastav kisika kao što ga je imao i uzorak vode. Polovica od 96 mogućih mjesta predviđenih za epeuvete ispuni se standardima, a u preostali dio se stave epruvete s vodama nepoznatih $\delta^{18}O$ vrijednosti.

Nakon izvršenog mjerenja potrebno je dobivene rezultate obraditi. Pri tome koristimo metodu koju je definirao Nelson [1]. Tri laboratorijska standarda (DZW, MGS, AAS) koriste se kao referentni materijali dok jedan (RTW) služi za kontrolu kvalitete mjerenja.

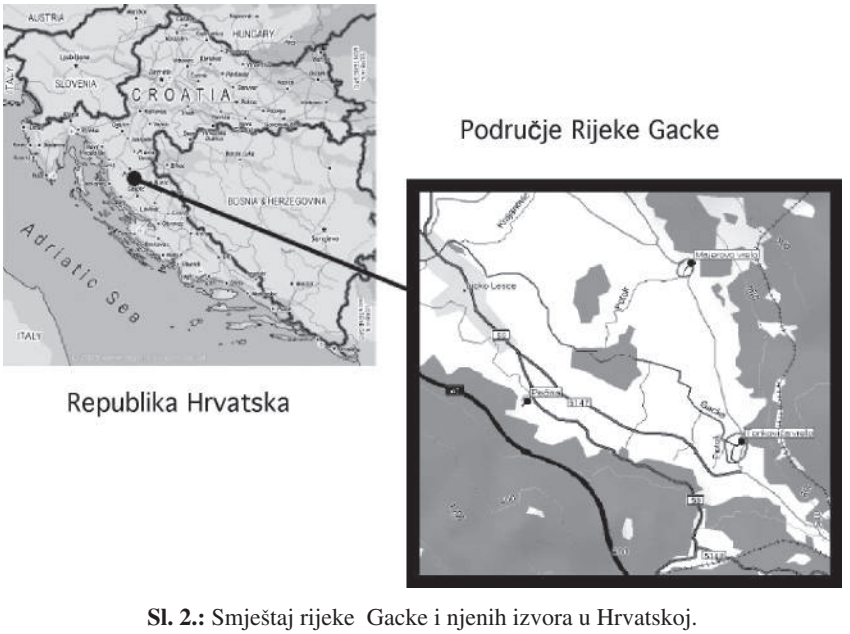
Nakon primjene Nelsonove metode, odstupanje kontrolnog standarda ne smije biti više od 0,1 ‰ od očekivane srednje vrijednosti dobivene interlaboratorijskom usporedbom. Slika 1 pokazuje primjenu Nelsonovog postupka na određeno mjerenje.



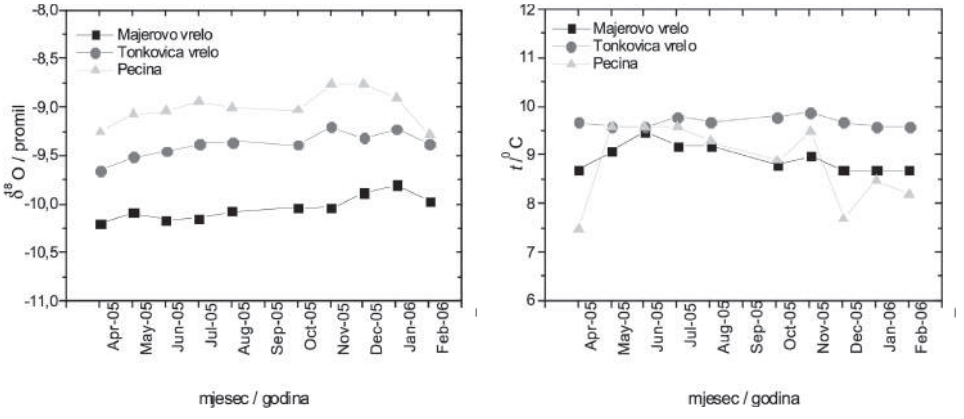
Sl. 1.: Primjena Nelsonovog postupka na određeno mjerenje. U ovom konkretnom mjerenju izmjerene vrijednosti za RTW uvrštene su u jednadžbu normalizacije čime je dobivena vrijednost RTW-a prema VSMOW od ‡8,43 ‰, što se za 0,09 ‰ razlikuje od očekivane vrijednosti koja iznosi -8,52 ‰ prema VSMOW.

3. PRVI REZULTATI.

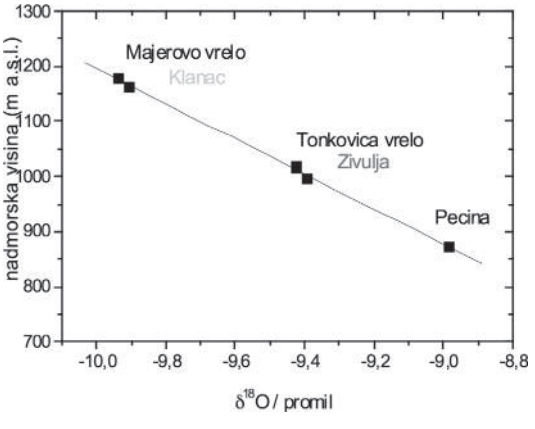
Prezentirani su rezultati dobiveni za tri izvora rijeke Gacke: Pećina, Tonkovića vrelo i Majerovo vrelo. Rijeka Gacka smještena je u krškom području Dinarida na 400 metara nadmorske visine (Sl.2). To je područje kontinentalne klime na koju povremeno utječu zračne mase s mora.



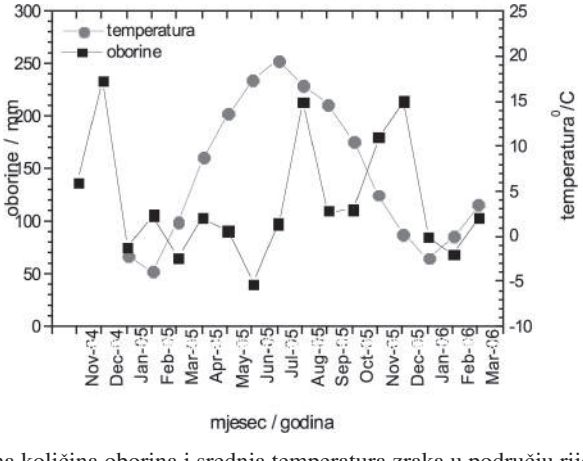
Sl. 2.: Smještaj rijeke Gacke i njenih izvora u Hrvatskoj.



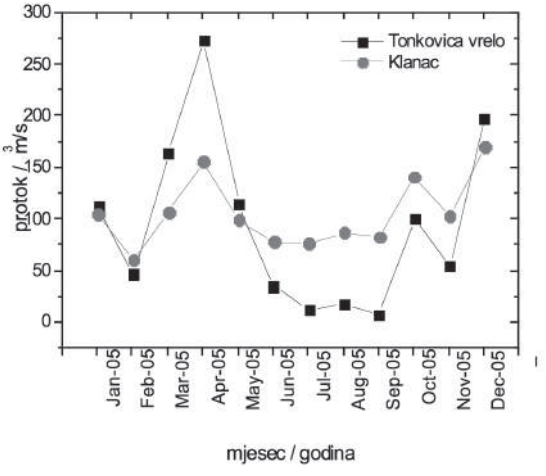
Sl. 3.: δ-vrijednosti prema VSMOW (a) i temperatura vode (b) za izvore Majerovo vrelo, Tonkovića vrelo i Pećina.



Sl. 4.: Srednje nadmorske visine promatranih izvora rijeke Gacke, određene prema izvoru Živulja. Pravac pokazuje ovisnost 100m / (-0,3‰).



Sl. 5.: Mjesečna količina oborina i srednja temperatura zraka u području rijeke Gacke [3].



Sl. 6.: Protoci izvora Klanac i Tonkovića vrelo [3].

Na slici 3a se vidi razlika δ-vrijednosti vode za pojedine slivove, što upućuje na zaključak da se prihranjuju s različitih nadmorskih visina: voda s Majerovog vrela dolazi s najviše nadmorske visine s planine Kapela, s nešto niže visine je voda s Tonkovića vrela a s najniže nadmorske visine je voda s izvora Pećina. To potvrđuje model promijene δ-vrijednosti od -0,30 ‰ za svakih 100 m nadmorske visine [2]. Obližnji izvor Živulja ima malo i dobro definiran sliv na približno 1000 m (Turanjsko polje).

Nadalje je vidljivo (Sl.3b) da nema izravne veze između temperature izvorske vode s količinom oborina i temperaturom zraka (Sl.5), što je posebno naglašeno kod Majerovog i Tonkovića vrela koja su ujedno i dva izvora s najvećim razvođem. Istjecanje vode iz izvora Pećina je ograničeno starim umjetnim barijerama (ribarskim bazenima). Zbog malog protoka izloženost atmosferskom utjecaju je veća. Protoci za Tonkovića vrelo i Klanac reagiraju na napajanje oboornama: protok u travnju je povećan zbog topljenja snijega (utjecaj oborina u zimskim mjesecima); protok u listopadu reakcija je na oborine u kolovozu.

Uzorkovanje oborinskih voda na navedenim navedenom području započelo je krajem 2005. godine stoga usporedba izotopnog sastava s izvorskom vodom nije bila moguća. Međutim, može se pretpostaviti da su $\delta^{18}O$ vrijednosti oborina u ljetnim mjesecima 2005. godine bile pozitivnije nego u zimskim mjesecima. U razdoblju od studenog 2005. do veljače 2006. godine prosječna vrijednost $\delta^{18}O$ iznosi -10,5 ‰, a od ožujka do kolovoza 2006. vrijednosti su fluktuiraju oko -8 ‰ (u srpnju su dosegle čak -4 ‰). Velike količine oborina u kolovozu i studenom/prosincu 2005. uzrokovale su slabu reakciju $\delta^{18}O$ vrijednosti izvorske vode što upućuje na zakašnjelu reakciju i dobro miješanje izvorske vode i oborina.

3. ZAKLJUČAK.

U radu su izneseni rezultati IRMS analize vode za tri izvora rijeke Gacke. Iz predstavljenih rezultata može se zaključiti da su područja njihova razvođa (posebice za Majerovo i Tonkovića vrelo) povezana u velike spremnike u kojima je miješanje voda vrlo dobro. Neophodna su daljnja istraživanja koja je potrebno upotpuniti primjenom odgovarajućih matematičkih modela.

Krajnji korisnici podataka dobivenih istraživanjima su državne institucije odgovorne za upravljanje vodnim resursima (u prvom redu Hrvatske Vode), IAEA/WMO GNIP mreža te lokalne vodoopskrbne institucije.

Osim za $\delta^{18}O$ analizu vode novi IRMS sustav koristi se i za $\delta^{13}C$ analizu karbonatnih uzoraka (npr.sedimenata) kao i DIC-a (Disociated Inorganic Carbon) u vodi. Sredinom 2007. godine u Laboratoriju za fiziku okoliša očekuje se instalacija još jedne periferne jedinice koja osim mjerenja $\delta^{18}O$ omogućuje i precizno mjerenje deuterija u vodi.

ZAHVALE

Istraživanje je provedeno u sklopu projekata Ministarstva Znanosti, Obrazovanja i Športa Republike Hrvatske (projekti 062-0982709-0510 i 160-0982709-1709) i Međunarodne Agencije za Atomsku Energiju (IAEA, projekti CRO/8/006 i /007). Uzorke vode sakupile su grupe koje surađuju na projektima IAEA-e. Autori su zahvalni Harm Moraalu i njegovim suradnicima (Northwest University, South Africa) na vodi dobivenoj iz otopljenog snijega s Antarktike, Ines Krajcar Bronić (Institut Ruđer Bošković) na korisnim diskusijama, i Albrechtu Leisu (Joanneum Research Graz) što je nesebično podijelio svoje stručno iskustvo rada u IRMS-u.

LITERAUTRA

1. Nelson S. T. (2000): A simple, practicle methodology for routine VSMOW /SLAP normalization of water samples analyzed by continius flow methods/ Rapid Commun. Mass Spectrom. 14, 1044 (2000)
2. Vreča P., Krajcar Bronić I., Horvatinčić N., Barešić J.(2006): Isotopic characteristic of precipitation Slovenija and Croatia: Comparison of continental and maritime stations/ J. Hydrol. 330, 457 (2006)
3. Podaci dobiveni iz Državnog hidrometerološkog zavoda, Zagreb

AUTORI:

Mandić M., prof.[a], Bojić D., prof.[a],

Prof.dr.sc. Lutz H.O.[b],

Doc.dr.sc. Kapelj S.[c], Prof.dr.sc. Roller-Lutz Z.[a]

[a] Laboratorij za fiziku okoliša, Medicinski fakultet, Braće Branchetta 20, Sveučilište u Rijeci, tel: +385/ 51-651-167, fax: +385/ 51-651-124, mmandic@medri.hr,

[b] Fakultet za fiziku, Sveučilište u Bielefeldu, SR Njemačka

[c] Geotehnički fakultet Varaždinu, Hallerova aleja 7, Varaždin, Sveučilište u Zagrebu

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.10.

ZAŠTIĆENO PODRUČJE KRIŽNICE - EKOLOŠKO STANJE I MOGUĆNOSTI REVITALIZACIJE STARE DRAVE

Melita Mihaljević, Jasna Vidaković, Irella Bogut, Dubravka Čerba, Goran Palijan, Filip Stević

SAŽETAK: Područje Križnice, zaštićeno u kategoriji značajnog krajobraza, dio je naplavne ravnice rijeke Drave, omeđeno rijekom Dravom i rukavcem Stara Drava. U svrhu utvrđivanja ekološkog stanja vodenih sustava na području Križnice provedena su istraživanja fizikalnih, kemijskih i bioloških pokazatelja, od listopada 2005. do travnja 2006. godine, na tri postaje Stare Drave i na jednoj postaji rijeke Drave. Istraživano područje Stare Drave karakterizirano je malim protokom vode i velikim koeficijentom sedimentacije. Sediment Stare Drave mijenja se prema ušću u rijeku Dravu od siltoznog pijeska do pjeskovitog silta, opterećen je organskom tvari a njegova je debljina duž cijele dionice veća od 1,40 m. Akumulirani sediment izvor je nutrijenata, posebno fosfora što ubrzava eutrofizaciju i pogoršava kakvoću vode. U fauni dna dominirale su vrste iz skupina kolnjaka, maločetinaša i oblića, ovisno o tipu sedimenta. U fitoplanktonskoj zajednici dominirale su vrste razreda Bacillariophyceae i Chrysophyceae u uvjetima niskih temperatura vode. Proljetno pojavljivanje zajednice Euglenophyceae ukazuje na povećani stupanj trofije, što potvrđuju i visoke koncentracije klorofila-a. Veći udjeli eutrofnih u odnosu na oligotrofne bakterije u vodi i sedimentu ukazuju da je rukavac Stare Drave bogat labilnom organskom tvari koja je podložna mikrobiološkoj razgradnji. U svrhu očuvanja Stare Drave, a tako i zaštite prirode ovog vrijednog područja, potrebna je hitna revitalizacija. Smanjenje trofije moguće je postići izmuljivanjem, tj. otklanjanjem organskog sedimeta uz istodobno povećanje protočnosti vode hidrološkim povezivanjem s rijekom Dravom.

KLJUČNE RIJEČI: Križnica, Stara Drava, fitoplankton, bakterioplankton, beskralježnjaci, sediment, eutrofizacija, revitalizacija.

PROTECTED AREA OF KRIŽNICA - ECOLOGICAL STATE AND THE POSSIBILITIES OF REVITALIZATION OF STARA DRAVA

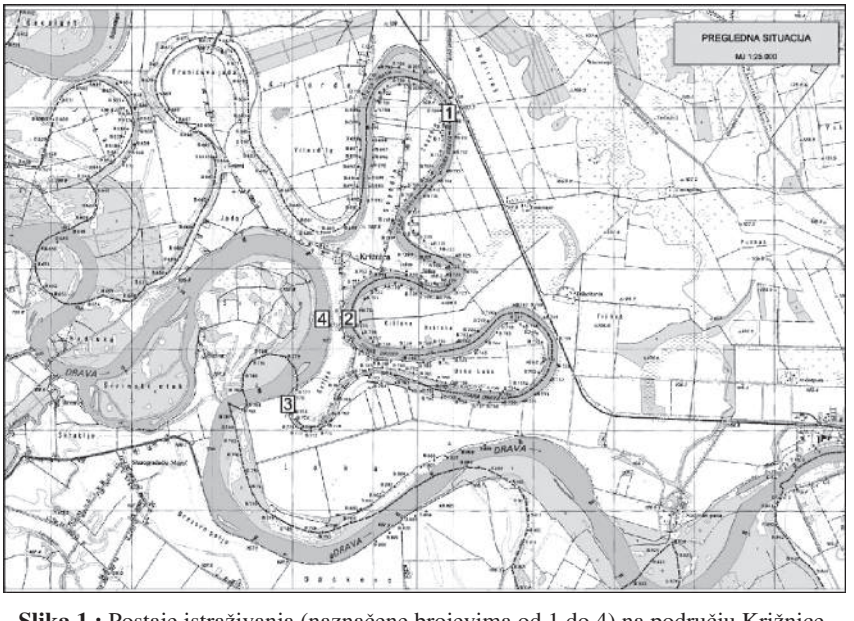
SUMMARY: Križnica a protected area of the Drava floodplain is situated in-between Drava river and Stara Drava - a branch of the Drava. To determine the ecological state of water-bodies in the area of Križnica, physical, chemical and biological parameters were measured during research, conducted from October 2005 till April 2006, at three sites in Stara Drava and one site in the Drava River. Investigated area of Stara Drava is characterized by slow flow through and great coefficient of sedimentation. Sediment of

Stara Drava changes towards mouth into the river Drava, from silty-sand to sandy-silt, and the depth of the sediment was >1,40 m and rich with the organic matter along the whole length of the river branch. Accumulated sediment is a source of nutrients, especially phosphorus, what increases eutrophication and decreases the quality of water. Rotifera, Oligochaeta and Nematoda, dominated in zoobenthos. In the phytoplankton community, species belonging to the class of Bacillariophyceae and Chrysophyceae dominated during the low water temperatures. Spring appearance of Euglenophyceae community points out the increase of the trophic state, what is confirmed by high concentrations of chlorophyll-a. Relative higher proportion of eutrophic to oligotrophic bacteria, both in the water and the sediment, indicates that the Stara Drava ecosystem is rich in bioavailable organic matter. To preserve the Stara Drava, and to protect this valuable part of nature, it is urgent to revitalize this area. The best way would be to decrease the trophic state, by removing the organic sediment and increasing the flow through by connecting the Stara Drava, hydrologicaly, with the river Drava.

KEYWORDS: Križnica, Stara Drava, phytoplankton, bacterioplankton, invertebrates, sediment, eutrophication, revitalization.

UVOD

Područje Križnice smješteno je u sjevernom dijelu općine Pitomača, na lijevoj obali rijeke Drave, uz državnu granicu s Republikom Mađarskom. Ukupnu površinu Križnice od cca 846 ha čini naselje Križnica, okolne oranice i šumska staništa, te tok i rukavci rijeke Drave koji je omeđuju u zmijolikom obliku (slika 1). Odlukom Županijske skupštine Virovitičko-podravske županije (Klasa: 023-01/01-01/182, Ur. br. 2189/1-01-1), 30. listopada 2001. godine područje Križnice dobilo je status značajnog krajobraza. Lokalno stanovništvo usmjereno je na poljoprivrednu proizvodnju, ali sa sve većom tendencijom razvoja ruralnog turizma, sportskog ribolova, lova te iznajmljivanje kuća za odmor i rekreaciju.



Slika 1.: Postaje istraživanja (naznačene brojevima od 1 do 4) na području Križnice.

Cijelo područje Križnice pod utjecajem je poplava u razdoblju visokih voda rijeke Drave, a jedan dio zemljišta pod dugotrajnim je uvjetima zasićenosti vodom. Voda u rukavcu Stara Drava je sporotekuća, na mjestima gotovo stagnantna. Općenito je poznato da smanjenje protočnosti vodenih sustava vodi k smanjenju kvalitete vode, povećanju stupnja trofije i, u velikoj većini slučajeva, ugroženosti biota [27]. Sa znatnijim povećanjem stupnja trofije dolazi do narušavanja vodenog sustava zbog povećanja količine nutrijenata, organske tvari, razvijanja bujne makrofitske vegetacije, cvjetanja algi, te u konačnici, do postepenog smanjenja volumena vodenog tijela [16]. Posljedično tome, ograničeno je korištenje vode kako za ribolov i za rekreaciju, tako i u industrijske svrhe, a česte su pojave, uz vodni cvijet, i metafiton na površini vode, neugodni mirisi, pomor riba, te je sveukupno narušen prirodni izgled vodenog ekološkog sustava [5].

Obzirom na navedeno, cilj provedenog istraživanja bio je na osnovu fizikalno-kemijskih pokazatelja vode i sedimenta te dinamike strukture fitoplanktona, bakterioplanktona i faune dna, utvrditi ekološko stanje rukavca Stara Drava i predložiti odgovarajuće mjere revitalizacije.

MATERIJALI I METODE

U svrhu utvrđivanja ekološkog stanja vodenih ekoloških sustava na području Križnice obavljena su limnološka istraživanja u razdoblju od listopada 2005. do travnja 2006. godine na tri postaje Stare Drave i jednoj postaji rijeke Drave (slika 1):

- postaja 1 - Stara Drava, u neposrednoj blizini kanala koji dovodi vodu iz Mađarske;
- postaja 2 - Stara Drava, srednji dio toka;
- postaja 3 - Stara Drava, Crni jarak prema ušću u rijeku Dravu;
- postaja 4 - središnji dio toka rijeke Drave.

In situ izmjereni su prozirnost pomoću Secchi ploče, dubina i temperatura. Određeni su koncentracija otopljenog kisika, zasićenost kisikom, pH i električna provodljivost prenosivim uređajem WTW Multi 340i. Za potrebe određivanja ukupnog dušika i fosfora, kemijske i biološke potrošnje kisika (KPK i BPK_5) i koncentracije suspendirane tvari prikupljeni su uzorci vode te su obrađeni prema standardnim metodama [4]. Određena je približna debljina sedimentnog sloja te njegova pH vrijednost.

Uzorci za kvalitativnu analizu fitoplanktona uzimani su kroz cijeli vertikalni stupac vode, te fiksirani u 4%-tnoj otopini formaldehida [24]. Vrste fitoplanktona određene su svjetlosnim mikroskopom (Carl Zeiss Jena) pomoću priručnika za determinaciju fitoplanktona [8, 9, 11], dok su pri determinaciji Cyanobacteria korištene i taksonomske monografije [2, 3, 12]. Koncentracija klorofila-a, -b i -c određena je prema Komarkova [13]. Učestalost svojti i stupanj saprobnosti određeni su prema Pantle i Buck-u [19]. Saprobiološka valorizacija fitoplanktonskih vrsta načinjena je po sistemu Sladaček [22].

Broj oligotrofnih i eutrofnih bakterija je određen nakon inkubacije uzoraka vode i sedimenta brojanjem kolonija razvijenih na dvije hranjive podloge s različitim sadržajem organske tvari. Eutrofi su uzgajani na MP-agaru, a oligotrofi na tehničkom agaru obogaćenom s 0,1 x MP-agar (10x razrijeđenom) [17]. Omjer oligotrofnih i eutrofnih bakterija se koristi kao pokazatelj prisutnosti lako razgradljive organske tvari u sustavu. U slučaju njezine povećane koncentracije povećava se broj eutrofnih bakterija, tj. povećava se omjer eutrofnih i oligotrofnih bakterija. Ukupan broj bakterija je određen pomoću epifluorescentnog mikroskopa nakon bojanja uzoraka vode sa 4',6-Diamidino-2-phenylindole dihydrokloridom (DAPI) [20].

Sediment za analizu faune beskralježnjaka uzorkovan je metalnim grabilom, površine 100 cm^2, u laboratoriju je ispran pomoću lijevka za odjeljivanje, prosijan preko sita s veličinom pora 60 µm te fiksiran 4%-tnim formaldehidom i obojan Rose Bengal-om. Uzorci su analizirani pod binokularnom lupom Olympus SZX9, a zabilježeni predstavnici meio- i makrofaune sedimenta određivani su pomoću ključeva za determinaciju [6] i [25]. Osobine sedimenta određene su na temelju granulometrijske analize kombiniranom metodom - prosijavanjem frakcija ≥ 32 µm kroz standardna sita (Fritsch, Njemačka) i analizom frakcija ≤ 32 µm pomoću brojača čestica (Coulter Counter, TA II, Coulter Electronics Ltd., Engleska).

REZULTATI I RASPRAVA

Fizikalni i kemijski pokazatelji vode i sedimenta. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode i sedimenta prikazani su u tablici 1. Prema utvrđenim srednjim vrijednostima postaje u Staroj Dravi se međusobno minimalno razlikuju (postaje od 1 do 3), dok rijeka Drava (postaja 4) ima bitno niže srednje vrijednosti od Stare Drave s obzirom na kemijsku potrošnju kisika (25 do 28,3 mgO_2/l - Stara Drava; 6,3 mgO_2/l), koncentracije klorofila-a (20,6 do 25,5 µg/l - Stara Drava; 5,8 µg/l - Drava) i suspendirane tvari (11,6 do 39,6 mg/l - Stara Drava; 14,9 mg/l - Drava) te s obzirom na električnu provodljivost (612,8 do 627,8 µS/cm - Stara Drava; 342 µS/cm - Drava) i temperaturu (9,9 do 11,7 °C - Stara Drava; 8,6 °C - Drava).

Tablica 1.: Srednje vrijednosti () i standardne devijacije (SD) fizikalnih, kemijskih i bioloških obilježja vode (površina i dno) i sedimenta Stare Drave (postaja 1 do 3) i rijeke Drave (postaja 4).

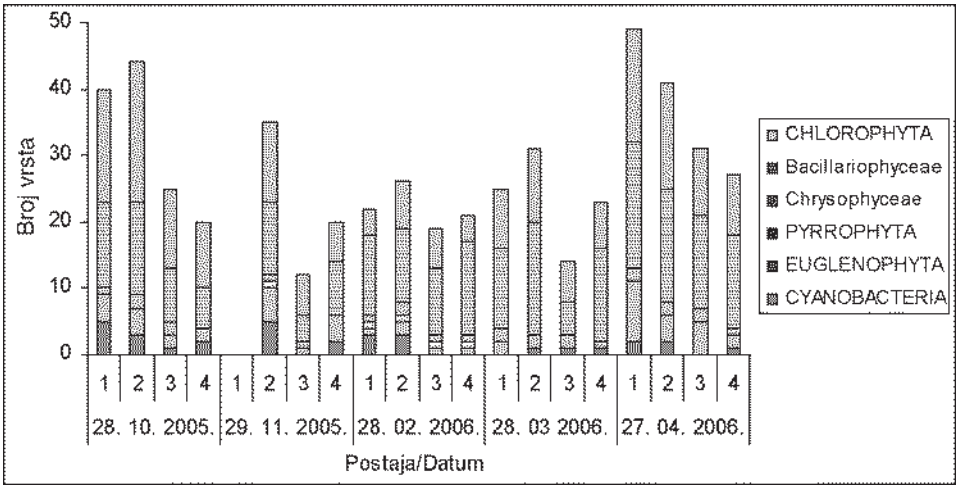
	postaja 1		**postaja 2**		**postaja 3**		**postaja 4**	
Voda - površina		**SD**		**SD**		**SD**		**SD**
Zasićenost O_2 (%)	91,9	27,4	90,9	35,9	90,4	35,3	96,1	3,8
Konc.. O_2 (mg/l)	10,1	3,2	10,1	3,4	10,1	3,7	11,2	1,4
BPK_5	5,1	2,6	5,8	3,0	4,9	2,7	5,1	4,6
KPK	28,3	14,3	28,3	5,4	25,0	5,7	6,3	3,7
Ukupni N (mg/l)	2,5	1,0	1,8	0,4	1,9	0,9	2,4	0,7
Ukupni P (mg/l)	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0
Klorofil-a (µg/l)	25,5	17,0	31,9	28,6	28,9	20,6	5,8	4,5
pH	8,1	0,2	8,1	0,2	8,1	0,3	8,1	0,1
Kond. (µS/cm)	627,8	32,4	622,4	23,7	612,8	36,6	342,0	38,8
Suspend. tvar (mg/l)	11,6	6,7	27,7	21,0	39,6	31,5	14,9	10,0
Prozirnost (cm)	90,5	14,7	123,2	20,7	128,2	24,0	121,3	25,0
Dubina (cm)	111,8	29,3	212,6	16,3	199,6	40,6	207,5	48,9
Temp. $_{vode}$ (°C)	11,7	5,8	10,3	6,2	9,9	6,4	8,6	5,1
Temp. $_{zraka}$ (°C)	14,0	8,2	11,9	7,9	11,8	6,0	11,3	7,3
Voda - dno								
Zasićenost O_2 (%)	99,9	20,5	93,6	23,7	95,5	23,6	98,8	3,9

Konc. O_2 (mg/l)	11,0	2,7	10,4	2,5	10,8	2,6	11,9	1,3
BPK_5	6,9	2,0	6,0	2,6	5,5	3,1	6,3	4,6
KPK	22,0	1,0	39,3	24,1	24,5	2,6	11,3	6,1
Ukupni N (mg/l)	2,5	0,9	2,1	0,8	1,8	0,8	2,6	0,7
Ukupni P (mg/l)	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1
Klorofil-a (µg/l)	29,6	24,0	34,6	30,7	28,5	21,5	4,6	1,8
pH	8,2	0,2	8,1	0,2	8,2	0,2	8,2	0,1
Kond. (µS/cm)	611,7	4,0	622,0	24,3	612,6	38,4	355,0	32,9
Suspend. tvar (mg/l)	27,5	20,1	95,2	109,1	44,3	25,2	14,0	6,1
Prozirnost (cm)	90,5	14,7	123,2	20,7	128,2	24,0	121,3	25,0
Dubina (cm)	111,8	29,3	212,6	16,3	199,6	40,6	207,5	48,9
Temp. $_{vode}$ (°C)	11,3	7,1	10,2	6,2	9,9	6,4	7,3	4,7
Temp. $_{zraka}$ (°C)	14,0	8,2	11,9	7,9	11,8	6,0	11,3	7,3
Sediment								
Debljina sed. (cm)	>186,0	7,1	>>139,0	-	104,6	43,3	75,0	-
pH sedimenta	6,6	0,1	6,8	0,1	6,7	0,1	-	-

Na postaji 1 sediment je okarakteriziran kao siltozni pijesak i prevladavala je frakcija sitnog pijeska (od 63 do 250 µm), a udio čestica veličine gline (< 2 µm) bila je svega 1,96%. Sediment na postaji 2 je po tipu mješavina pijeska i silta (48% : 49%). Udio čestica veličine gline je 3,56%. Na postaji 3 sediment je po tipu pjeskoviti silt, prevladava frakcija silta i znatan je udio vrlo sitnog pijeska (od 63 do 125 µm). Udio čestica veličine gline je 5,02%, što je više nego na prve dvije postaje. Vrijednosti pH sedimenta sa svih postaja u Staroj Dravi, mjerene pri sobnoj temperaturi, kretale su se od 6,5 do 6,86. Debljina sedimenta bila je na sve tri postaje, kroz cijelo razdoblje istraživanja, veća od 1,40 m. Na postaji 4 sediment je po tipu pjeskovit i šljunkovit.

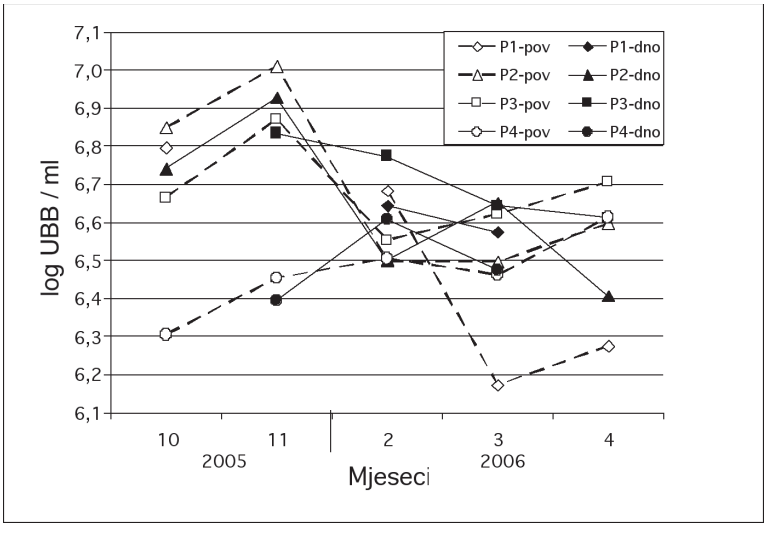
Fitoplankton. U istraživanom je razdoblju na području Križnice, u 20 analiziranih uzoraka fitoplanktona, ukupno utvrđena 101 fitoplanktonska vrsta. Najmanji je broj fitoplanktonskih vrsta utvrđen u studenom 2005. godine na postaji 3 (12 vrsta), dok je najveći broj vrsta utvrđen u travnju 2006. godine na postaji 1 (49 vrsta), (slika 2). Na svim istraživanim postajama Stare Drave, u fitoplanktonskoj zajednici dominirale su vrste iz razreda Bacillariophyceae (rodovi *Asterionella, Fragilaria, Aulacoseira, Stephanodiscus*) i Chrysophyceae (*Dinobryon divergens* IHM., *Synura uvella* EHRENB. em KORŠ.), uz dopunu vrsta iz reda Chlorococcales (rodovi *Pediastrum* i *Scenedesmus*) i razreda Euglenophyceae (rod *Trachelomonas*). U rijeci Dravi dominirale su vrste iz razreda Bacillariophyceae, izuzev u listopadu 2005. godine kada je najrazvijenija vrsta bila *Asterionella formosa* HASS., a dopunu ovoj vrsti činile su vrste iz reda Chlorococcales. Razvoj vrsta iz razreda Bacillariophyceae karakterističan je za kasno jesensko, zimsko i rano proljetno razdoblje kada su niske temperature vode i zraka, te mala količina svjetlosti [23]. Razvoj vrste *Dinobryon divergens* na postajama Stare Drave može se objasniti njenim optimalnim razvojem u koncentraciji fosfora manjoj od 0,20 mg/l [21]. Koncentracije fosfora na istraživanim postajama Stare Drave kretale su se u granicama od 0,061 mg/l do 0,292 mg/l (srednja vrijednost 0,157 mg/l). Prisutnost vrsta iz razreda Euglenophyceae na postajama Stare Drave ukazuje na povećan stupanj trofije, te se preporučuje nastavak

istraživanja kako bi se utvrdilo stanje tijekom ljetnog razdoblja, kad povoljniji uvjeti za rast i razvoj fitoplanktona. Na postajama Stare Drave utvrđene su više vrijednosti koncentracije klorofila-a (min.=2,7 µg/l; max.=77,70 µg/l; =29,77 µg/l) u odnosu na rijeku Dravu, gdje su utvrđene znatno manje koncentracije (min.=1,88 µg/l; max.=12,82 µg/l; = 5,26 µg/l), slika 2. Na temelju utvrđene maksimalne količine klorofila-a (12,82 µg/l) voda rijeke Drave, prema Uredbi o klasifikaciji površinskih i podzemnih voda (Narodne novine, 77/98), pripadala je u umjereno eutrofne vode. Postaje Stare Drave na temelju utvrđenih maksimalnih vrijednosti klorofila-a (77,70 µg/l) pripadale su eutrofnim vodama. Od ukupno utvrđene 101 fitoplanktonske vrste, 53 su indikatori saprobnosti vode. Najveći broj indikatorskih vrsta pripadao je beta-mezosaprobnim indikatorima (36 vrsta). Također su utvrđene četiri alfa-saprobne indikatorske vrste. Najniži indeks saprobnosti (1,92) utvrđen je na postaji 3 (u listopadu 2005.) i postaji 1 (u veljači 2006.), dok je najviši indeks saprobnosti (2,19) bio zabilježen na postaji 4 u studenom 2005. godine .

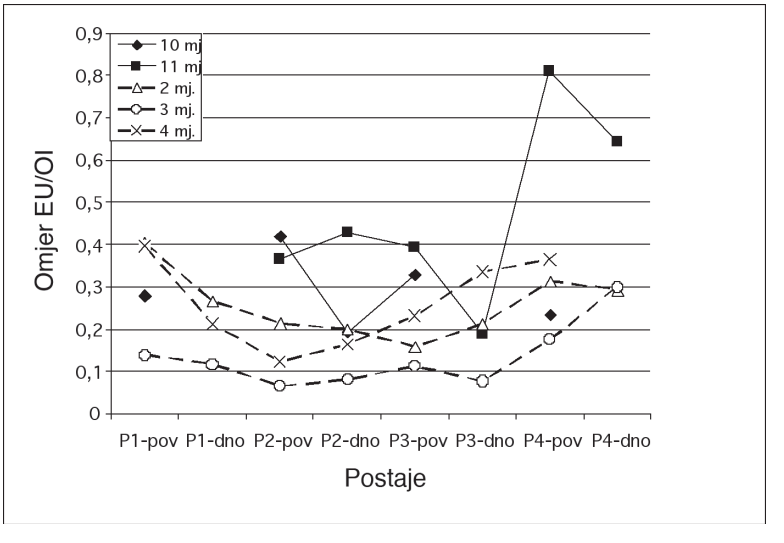


Slika 2.: Dinamika broja fitoplanktonskih vrsta na području Križnice (* - nije uzorkovano zbog neprohodnosti terena).

Bakterioplankton i bakterije u sedimentu. Veći udio eutrofnih bakterija tijekom zimskih mjeseci u uzorcima vode (slika 4) sugerira postojanje znatne količine labilne organske tvari, vjerojatno akumulirane tijekom ljetnih mjeseci. Broj bakterija (slika 3), kao i omjer eutrofnih i oligotrofnih bakterija (slika 4 i 5), opadao je početkom 2006. godine što je posljedica niskih temperatura tijekom zime. Omjer eutrofnih i oligotrofnih bakterija u sedimentu je bio najveći tijekom travnja 2006. (slika 5). S obzirom da kultivacija eutrofnih i oligotrofnih bakterija utvrđuje strukturu zajednice u r/K kontinuumu [18] ovakav rezultat upućuje na postojanje labilne organske tvari u sedimentu i nakon zime, tj. ukazuje da se proces njezine razgradnje nije završio s krajem prethodne sezone. Iz ovakvih rezultata se može zaključiti da je ekološki sustav Stare Drave bogat organskom tvari. Također, manji broj bakterija u uzorcima vode na postaji 1 te veći na postajama 2 i 3 (slika 3), sugerira autohtoni razvoj bakterija.



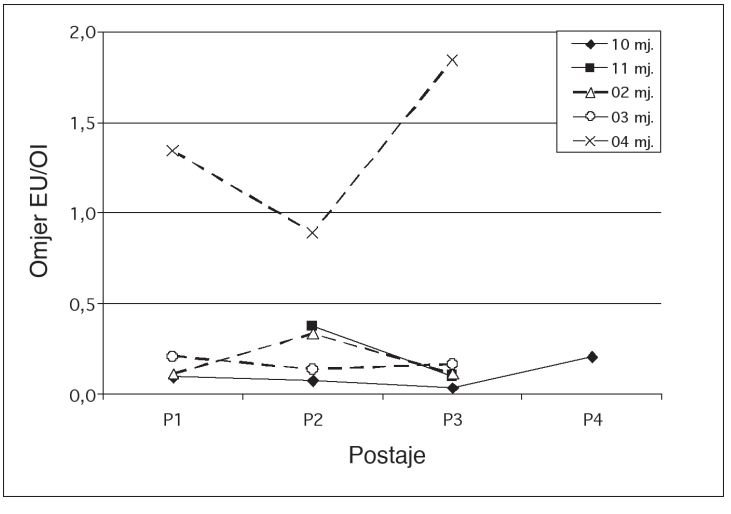
Slika 3.: Ukupan broj bakterija u uzorcima vode s površine i dna.



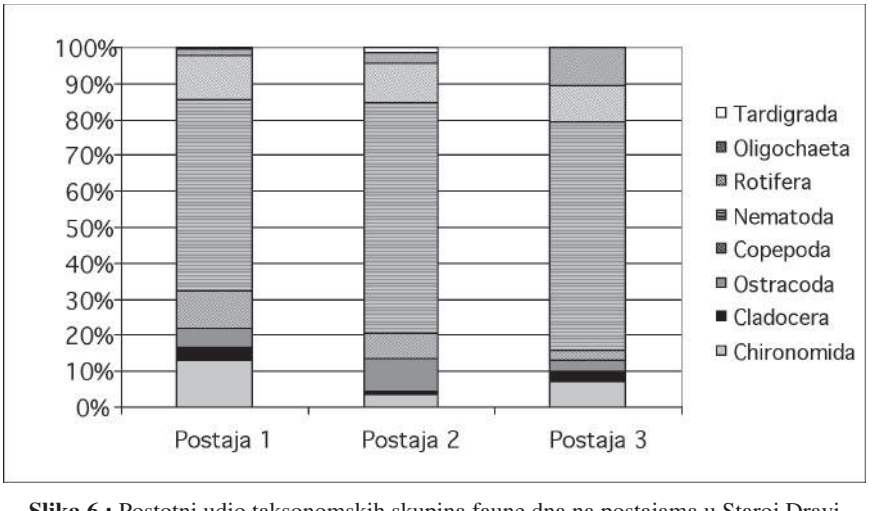
Slika 4.: Omjer eutrofnih i oligotrofnih bakterija u uzorcima vode s površine i dna. Crni simboli označavaju kraj 2005. godine, a bijeli početak 2006. godine.

Fauna beskralježnjaka dna. Tijekom razdoblja istraživanja, u sedimentu Stare Drave pronađeno je ukupno 17 taksonomskih skupina beskralježnjaka (tablica 2), koje pripadaju veličinskim kategorijama meio- i makrofaune. Na svim postajama u Staroj Dravi, dominirale su slijedeće taksonomske skupine: oblići, Nematoda, koji su na sve tri postaje činili oko 60% faune, te kolnjaci, Rotifera, koji su predstavljali oko 10 % faune (slika 6). Najveći broj jedinki oblića, zabilježen je na postaji 3 tijekom uzorkovanja u travnju, a najmanji na postaji 2 u veljači 2006. godine. Na postaji 1, vrsta oblića *Theristus dubius*, karakteristična za pjeskovite sedimente, bila je dominantna s 30% od ukupnog broja oblića (tablica 3)

(zabilježene su 23 vrste). S 10 vrsta su oblići bili zastupljeni na postaji 2, a dominantna vrsta bila je *Ethmolaimus* aff. *pratensis* (43% od ukupnog broja). Navedena vrsta može se naći u svim tipovima sedimenta i na svim dubinama [26]. Vrste *Chromadorina bioculata* i *Monhystera paludicola* činile su 39% od ukupnog broja nematoda na postaji 3, a mogu se naći u svim tipovima sedimenta bogatim organskim detritusom i algama [1]. Kolnjaci nisu zabilježeni u listopadu 2005. i u travnju 2006. godine, na postaji 2, a na postaji 3 u ožujku 2006. godine. Maločetinaši (Oligochaeta), ličinke trzalaca (Insecta, Chironomidae), rakovi - veslonošci (Copepoda) i ljuskari (Ostracoda) bili su zastupljeni u fauni sedimenta u nešto većem broju (tablica 2). Na postaji 4, koja se nalazila u rijeci Dravi, sediment je uzorkovan samo dva puta, u listopadu i studenom, zbog nemogućnosti uzorkovanja šljunkovitog sedimenta grabilom.



Slika 5.: Omjer eutrofnih i oligotrofnih bakterija u uzorcima sedimenta. Crni simboli označavaju kraj 2005. godine, a bijeli početak 2006. godine.



Slika 6.: Postotni udio taksonomskih skupina faune dna na postajama u Staroj Dravi

Tablica 2.: Prosječna brojnost pojedinih skupina faune dna (br. jed./100 cm^2), na tri postaje u Staroj Dravi, tijekom razdoblja istraživanja

Taksonomska skupina	**28.10.'05.**	**29.11.'05.**	**28.02.'06.**	**28.03.'06.**	**27.04.'06.**	**% udio**
Trichoptera	0,7	0	0	0	0	0,1
Ceratopogonidae	0,7	0	0	1,3	0	0,2
Chironomidae	14,3	3,7	5,7	5,3	35,2	6,9
Odonata, Zygoptera	0	0,3	0	0	0	0,1
Cladocera	4,3	1	1	1,3	20,7	3,1
Ostracoda	18,7	0	1,7	1,3	16,3	4,1
Copepoda	12	4,7	2	9,3	10,3	4,1
Nauplii	0,7	0	0	2	0	0,3
Nematoda	169,3	35,7	20,7	48,7	298	61,8
Rotifera	31,7	7,7	7	9	39,3	10,2
Oligochaeta	0	28,7	3,7	7,7	33	7,9
Acari	0,3	0	0	0,7	0	0,1
Tardigrada	1	1	0	0,7	1,3	0,4
Bivalvia	0	0	0,33	0,67	0	0,1
Gastropoda	0	0	0,67	0	0	0,1
Turbellaria	1	0	0	0	2	0,3
Amphipoda	0	0	0	0	2	0,2
uk. jedinki / 100 cm^2	254,7	82,8	42,8	87,97	458,1	100

Tablica 3.: Prosječna brojnost (br. jed./100 cm^2) predstavnika nematofaune sedimenta na tri postaje u Staroj Dravi, tijekom razdoblja istraživanja 28.10.2005. - 27.04.2006.

Nematofauna	**postaja 1**	**postaja 2**	**postaja 3**
Eumonhystera filiformis vulgaris	1,5	7,2	6,8
Theristus dubius	5,75	0	5
Monhystera sp.	0,75	3,2	7,8
Tobrilus aff. *gracilis*	0,25	1,8	3,4
Chromadorina viridis	0,25	0	0,6
Dorylaimus helveticus	075	0	1,8
Prodorylaimus longicaudatus	2	0	0,6
Tripyla papillata	0,25	0	0,2
Plectus sp.	0,25	0	0
Mesodorylaimus sp.	0,25	0	0
Mononchus sp.	1,5	0	1,4
Eumonhystera sp.	0,25	0	0
Tobrilus sp. 2	0,25	1	1
Chromadorina bioculata	0,75	0,8	9,4
Dorylaimus sp. 1	0,25	0	0,8

Eumonhystera obtusicaudatus	0,25	0	0,8
Chromadorina indet.	0,75	0	0
Prodorylaimus sp.	0,75	0	0
Monhystera sp. 2	1,5	0	0,2
Microlaimus sp. 2	0,25	0	0
Brevitobrilus stefanskii	0,25	0,4	0,6
Diplogaster rivalis	0,25	0,2	0
Alaimus sp.	0,25	0	0
Diplogaster sp.	0	0,4	0
Etholaimus sp. 2	0	1,8	0
Etholaimus pratensis	0	12,6	0
Prodorylaimus sp. 2	0	0	0,6
Theristus sp. 1	0	0	0,2
Dorylaimus sp. 2	0	0	0,2
Dorylaimus sp. 3	0	0	0,2
Plectus sp. 3	0	0	0,6
Tobrilus sp. 2	0	0	2,2
uk. jedinki / 100 cm^2, N	19,25	29,4	44,4
broj vrsta, S	23	10	21

Ocjena ekološkog stanja. Rijeka Drava je na istraživanom području karakterizirana relativno velikom brzinom protoka i malim koeficijentima sedimentacije, pa je zbog toga starost i debljina sedimenta na riječnom toku različita, a zavisi od lokacije istraživanja, odnosno o hidrološkim svojstvima korita. Nasuprot tome, istraživano područje rukavca Stare Drave karakterizirano je malim protokom vode i posljedično tome velikim koeficijentom sedimentacije. Zakorijenjene sastojine tršćaka, rogozišta i šaševa, u užem ili širem pojasu Stare Drave, reduciraju brzinu protjecanja vode, čime se potiče taloženje sitnih čestica koje tvore fini sediment. Poput sita, makrofitski pokrivač zadržava krupnije čestice organskog detritusa. Oba mehanizma povećavaju akumulaciju sedimenta što je ekološki nepoželjno i nepovoljno za korištenje ovog vodenog ekološkog sustava.

Iako je ovo istraživanje obavljeno izvan (od listopada do travnja) vegetacijskog razdoblja, utvrđene vrijednosti fizikalno-kemijskih svojstava vode (tablica 1) ukazuju na trofičko stanje i kakvoću vode istraživanog područja. Kemijska potrošnja kisika na postajama Stare Drave bila je tijekom cijelog istraživanog razdoblja u granicama IV. i V. vrste kakvoće voda, dok je u rijeci Dravi bila u granicama II. do IV. vrste. Ukupni dušik bio je u granicama I. do III. vrste na svim istraživanim postajama. Ukupni fosfor je na postajama Stare Drave bio u granicama IV. do V. vrste, dok je u rijeci Dravi bio u granicama uglavnom I., a samo ponekad II. ili III. vrste (tablica 1). Iz svega navedenog može se definirati osnovni ekološki problem Stare Drave - velika količina fosfora kao glavnog uzročnika snažnih procesa eutrofizacije. Obzirom da su vrijednosti ukupnog fosfora već u zimskom razdoblju u granicama hipertrofije, može se očekivati povećanje količine ukupnog fosfora u ljetnom razdoblju, a to znači i daljnje povećanje trofije. Na to ukazuju i vrlo visoke vrijednosti klorofila-a koje su već u zimskim uvjetima dostizale vrijednosti karakteristične za eutrofne vode (77,70 µg/l).

Metode revitalizacije. Danas je poznat čitav niz metoda revitalizacije vodenih ekoloških sustava kojima je cilj kontrola eutrofizacije i poboljšanje kakvoće vode [5]. S obzirom na definirano ekološko stanje i izvore problema Stare Drave, ekološki najbolji učinci smanjenja trofije postigli bi se primjenom metode izmuljivanja, tj. otklanjanjem organskog sedimenta. Druga vrlo bitna metoda revitalizacije koja bi osigurala dugotrajno održanje unaprijeđenog ekološkog stanja je povećanje protočnosti vode hidrološkim povezivanjem s rijekom Dravom. Ujedno bi se produbilo korito Stare Drave, smanjili unutrašnji izvori nutrijenata te uklonili ukorijenjeni makrofiti. Metoda izmuljivanja se do sada pokazala kao najučinkovitija metoda u revitalizaciji mnogih europskih jezera, posebno onih koji su bili opterećeni velikim unutrašnjim izvorima nutrijenata [7, 10, 14, 15]. Iako je ova metoda ekološki prihvatljiva potrebno je pri planiranju njene primjene uvrstiti sve elemente koji će eliminirati eventualne nepovoljne ekološke posljedice - resuspenzija nutrijenata u vodeni medij, u potpunosti uklanjanje bentoskih organizama i neadekvatan odabir lokacije za odlaganje izvađenog sedimenta. Pravilnim odabirom mehanizacije, provođenjem izmuljivanja po fazama u višegodišnjem ciklusu, te pravilnim odabirom zbrinjavanja izvađenog sedimenta u potpunosti se mogu smanjiti svi mogući rizici.

ZAKLJUČAK

Na temelju utvrđenih rezultata može se zaključiti da je osnovni ekološki problem Stare Drave velika količina sedimenta i mala protočnost vode. Ekološki sustav je u stanju s tendencijom povećanja stupnja trofije. Akumulirani sediment izvor je nutrijenata, posebno fosfora što ubrzava procese eutrofizacije i pogoršava kakvoću vode. Upotreba ovog ekološkog sustava ograničena je zbog navedenih ekoloških karakteristika. U svrhu očuvanja vodenog Stare Drave, a tako i zaštite prirode ovog vrijednog područja, potrebna je hitna revitalizacija. Ekološki najbolji učinci revitalizacije bili bi smanjenje stupnja trofije što je moguće postići izmuljivanjem, tj. otklanjanjem organskog sedimenta uz istodobno povećanje protočnosti vode hidrološkim povezivanjem s rijekom Dravom.

LITERATURA

1. Abebe, E., Andrássy, I., Traunspurger, W. (ed.) (2006): Freshwater nematodes: ecology and taxonomy. CABI Publishing.
2. Anagnostidis, K., Komárek, J. (1985): Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1. Introduction. Archiv für Hydrobiologie, Supplement 71, 1-2: 291-302.
3. Anagnostidis, K., Komárek, J. (1988): Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. Archiv für Hydrobiologie, Supplement 80, 1-4: 327-472.
4. APHA (1985): Standard methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC.
5. Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S. A., Newroth, P. R. (1986): Lake and Reservoir restauration. Butterworth Publishers, Stoneham.
6. Engelhardt, W. (2003): Was lebt im Tümpel, Bach und Weiher? Kosmos. Stuttgart.
7. Hamm, A. (1975): Eutrophierungsprobleme am Freudensee (Bayer. Wald), einem Badesee mit ländlichem Eizugsgebiet - III. Mitteilung: Seenrestaurierung durch Ausbaggerung - Z. F. Wasser-u. Abwasserforschung 8, 2: 4-9.
8. Hindak, F., Komarek, J., Marvan, P., Ružička, J. (1975): Kluč na určovanie vytrusnych rastlin. Slovenske pedagogicke nakladelstvo, Bratislava.
9. Hindak, F., Cyrus, Z., Marvan, P., Javornicky, P., Komarek, J., Ettl, H., Rosa, K., Sladečkova, A., Popovsky, J., Punčocharova, M., Lhotsky, O. (1978): Slatkovodne riasy. Slovenske

pedagogicke nakladelstvo, Bratislava.
10. Hollfelder, F. (1980): Technische Möglichkeiten zur Seesanierung Vortrag III-7 ATV-Fortbildungskurs 17. - 21.03. 1980 in Laasphe.
11. Huber - Pestalozzi, G. (1961-1990): Das Phytoplankton des Susswassers. Teil 1-7. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Germany.
12. Komárek, J., Anagnostidis, K. (1989): Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4. Nostocales. Arch. Hydrobiol. Supplement 82, 3: 247-345.
13. Komárková, J. (1989): Primárni produkce ř as ve slatkovodních ekosystemech. In: Dykyová, D. (ed.) Metody studia ecosystémů. Academia Praha, Praha, 330-347.
14. Kucklentz, V. (1985): Restauration of a small lake by combined mechanical and biological methods. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 2314-2317.
15. Landner, L. (1976): Eutrophication of Lakes. Causes, effects and means for control with emphasis on lake rehabilitation World Health Organization ICP/CEP 210.
16. Likens, G. (1972): Nutrients and Eutrophication: The Limiting Nutrient Controversy. ASLO Special Symposium. Vol. 1 American Society of Limnology and Oceanography, Allen Press, Lawrence, Kansas.
17. Margolina G. L. (1989): Mikrobiologićeskie procesi destrukcii v presnovodnih vadajomah. Nauka, Moskva.
18. Panikov, N. S. (1995): Microbial Growrh Kinetics. Chapman and Hall, London.
19. Pantle, R., Buck, H. (1955): Der Biologishe Uberwachung der Gewasser und die Darstellung der Ergebnisse. Gass. und Wasswerfach, 96, 604 p.
20. Porter, K. G., Feig, Y. G. (1980): The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. Limnology and Oceanography, 25: 943.
21. Reynolds, C. S. (1984): The Ecology of Freshwater Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
22. Sladaček, V. (1973): System of water quality from the biological point of view: Ergebnisse der Limnologie, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchandlung. Stuttgart.
23. Sommer, U., Gliwicz, Z. M., Lampert, W., Duncan, A. (1986): The PEG-model of seasonal succession of plankton events in freshwaters. Archiv für Hydrobiologie, 106: 436-440.
24. Sournia, A. (1978): Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographic Methodology. UNESCO. Paris.
25. Streble, H., Krauter, D. (2002): Das Leben im Wassertropfen. Mikroflora und Mikrofauna des Süβwassers. Kosmos. Stuttgart.
26. Traunspurger, W. (1998): Distribution and sex ratio of *Ethmolaimus pratensis* De Man, 1880 (Nematoda, Chromadorida) in an oligotrophic lake. Nematologica, 44: 391-408.
27. Wetzel, R. G. (2001): Limnology. Lake and River Ecosystems (3rd ed). Academic Press. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokio.

AUTORI:

Doc. dr. sc. Melita Mihaljević,

izv. prof. dr. sc. Jasna Vidaković,

dr. sc. Irella Bogut,

Dubravka Čerba,

mr. sc. Goran Palijan,

mr. sc. Filip Stević

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Odjel za biologiju, Trg Ljudevita Gaja 6,
31000 Osijek, Hrvatska, Tel. 0038531232600, Fax. 0038531232642,
e-mail: mmihaljevic@ffos.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.11.

ORGANSKA TVAR U OBORINAMA PRIOBALNOG I KONTINENTALNOG PODRUČJA

Palma Orlović-Leko, Elvira Bura-Nakić, Marta Plavšić, Zlatica Kozarac i Božena Ćosović

SAŽETAK: Otopljeni organski ugljik (DOC), površinski aktivne tvari (PAT) i kapacitet kompleksiranja su izmjereni u uzorcima sakupljenim za vrijeme 27 kišnih događaja u Šibeniku i u 36 uzoraka kiše i snijega sakupljenim u Zagrebu. DOC koncentracije u Zagrebu su se kretale u rasponu od 0,07 mg dm^{-3} do 4,03 mg dm^{-3}, sa srednjom vrijednosti od 1,89 mg dm^{-3}. Koncentracije DOC u Šibeniku su se kretale u rasponu od 0,44 mg dm^{-3} do 4,13 mg dm^{-3}, sa srednjom vrijednosti od 1,63 mg dm^{-3}, vrlo sličnoj DOC koncentraciji kontinentalnih kiša. Koncentracije PAT mjerene u Zagrebu kretale su se od 0,055 - 0,27 ekv. T-X-100 mg dm^{-3} (srednja koncentracija 0,14 ekv. Triton-X-100 u mg dm-3). U Šibeniku su izmjerene nešto manje vrijednosti PAT (0,02 - 0,15 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3}) sa srednjom koncentracijom od 0,07 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3} što se može objasniti utjecajem neutralnih i slabo lužnatih kiša s obzirom da površinska aktivnost jako ovisi o pH vrijednostima vodenih otopina. DOC stvara komplekse koji kontroliraju topljivost i prijenos teških metala u prirodne vode. Kapacitet kompleksiranja u našim mjerenjima je bio u rasponu od 0,066 - 1,4 μM Cu^{2+} (Šibenik) i od 0,035 - 0,586 μM Cu^{2+} (Zagreb).

KLJUČNE RIJEČI: Otopljeni organski ugljik (DOC); Površinski aktivne tvari (PAT); Kapacitet kompleksiranja; Kiša

ORGANIC MATTER IN THE ATMOSPHERIC PRECIPITATION OF CONTINENTAL AND COSTAL REGION

SUMMARY: Dissolved organic carbon (DOC), surface active substances (SAS) and complexing capacity were measured during in 27 rain events collected in Šibenik and in 36 rain and snow samples collected in Zagreb. The range of DOC values from Zagreb varied from 0.07 mg dm^{-3} to 4,03 mg dm^{-3}, with average concentration of 1,89 mg dm^{-3}. The concentrations of DOC from Šibenik were in the range from 0,44 mg dm^{-3} to 4,13 mg dm^{-3}, with average concentration of 1,63 mg dm^{-3} which is remarkably similar to continental rainwater DOC. The concentrations of SAS measured in Zagreb were in the range 0,055 - 0,27 eq. T-X-100 mg dm^{-3}, with average concentration of 0,14 eq. Triton-X-100 u mg dm^{-3}. SAS comprised a relatively small fraction of the DOC pool in Šibenik rainwater (0,02 - 0,15 eq. Triton-X-100 u mg dm^{-3}) with average concentration of 0,07 eq. Triton-X-100 u mg dm^{-3} which was influenced by non-acid rain (pH>5,6). The reduction

in surface activity induced by organic compounds strongly depend on the pH values. DOC forms complexes that control the transport and solubility of heavy metals in natural water. In our measurements, complexing capacity was in the range 0,066 - 1,4 μM Cu^{2+} (Šibenik) and 0,035 - 0,586 μM Cu^{2+} (Zagreb).

KEYWORDS: Dissolved Organic Carbon (DOC); Surface Active Substances (SAS): Complexing Capacity; Rainwater

UVOD

Atmosfera igra važnu ulogu u prijenosu, uklanjanju (taloženju) i ciklusu organskih spojeva. Atmosfera je osjetljivija na antropogene emisije u odnosu na druge sastavnice okoliša (vodu, tlo); prijenos onečišćavala atmosferom odvija se brže u poređenju s prijenosom morem. Usprkos intenzivnom istraživanju, samo je parcijalno razjašnjeno kretanje organskih onečišćavala između atmosfere i vodenog okoliša kao i transformacija organskih molekula tijekom prijenosa. Uzorci oborina sadrže većinu organskih spojeva koji su pronađeni u atmosferi; međutim njihova raspodjela se potpuno razlikuje od atmosferskih uzoraka plina i aerosola zbog različite topljivosti u vodi. Kišom se najviše ispiru topljive polarne specije, zatim djelomično hlapljive komponente a ispiranje hlapljivih organskih kemikalija je vrlo nisko. U vodi topljiva organska frakcija aerosola sadrži tri glavne grupe spojeva: neutralne komponente, mono- i dikarboksilne kiseline i polikarboksilne kiseline (kisele komponente su najviše zastupljene, u prosijeku do 59%, a neutralne oko 30%) [3]. Uklanjanje kišom atmosferskog topljivog organskog ugljika igra značajnu ulogu u globalnom ciklusu ugljika. Posebno je važno za geokemiju troposfere, uklanjanje nepotpuno oksidiranog organskog ugljika putem mokrog taloženja [5]. Otopljeni organski ugljik je mobilna frakcija organskog ugljika koji se definira veličinom čestica promjera < 0,45 ili 0,70 μm [8].

Organska tvar može stvarati komplekse koji kontroliraju topljivost i prijenos teških metala u prirodne vode [8; 12].

Površinski aktivne tvari (PAT) predstavljaju vrlo važan, reaktivni dio ukupno otopljene organske tvari u atmosferskoj vodi. U raznim atmosferskim uzorcima pronađene su polikarboksilne kiseline, visokomolekularne strukture, slične huminskim tvarima (HULIS, eng. Humic-Like Substances) kao vrlo djelotvorne površinski aktivne tvari a predmet su istraživanja mnogih studija [6;7]. Površinski aktivne tvari mogu utjecati na fizičko-kemijska svojstva vlažnih čestica aerosola, atmosferskih kapljica i transportne procese na međupovršinama [1]. Kao posljedica toga, može se javiti pojačano ispiranje hidrofobnog, slabo topljivog organskog materijala mokrim oborinama što doprinosi i pojačanom onečišćenju površinskih voda toksičnim tvarima.

U ovom radu određena je koncentracija otopljenog organskog ugljika (DOC), površinska aktivnost odnosno ukupna relativna koncentracija površinski aktivnih tvari (PAT), te kapacitet kompleksiranja u uzorcima iz područja Šibenika i Zagreba. Svrha rada bila je usporediti podatke za priobalno i kontinentalno područje.

METODE

Uzorci mokre oborine su prikupljani u otvorenom uzorkovaču (smeđa staklena boca i stakleni lijevak), za vrijeme različitih kišnih događaja.

Određivanje otopljenog organskog ugljika vršeno je postupkom visoke temperaturne katalitičke oksidacije s instrumentom TOC-500 Analyzer tvrtke Shimadzu (Japan). Uzorci su prethodno filtrirani pomoću staklenog Millipore sustavu za filtriranje i staklenog

Whatman GF/F filtera veličine pora 0,7 μm prethodno žarenih na 450°C kroz 4 sata. Filtrirani uzorci konzervirani su s dodatkom HgCl2 (c=10 mg dm^{-3}) i pohranjeni na tamno mjesto do mjerenja.

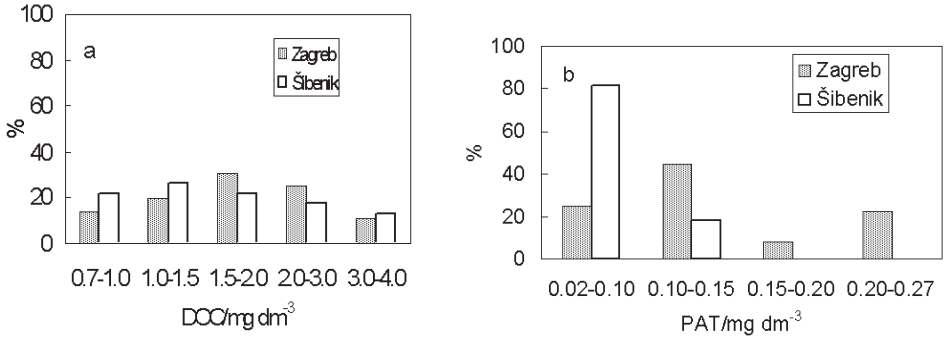
Površinska aktivnost određena je elektrokemijskom metodom fazno osjetljive a.c. voltametrije. Za navedena mjerenja korišten je instrument μ-Autolab povezan sa GPES 4.6 softwarom (ECO-Chemie, Nizozemska).

Kapacitet kompleksiranja određen je metodom diferencijalne pulsne voltametrije anodnog otapanja(DPASV). Elektrokemijska mjerenja rađena su na elektrokemijskom sustavu ECOCHEMIE (Nizozemska) povezanom sa troelektrodnom voltametrijskom ćelijom(VA 663, Metrohm stand, Švicarska).

Kiselost uzoraka mjerena je pH metrom, model Metrohm 691.

REZULTATI I RASPRAVA

U uzorcima oborina koji su sakupljeni za vrijeme 27 kišnih događaja, od siječnja 2003. do lipnja 2006. god., na području Šibenika i 36 oborinskih događaja u periodu od ožujka 1998. do veljače 2007. god. u Zagrebu izmjeren je sadržaj topljivog organskog ugljika i određena ukupna površinska aktivnost.



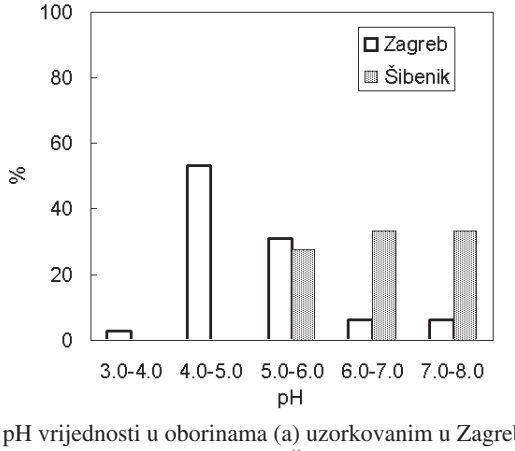
Slika 1. Raspodjela (a) DOC i (b) PAT koncentracija, ekv. Triton-X-100 u oborinama uzorkovanim u Zagrebu od ožujka 1998. god. do veljače 2007. god. (n=36) i Šibeniku od siječnja 2003. god. do lipnja 2006. god. (n=27).

Kako se može vidjeti na slici 1a, na kojoj je prikazana raspodjela koncentracija DOC u mokrim oborinama šibenskog i zagrebačkog područja, većina uzoraka šibenskog područja (26 %) sadržavala je otopljeni organski ugljik u koncentracijama od 1,0-1,5 mg dm^{-3}. U približno 22 % uzoraka koncentracija DOC se kretala od 1,5 - 2,0 mg dm^{-3} . U istom broju uzoraka utvrđena je količina topljivog organskog ugljika manja od 1 mg dm-3. Najmanji broj uzoraka (oko 13%) pokazao je veći sadržaj DOC (3-4 mg dm^{-3}). Količina od 2-3 mg dm^{-3} izmjerena je u približno 17% uzoraka. U oborinama zagrebačkog područja uočljiva je slična raspodjela koncentracija DOC, a u najvećem broju uzoraka (oko 30 %) vrijednost DOC je pomaknuta prema većim vrijednostima u odnosu na Šibenik (1,5 do 2,0 mg dm^{-3}). Koncentracije otopljenog organskog ugljika u kiši šibenskog područja varirale su od 0,44 mg dm^{-3} (36μM) do 4,13 mg dm^{-3} (344 μM), srednja vrijednost: 1,63 mg dm^{-3} (133 μM). Rezultati su usporedivi s vrijednostima DOC na području Zagreba: od 0,70 mg dm^{-3} (58 μM) do 4,03 mg dm^{-3} (336 μM), srednja vrijednost: 1,89 mg dm^{-3} (158 μM). Willey [14] u svom radu daje slijedeći podatak: kontinentalne kiše sadrže DOC u koncentraciji

od 161 μM, a kiše marinskih područja u koncentracijama od 23 μM. Nadalje, Kieber [5] istražujući DOC u kiši obalnih područja Novog Zelanda utvrdio je da se koncentracije DOC kreću od vrlo niskih vrijednosti 10 μM do visokih 401 μM ovisno o dominaciji marinskih ili kontinentalnih utjecaja. Očito je da na DOC u kiši šibenskog područja veći utjecaj ima urbana sredina nego morski aerosoli.

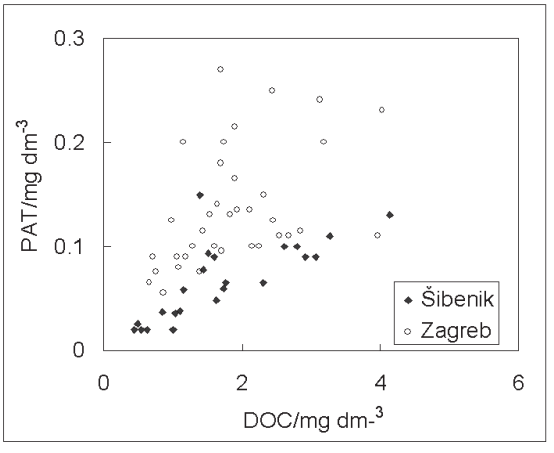
Nije pronađena značajna statistička ovisnost između koncentracije DOC i volumena oborine (r = 0,24) što potvrđuje da ispiranje organskih tvari iz atmosferskih aerosola nije jednostavan proces; koncentraciju pojedinih organskih spojeva u oborini određuju razni čimbenici kao što su nadoknađivanje materijala iz plinske frakcije koji se sporo ispire ili in situ fotokemijska produkcija u vodenoj otopini [13].

Određena je i ukupna površinska aktivnost uzoraka oborina. Vrijednosti PAT u uzorcima priobalja kretale su se u rasponu od: 0,02 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3} do 0,15 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3} (srednja vrijednost: 0,07 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3}). Raspodjela koncentracija PAT data je na slici 2b gdje su radi usporedbe prikazani i rezultati dobiveni u kontinentalnim oborinama. U slučaju PAT, obalno i kontinentalno područje Hrvatske znatno se razlikuje. Najveći broj uzoraka (oko 80 %) sakupljenih u Šibeniku ima PAT vrijednosti vrlo niske: 0,02 - 0,1 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3}. U zagrebačkim uzorcima (raspon koncentracija od 0,055 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3} do 0,27 ekv. T-X-100 mg dm^{-3} , srednja vrijednost 0,14 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3}), najveći broj uzoraka (oko 45 %) pokazao je vrijednost PAT u koncentracijama od 0.1-0,15 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3}. Opaženo je da površinska aktivnost organskih spojeva ovisi o koncentraciji anorganskih komponenata i pH vrijednosti otopine. Yates III i von Wandruszka [15] su pokazali da se površinska napetost vodene otopine humusne kiseline znatno razlikuje kod različitih pH vrijednosti i koncentracije metalnih (Mg^{2+}) iona s obzirom na funkcionalne grupe koje omogućuju protoniranje i/ili vezanje iona metala.



Slika 2. Raspodjela pH vrijednosti u oborinama (a) uzorkovanim u Zagrebu od ožujka 1998. god. do veljače 2007. god. (n=36) i (b) uzorkovanim u Šibeniku od siječnja 2003. god. do lipnja 2006. god. (n=27).

Izmjerene pH vrijednosti promatranih uzoraka upućuju na znatnu prisutnost kiselih oborina, uglavnom srednje do slabo kiselih ($4,0 < pH \leq 5,6$) u Zagrebu (slika 2) i neutralnih do slabo lužnatih u Šibeniku. Za pretpostaviti je da je upravo niska kiselost oborine kao i koncentracija Mg^{2+} iona (do 1 mg dm^{-3}), tipičnog marinskog elementa, uvjetovala niže koncentracije PAT u uzorcima Šibenika.



Slika 3. Korelacija PAT i DOC koncentracija u oborinama Šibenika (r = 0,76) i Zagreba (r = 45).

Koeficijent korelacije za uzorke iz Šibenika, r = 0,76 pokazuje značajnu ovisnost parametra DOC i PAT (slika 3) što može upućivati na isti izvor organskih komponenata ili istu jakost izvora [5]. Za zagrebačke uzorke ovisnost navedenih parametara je malo slabije izražena, r = 0,45; variranje kemijskog sastava organske tvari tj. udjela adsorbabilnih tvari u otopljenom organskom ugljiku bilo je jače izraženo.

Korelacija između koncentracija PAT i volumena oborina (r = 0,048) statistički nije značajna i ukazuje na složenost procesa uklanjanja površinski aktivnih tvari iz atmosfere.

Karakterizacija organske tvari u uzorcima oborina uključivala je i određivanje kapaciteta kompleksiranja (LT) tj. količine organske tvari prisutne u uzorku koja može specifično vezati ione bakra, koji su poznati da stvaraju komplekse sa organskom tvari. Bakar je esencijalan element, rasprostranjen u prirodi a ujedno je u prirodnim vodama nađen do 99% kompleksiran sa organskom tvari [2]. Kapacitet kompleksiranja uzoraka kiše mijenjao se između 0,066 i 1,4 μM Cu^{2+} u 8 izmjerenih uzoraka iz Šibenika, i između 0,035 do 0,586 μM Cu^{2+} u 11 mjerenih uzoraka iz Zagreba. Najveći kapacitet izmjeren u uzorku kiše iznosio je 1,4 μM Cu^{2+} i to u travnju 2003 u uzorku iz Šibenika. To bi se moglo povezati sa početkom povećane biološke aktivnosti u morskom akvatoriju, jer je poznato da je u mjesecima povećane biološke aktivnosti (proljeće-ljeto) u morskom aerosolu značajan doprinos organske tvari koja potječe od biološke aktivnosti (do 63%) [9]. U zimskim mjesecima taj udio je samo 15%. Slične vrijednosti kapaciteta kompleksiranja određene su i u obalnom Jadranskom moru [10]. Vrijednosti kapaciteta kompleksiranja u uzorcima obalnog mora bile su između 0,02 i 1,00 μM Cu^{2+}. Također je poznato da su veće vrijednosti kapaciteta kompleksiranja zabilježene i u prisutnosti čestica. Kako uzorci kiše nisu bili filtrirani, povećane vrijednosti kapaciteta kompleksiranja kiše u pojedinim uzorcima mogu se dovesti u vezu sa postojanjem čestica u tim uzorcima koje dodatno vežu ione bakra. Stabilnost bakarnih kompleksa može se uspoređivati kroz prividne konstante kompleksiranja (log K). Određene log K vrijednosti za sve šibenske uzorke su u rasponu 6,7 - 8,1, a za zagrebačke od 6,7 do 10,0. Log K vrijednosti slične su vrijednostima prividnih konstanta kompleksiranja za humusne tvari i melanoidine [11]. Dosadašnji rezultati mjerenja upućuju na postojanje različitih izvora i vrsta organskih liganada u uzorcima kiše i na činjenicu da svi oni ne doprinose u istoj mjeri kompleksiranju bakra u uzorcima.

ZAKLJUČAK

1. Određen je sadržaj otopljenog organskog ugljika u uzorcima oborina i u šibenskom području iznosi od 0,44 mg dm^{-3} do 4,13 mg dm^{-3}, a u zagrebačkom području se kreće u rasponu od 0,70 mg dm^{-3} do 4,03 mg dm^{-3}.
2. Sadržaj PAT u uzorcima oborina u šibenskom području iznosi od 0,02 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3} do 0,15 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3}, a u zagrebačkom području od 0,55 ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3} do 0,27 ekv. T-X-100 mg dm^{-3}.
3. Kapacitet kompleksiranja u uzorcima oborina u šibenskom području iznosi od 0,066 do 1,4 μM Cu^{2+}, a u zagrebačkom području od 0,035 do 0,586 μM Cu^{2+}.
4. Ako se usporede naše vrijednosti DOC u priobalnom području sa literaturnim podacima za oborine pod utjecajem mora, vrijednosti dobivene u području Šibenika su znatno veće, što ukazuje na jači utjecaj grada Šibenika u odnosu na utjecaj mora.

Prikazani rezultati proizašli su iz znanstvenog projekta ("Priroda organske tvari, interakcije s mikrokonstituentima i površinama u okolišu"), provođenog uz potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske.

LITERATURA

1. Backe, C., Larsson, P., Agrell, C. (2002): Spatial and temporal variation of polychlorinated biphenyl (PCB) in precipitation in southern Sweden. Sci. of the Total Environ. 285, 117-132.
2. Buckley P.J.M., van den Berg C.M.G. (1986): Copper complexation profiles in the Atlantic Ocean. Mar. Chem. 19, 281-296.
3. Decesari, S., Facchini, M.C., Fuzzi, S., Tagliavini, E. (2000): Characterization of water soluble organic compounds in atmospheric aerosol: a new approach. J. Geophys. Res. 105, 1481-1489.
4. Fuzzi, S, Facchini, MC, Decesari, S, Matta, E, Mircea, M. (2002): Soluble organic compounds in fog and clouds droplets. Atmosph. Res. 64, 89-98.
5. Kieber, RJ, Peake, B, Willey, JD, Avery, GB. (2002). Dissolved organic carbon and organic acids in coastal New Zealand rainwater. Atmosph. Environ. 36, 3557-3563.
6. Kiss, G., Tombácz, E., Varga, B., Alsberg, T., Persson, L. (2003): Estimation of the average molecular weight of humic-like substances isolated from fine atmospheric aerosol. Atmos. Environ. 37, 3783-3794.
7. Kiss, G., Tombácz, E., Hansson, H.C. (2005): Surface tension effects of humic likem substances in the aqueous extract of tropospheric fine aerosol. Journal of Atmos. Chemistry 50, 279-294.
8. Kolka, R.K., Nater, E.A., Grigal, D.F., Verry, E.S. (1999): Atmospheric inputs of mercury and organic carbon into a forested upland/bog watershed. Water, air and Soil Pollution 113, 273-294.
9. O'Dowd C.D., Facchini M.C., Cavalli F., Ceburnis D., Mircea M., Decesari S.,Fuzzi S., Yoon Y.J., Putaud J.P. (2004): Biogenically driven organic contribution to marine aerosol. Nature 431, 676-680.
10. Plavšić M. (2003): Electroanalytical techniques applied for studying the interaction of organic matter and particles with metal ions in natural waters. Analytical Letters 36 (1), 143-157.
11. Plavšić M., Lee C., Ćosović, B. (2006): Copper complexing properties of melanoidins and marine humic material. Sci of Total. Environ. 366, 310-319.

12.Spokes, L. J., Lucija, M., Campos, A. M., Jickells, D. T. (1996): The role of organic matter in controlling copper speciation in precipitation. Atmos. Environ. 30 (23), 3959-3966.

13.Sakugawa, H., Kaplan, R., Shepard, LI. (1993): Measurements of H2O2, aldehydes and organic acids in Los Angeles rainwater: their sources and deposition rates. Atmosph. Environ. 27B, 203-219.

14.Willey, J.D., Kieber, R. J., Eyman, M. S., Brooks, G. (2000): Rainwater dissolved organic carbon: Concentrations and global flux. Global Biogeochem. Cycles 14 (1), 139-148.

15.Yates III, L.M, von Wandruszka R. (1999): Efect of the pH and metals on the surface tension of aqueous humic materials. Soil Science Society of America Journal 63, 1645-1649.

AUTORICE:

Palma Orlović-Leko[1],
Elvira Bura-Nakić[2],
Marta Plavšić[2],
Zlatica Kozarac[2]
Božena Ćosović[2]

[1]Rudarsko-Geološko-Naftni fakultet u Zagrebu, 10 000 Zagreb, Pierottijeva 6, Hrvatska, tel. + 385 1 55 35 912, e-mail: *paorleko@rgn.hr*

[2]Institut "Ruđer Bošković", Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička 54, 10 002 Zagreb, Hrvatska, tel. + 385 1 45 61 105, e-mail: *kozarac@rudjer.irb.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.12.

UTICAJ PROMJENE NIVOA PODZEMNE VODE NA SLIJEGANJE TERENA USLIJED EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA SOLI

Dinka Pašić-Škripić, Izet Žigić

SAŽETAK: U radu je prezentirana dugogodišnja problematika sa kojom se suočava cijeli urbani dio grada Tuzle. Decenijama traje borba između prirodnih procesa i djelovanja čovječijih zahvata. Višegodišnjim nekontroliranim izluživanjem soli u reviru Borić-Trnovac, stvorili su se uslovi u kojima je nivo izdani, uslijed crpljenja, stalno snižavan zbog količina slane vode koja je iz ležišta vađena za potrebe industrije. Kao posljedica toga nastala su slijeganja strukturno-kompleksne sone formacije praćena složenim geodinamičkim procesima, čija se manifestacija uočava na površini terena već dugi niz godina. Slijeganje je izazvalo velike i ozbiljne ekonomske, materijalne, socijalne i urbane probleme, a što je sve skupa uticalo, prije svega na izgled grada, koji je uslijed velikog broja porušenih privrednih, stambenih, zdravstvenih, kulturno-historijskih, prosvjetnih, javnih i sakralnih objekata, umnogome gubio svoj duh i prepoznatljivost. Autori su pokušali da prikažu jedan mali segment svog dugogodišnjeg rada, ovako složenog, problema.

KLJUČNE RIJEČI: nivo podzemne vode, slijeganje, pukotinsko-karstna izdan, eksploatacija soli

INFLUENCE OF GROUNDWATER FLUCTATION ON TERRAIN SUBSIDENCE CAUSED BY ROCK SALT EXPLOITATION

SUMMARY: Longtime problem, the whole urban area of Tuzla is facing, was presented in this paper. Decades long is a struggle between natural processes and the human artificial activities. By longtime uncontrolled leaching of brine in “Borić-Trnovac” mining district, condition were created for permanent fall of springs level, due to pumping out of brine needed for chemical industry in the Tuzla area. As a consequence of the uncontrolled brine leaching, subsidence of the structurally complex rock salt formation occurred, followed by complex geodynamical processes whose manifestation is noticeable at the terrain surface for a very long period of time. Subsidence caused huge and serious economical, material, social and urban problems reflected in demolished huge numbers of business, residential, healthcare, cultural, historical, educational, public and sacral buildings. Due to mentioned the Tuzla town gradually lost its spirit and recognizability. Authors of this paper has attempted to present a small segment of their longtime scientific activity in resolving such a serious problem.

KEYWORDS: groundwater level, subsidence, fracture-karst spring, rock salt exploitation

UVOD

Deformacije terena na području gradske zone Tuzla izazvane su deficitom masa u podzemlju gdje se odvija otapanje kamene soli. Crpljenjem slane vode nastaje prostor koji gravitaciono zapunjavaju sedimenti jalovinskog materijala nerastvoreni u vodi. Industrijska proizvodnja slane vode počela je na području grada 1892., a intenzivnija izluživanja se vezuju za izgradnju, manje Solane u Simin Hanu (1885.) i u Kreki (1891.), te izgradnju Fabrike sode u Lukavcu (1892.).

Kako je vrijeme odmicalo, tako je i broj izbušenih bunara rastao, a time i količina iscrpljene slane vode (slika 1). U godinama nakon Drugog svjetskog rata dolazi do naglog povećanja crpljenja slane vode, uz istovremenu izgradnju objekata u gradskoj zoni.

Slika 1.: Situaciona karta ležišta soli u Tuzli sa prostornim razmještajem piezometara

Već početkom pedesetih godina prošlog stoljeća dolazi do vidljivih deformacija na objektima, a na terenu i do ispupčenja ili ulegnuća na objektima uže gradske zone došlo je do većih ili manjih pukotina, razmicanja, uvijanja, smicanja i slično.

Prvi podaci o izvršenim geodetskim mjerenjima datiraju iz 1914.godine, ali sistematska precizna geodetska mjerenja započinju 1956.godine. Izmjerena maksimalna slijeganja u periodu od 1914. do 1947. iznose 2,2 metra, a od 1956. do 1975. godine 4,5 metra, do današnjih 14 metara, a što sve skupa ukazuje da se sa povećanjem nekontroliranog izluživanja soli, povećavao i deficit masa u podzemlju, te srazmjerno tome i slijeganje površine terena.

PUKOTINSKO-KARSTNA IZDAN

Pukotinsko-karstna izdan, koja ima nepravilan geometrijski oblik, obuhvata u užoj zoni ležišta izluženu zonu I serije soli, dio sone formacije iznad povlate II sone serije u koju ulazi i sloj pelita, kao i obodne, izlužene dijelove sa anhidritskim brečama. Ovaj kompleks predstavlja osnovnu izdan sonog ležišta razbijenog tipa, koja u sadašnjim uslovima ima subarteški karakter. Ova izdan je nastala kao posljedica izluživanja soli unutar sonog tijela ili sonih proslojaka u trakastim laporcima i pelitu. Dugogodišnje izluživanje soli (prirodno i vještačko), stvorilo je u domenu sonog ležišta prostor koji je ispunjen vodom, ali koji je sklon zarušavanju. Deficit masa u sonom ležištu, kao i smanjenje piezometarskog pritiska u izdani, uslovljava statičku nestabilnost, koja dalje izaziva pucanje i povijanje povlatnih sedimenata, čime primarni pukotinski sistemi mijenjaju geometrijske karakteristike izdani i njihova hidrodinamička svojstva.

Rastvaranje soli u procesu eksploatacije slanice, a time i povećanje sekundarne poroznosti, prouzrokovano je postojanjem ruptura duž kojih se kretala voda. Intenzitet rastvaranja zavisio je od stepena zasićenosti vode i brzine strujanja. Na osnovu dosadašnjih istraživanja, došlo se do zaključka da je I serija soli na najvećem dijelu ležišta već izlužena, dok su ostale serije soli samo djelimično zahvaćene izluživanjem. Ovakav mehanizam strujanja voda, ispiranja soli i stvaranja kavernozne, sekundarne poroznosti, uz posljedice koje se manifestuju kao intenziviranje pukotinske poroznosti okolnih stijena, stvorili su složen hidraulički sistem sa naglim promjenama hidrodinamičkih parametara, i prostorno i vremenski.

Piezometarski nivoi u pukotinsko-karstnoj izdani prije početka intenzivne eksploatacije slanice, nisu bili sistematski osmatrani (pretpostavka da su bili unutar kota 180-215 m). Registrovane kote piezometarskog nivoa pukotinsko-karstne izdani na početku intenzivne eksploatacije slanice, nalazile su se ispod kote erozionog bazisa (korito rijeke Jale oko kote 230), što ukazuje na činjenicu da je već ranija eksploatacija (primitivna, za vrijeme Turskog carstva), uslovila generalno sniženje piezometarskog nivoa u osnovnoj izdani tuzlanskog sonog ležišta. Dinamički nivoi, registrovani osamdesetih godina prošlog stoljeća, u pukotinsko-karstnoj izdani, znatno su niži i u granicama kota 40-60 m.

Malo-mineralizovane vode pritiču u ležište i rastvaraju sona tijela. U prvo vrijeme ovo rastvaranje se ostvaruje po obodu sonih slojeva, tzv. bočna izluženja. Na mjesto proslojaka soli formiraju se prostori ispunjeni slanicom. Dimenzije ovako nastalih prostora mogu da budu znatne, pa u određenom momentu dolazi do obrušavanja krovine i njihovog zapunjavanja odlomcima laporaca. Time se formira "zona rasterećenja", čije radijalne pukotine, po pravilu, prožimaju veći prostor od onoga koji je nastao procesima izluživanja. Duž tih pukotina, subarteške vode nižih horizonata, penju se ispod susjednih mlađih slojeva soli koji, pored bočnih voda, ovim dobivaju i vode u podini. Time se stvaraju uslovi za tzv. "stropno izluživanje" koje ima veću brzinu napredovanja od bočnog izluživanja. Dok je bočno izluživanje zajedničko za sve slojeve soli, gornji slojevi soli, razvojem zone rasterećenja, dolaze pod uticaj stropnog izluženja, što ubrzava njihovu degradaciju.

Novonastali izluženi prostor uzrokuje pucanje i obrušavanje svoje krovine i dalje penjanje vode ispod slijedećeg sloja soli. Time se granica izluženja svakog narednog sloja pomjera sve više unutar ležišta, uslovljavajući koso nalijeganje pukotinsko-karstne izdani na sona tijela.

Pukotinsko-karstna izdan, postojećom eksploatacijom prirodnih slanica, stalno se povećava i "zavlači" sve dublje po sjeveroistočnom obodnom dijelu polja Tušanj, a zbog

svog rasprostranjenja, veličine i same funkcije, smatra se veoma bitnom u cjelokupnim procesima slijeganja sonog tuzlanskog ležišta.

PROMJENE PIEZOMETARSKOG NIVOA PODZEMNE VODE

Da bi se mogle sagledati hidrodinamičke karakteristike pukotinsko-karstne izdani, dat je kratak osvrt dosadašnje eksploatacije soli za određene vremenske periode. Izučavan je nivo podzemne vode u pukotinsko-karstnoj izdani u početnom periodu eksploatacije soli, zatim na početku intenzivne eksploatacije od 1885. godine, zatim period do 1956. godine i period u osamdesetim godinama prošlog vijeka.

Permanentan proces izluženja soli i zarušavanje stijenskih masa uslijed izluženog prostora, uslovljava stalnu izmjenu filtracionih karakteristika pukotinsko-karstne izdani, kao i izmjenu hidrauličke veze sa drugim izdanima (prvenstveno aluvijalnih izdani i izdani u okviru tuzlanskih krečnjaka).

Prema podacima o primitivnoj eksploataciji koja je trajala do kraja XIX vijeka, količina vode koja je zahvatana iz kopanih bunara dubine oko 60 m, iznosila je oko 0,3 l/s. Međutim, i pri ovoj, za sadašnje uvjete zanemarljivo maloj eksploataciji, došlo je do sniženja piezometarskog nivoa za oko 20-30 m, a količina prihranjivanja izdani je bila oko 0,1-0,3 l/s.

U uslovima prirodnog režima strujanja podzemne vode, pukotinsko-karstna izdan bila je definirana prirodnim izluživanjem soli, koja se, najvjerovatnije, počela razvijati po sjeveroistočnom obodu ležišta. Zone pražnjenja izdani su bile povezane sa aluvijonom rijeka Jale i Soline.

Tokom intenzivne eksploatacije slanice, došlo je do otvaranja novih i razrade postojećih puteva strujanja podzemne vode, što je dovelo do promjena filtracionih karakteristika pukotinsko-karstne izdani, odnosno do povećanja vodoprovodnosti.

Period od 1945. do 1955. godine, karakteriše relativno ujednačena eksploatacija slanice koja je uvjetovala sniženje piezometarskog nivoa za oko 0,8 m/god. Intezitet crpljenja vode iz izučavane izdani u ovom periodu, iznosi oko 18 l/s. Međutim, kako je ukupni spoljni doticaj u izdan za taj period, iznosio 14 l/s, to je očigledno da je manjak vode od 4 l/s, kompenziran iz statičkih rezervi podzemne vode izučavane izdani, kao i zanemarljivo male količine iz elastičnih rezervi izdani podzemne vode.

U vremenskom periodu od 1970. do 1980.godine, intenzitet crpljenja slanice se povećao, što je uvjetovalo naglo sniženje piezometarskog nivoa, pri čemu je utvrđeno, da je nakon 100 godina od početka nekontrolirnog izluživanja opao za oko 200 metara.

U dosadašnjim istraživanjima, kao i u javnim saopštenjima vezanim za ovaj problem, do sada nije razmatrano vještačko prihranjivanje koje se odvija preko primarne vodovodne mreže, koja je u proteklom vremenu, uslijed deformacija terena ispucala, te bilježi stalne gubitke (između 30-50%). Autori ovog rada procjenjuju da je sadašnje prihranjivanje pukotinsko-karstne izdani na ovakav način, veće nego prirodno, ali to nije predmet ovih opservacija.

SLIJEGANJE TERENA U PODRUČJU EKSPLOATCIJE SOLI

Početak izluživanja kamene soli u Tuzli prirodnim putem, prvo je započeo u sjevernom i sjeveroistočnom obodnom dijelu ležišta. Ovo izluživanje vezano je za način prihranjivanja podzemne vode u ležištu, koje se u neporemećenim prirodnim uslovima, odvijalo

infiltracijom površinskih voda preko pločastih krečnjaka u sjeveroistočnom i filtracijom podzemnih voda kroz laporovite breče sa sjeverozapadnog dijela ležišta.

Proces izluženja sonih stijena u funkciji vremena odvija se u dva perioda:

- period prirodnog izluživanja soli iz sonih serija, nastao za vrijeme tzv."prirodne eksploatacije" i
- period vještačkog izluživanja soli iz sonih serija.

Period vještačkog izluživanja soli se može podijeliti u dvije faze, i to:

- faza eksploatacije slanice do kraja XIX vijeka, odnosno u doba vladavine Turskog carstva pomoću kopanih bunara i
- faza industrijske eksploatacije primjenom metode nekontrolirane eksploatacije slanice, koja počinje krajem XIX vijeka, izradom velikog broja kopanih bunara.

Izluženje serija soli u vrijeme tzv. "prirodne eksploatacije", odvijalo se veoma sporo, te dosta ravnomjerno, s obzirom na količinu eksploatisane soli koja je bila znatno manja u odnosu na naredni period eksploatacije.

Prelazak od tzv. "prirodne eksploatacije" na industrijsku, bio je postepen, ako se posmatra u relacijama ljudskog vijeka, dok je u geološkom vremenu predstavljao nagli skok. Povećavanjem brzina kretanja podzemnih voda unutar sonih stijena, ubrzava se proces izluživanja, koji je intenziviran na jugoistočnom obodnom dijelu ležišta, gdje je došlo do pada piezometarskog nivoa i do prihranjivanja ležišta podzemnim vodama iz aluviona Jale i Soline.

Eksploatacijom slanice pomoću dubokih bunara, počinje se zahvatati direktno voda iz izluženih zona. Pri tome se gubi mogućnost ravnomjernog izluživanja sonih serija, pa se počinju stvarati lokalna izluženja.

Na području istočnog revira Hukalo-Trnovac, proizvodnja slanice se ostvaruje metodom nekontroliranog izluživanja slojeva soli, akumulacijom podzemne vode koja se nalazi u krovini ležišta soli. Nekontrolirano izluživanje soli podrazumijeva da ne postoje zaštitni stubovi između bunara, te se radi toga, radijusi uticaja bunara međusobno preklapaju i spajaju. Ovakvim načinom proizvodnje slanice, stvoreni su podzemni prostori, uslijed čega dolazi do slijeganja terena. Veliki broj bunara morao je prestati sa radom, uslijed pada piezometarskog nivoa, tako da se moralo pristupiti vještačkom prihranjivanju izdani putem dolijevanja industrijske vode u bunare na eksploatacionom polju revira Hukalo-Trnovac.

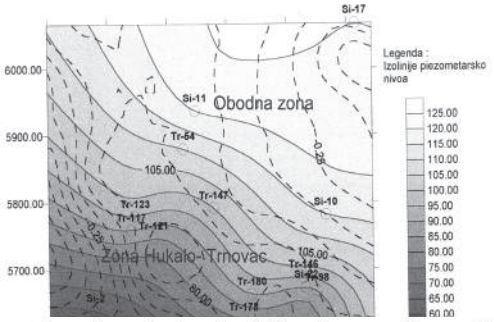
Primjenom eksploatacije slanice, zahvatane su znatno veće količine podzemnih voda, tj. ubrzan je proces izluženja sonih stijena, posebno u zonama najintenzivnije eksploatacije slanice.

Za vrijeme nekontrolirane eksploatacije, najintenzivnije se izlužuju I i II serija soli. Pri tome I serija soli po slojevitosti i moćnosti, a II serija soli po moćnosti. Ostale serije soli se izlužuju ravnomjerno, jer se one nalaze po obodnom dijelu ležišta. Eksploatacijom slanice na Hukalu, najintenzivnije je izluživana IIIB serija soli.

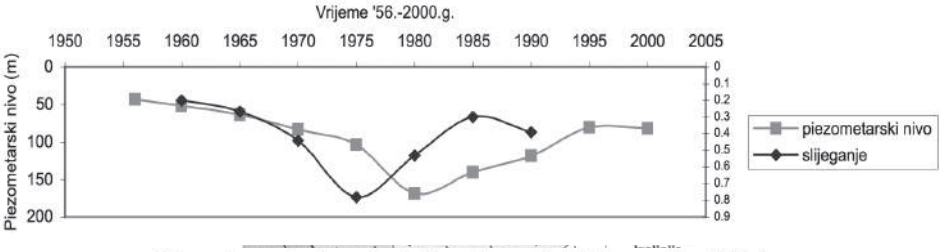
Veoma važan zaključak koji se može izvući iz rezultata sistematskog praćenja slijeganja terena, vezan je za činjenicu da površina zone slijeganja znatno premašuje površinu koju zahvata sono tijelo. Ovo se objašnjava činjenicom da su konture sonog tijela uslovno usvojene, odnosno, da i izvan usvojenih granica soli postoje proslojci koji su podložni izluživanju, ili su već izluženi, kao i pojavom sniženja piezometarskog nivoa podzemne vode u pukotinsko-karstnoj izdani i poroznoj sredini koja okružuje ovu izdan.

Još jedna činjenica značajna za proces slijeganja terena je ta da proces slijeganja površine

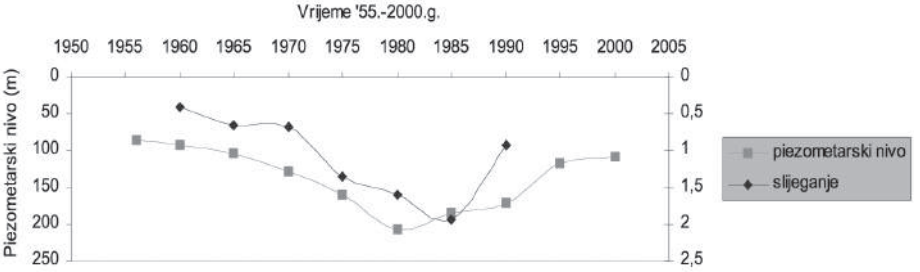
terena generalno prati proces izluživanja soli. Međutim, ako se ovi procesi (slijeganje i izluživanje), posmatraju u jednom relativno kraćem vremenskom intervalu, može se dobiti pogrešna predstava o kvantitativnom odnosu zapremine slijeganja površine terena i zapremine izluženog prostora. Tek analiziranje za duži period (npr. 1950.-1990. godine), može potvrditi navedeni zaključak, s tim da je proces slijeganja terena rezultat geotehničkih i hidrodinamičkih karakteristika stijenskog masiva. Generalno, proces izluživanja soli sa opadanjem piezometarskog nivoa u izdani, prati slijeganje koje ga slijedi, u zavisnosti od vremena (slike 2,3,4)



Dijagram odnosa piezometarskog nivoa i slijeganja zone grada po profilu HG- 4



Odnos piezometarskog nivoa i slijeganja zone Hukalo-Trnovac (profil HG-4)



Odnos piezometarskog nivoa i slijeganja obodne zone po profilu HG- 4

Slika 4.: Dijagrami odnosa piezometarskog nivoa i slijeganja za tri zone (profil 4-4)

Kada se govori o slijeganju uslijed nekontroliranog izluživanja slojeva soli, mogu se izdvojiti dvije oblasti:

- slijeganje iznad sonih serija pod uticajem izluživanja soli (deficit masa) i obaranja nivoa podzemnih voda i
- slijeganje izvan sonih tijela uslijed obaranja nivoa podzemnih voda.

U prvoj oblasti, slijeganje je intenzivnije i neravnomjernije, a u drugoj je ravnomjernije.

Iz navedenog se može zaključiti da je proces slijeganja direktna posljedica dosadašnjeg načina eksploatacije, a da su oblik, veličina, dubina zalijeganja, struktura ležišta i pratećih naslaga, te hidrologija i hidrogeologija, te intenzitet eksploatacije, uslovi da se proces slijeganja i dalje nastavlja.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu brojnih i dugogodišnjih analiza, kako hidrogeoloških, geodetskih, inženjerskogeoloških, strukturnih, geomehaničkih, hemijskih i drugih, utvrđeno je da sa opadanjem nivoa podzemne vode, odnosno, piezometarskog nivoa, progresivno dolazi do slijeganja, odnosno na pojedinim dijelovima i do izdizanja terena. Podizanje nivoa podzemne vode poslije prestanka crpljenja slanice, odvijat će se različitom brzinom. U prvom periodu nivo podzemne vode će se podizati dosta brzo, na što ukazuju podaci mjerenja nivoa podzemne vode na piezometrima. Ukupno podizanje nivoa podzemne vode će biti toliko da će se postepeno približavati stanju prije početka eksploatacije. Nakon prestanka eksploatacije soli doći će do lokalnog zarušavanja u zonama najintenzivnije cirkulacije podzemne vode, uz otapanje rubnih dijelova ležišta, do postizanja zasićenja slane vode.

Pošto geodetska mjerenja i analize rezultata oscilacija nivoa podzemnih voda, ukazuju da proces slijeganja još traje i nastavit će se sve dok se ne dostigne konsolidacija stijenskih masa i zapunjavanje praznih prostora, pri čemu će se piezometarski nivo približiti stanju prije eksploatacije, neophodno je da se istraživanja i analize dovedu u neposrednu vezu sa urbanističkim planom kojim će se definirati uslovi gradnje na terenu zahvaćenom slijeganjem. U periodu rasta piezometarskog nivoa u pukotinsko-karstnoj izdani, djelimično će doći do konsolidiranja i zapunjavanja izluženih zona.

LITERATURA

1. *Đurić, N.,Žigić,I.,* Savremeni inženjerskogeološki procesi i pojave nastale u periodu nekontrolisane eksploatacije slanice na ležištu kamene soli u Tuzli.Zbornik radova RGGF u Tuzli. Tuzla, 1986.
2. *Pašić-Škripi,D.*,Geodinamički uslovi u masivu strukturno-kompleksne sone formacije kod dizanja nivoa izdani, Doktorski rad, Tuzla, 2002.
3. *Pašić-Škripić,D.,Žigić,I.,*Promjene piezometarskog nivoa podzemne vode u tuzlanskom sonom ležištu. Zbornik RGGF XXV(83-91), Tuzla, 2003.
4. *Pašić-Škripić,D.Žigić,I.,*Odnos između promjene piezometarskog nivoa i količine eksploatirane slanice tuzlanskog sonog ležišta, Zbornik RGGF XXVII(13-18), 2004.
5. *Pašić-Škripić,D. Žigić,I.,*Prognoze ponašanja strukturno-kompleksne sone formacije kod dizanja nivoa izdani.Geološki glasnik br.36 (265-274), Sarajevo, 2006.
6. *Stević,M.,*Prestanak nekontrolisane eksploatacije slane vode i imobilizacija Rudnika soli “Tušanj”

na tuzlanskom sonom ležištu. Projekat, Tuzla, 1995.

7. *Vrabac, S.,* " Šlir" tuzlanskog basena. Zbornik radova RGF,19.Tuzla, 1991.

8. *Žigić, I.,* Hidrogeološka istraživanja. Univerzitet u Tuzli, 2004.

AUTORI:

Dr.sc.Dinka PAŠIĆ-ŠKRIPIĆ,
docent, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet,Tuzla
Dr.sc.Izet ŽIGIĆ,
vanredni profesor RGGF, Tuzla
Univerzitetska br.2, 035/32 05 62, dinka.pasic@untz.ba, izet.zigic@untz.ba

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.13.

PRAĆENJE BIOKEMIJSKIH PARAMETARA U VODAMA PLITVIČKIH JEZERA U 2006. GODINI

Natalija Pavlus, Andrijana Brozinčević, Maja Stojanovska

SAŽETAK: Biodinamički proces osedravanja ovisan je o fizikalno-kemijskim svojstavima vode, ekološkim obilježjima sedrotvornih zajednica i drugim čimbenicima. Zbog osedravanja su Plitvička jezera odavno bila atraktivni bjjekt za istraživače. Od početa 2006. godine, praćeni su fizikalno-kemijski (pH, temperatura, koncentracija otopljenog kisika, zasićenje kisikom, električna vodljivost, alkalinitet, ukupna tvrdoća i utrošak $KMnO_4$) i bakteriološki parametri (broj ukupnih koliforma UK/l, broj fekalnih koliforma FK/l i broj aerobnih bakterija BK/ml), te hranjive tvari (NO_3^-, NO_2^-, PO_4^{3-}, i NH_4^+). Dobiveni rezultati fizikalno-kemijskih parametara, režima kisika, te koncentracije hranjivih tvari pokazali su da su vode Plitvičkih jezera I do II vrste. Odstupanja u kvaliteti voda uočena su posebno u broju UK/l, prema kojima donji dio toka Bijele rijeke i Matice, u ljetnom periodu prelaze u III vrstu, kao posljedica antropogenih aktivnosti.

KLJUČNE RIJEČI: Nacionalni park Plitvička jezera; kvaliteta vode; monitoring; osedravanje; ekološki čimbenici

BIOCHEMICAL WATER QUALITY aMONITORING IN THE PLITVICE LAKES DURING 2006.

SUMMARY: The biodynamic process of travertine-building depends on many factors, from the physico-chemical properties of the water to the biological and ecological characteristics of the travertine-building biotope. Because of this phenomenon the Plitvice Lakes have always been of a great interest to scientists. Parameters for continuous monitoring of the aquatorium which began in 2006, were proposed concerning results of the last research. Standard methods were applied in monitoring of physico-chemical (pH, temperature, dissolved oxygen concentration, oxygen saturation, conductivity, alkalinity, total hardness, and $KMnO_4$ consumption) and bacteriological parameters (total number of coliform bacteria TC/l, number of fecal coliforms FC/l and number of aerobic bacteria CFU/ml) and nutrients (NO_3^-, NO_2^-, PO_4^{3-}, NH_4^+). Results of measured physico-chemical parameters, oxygen regime and nutrient concentration show that the water quality in Plitvice Lakes is in the categories I and II. Deviations in water quality were observed in the number of TC/l downstream of the rivers Bijela Rijeka and Matica, classifying them in the III category during summer, due to the anthropogenic activities.

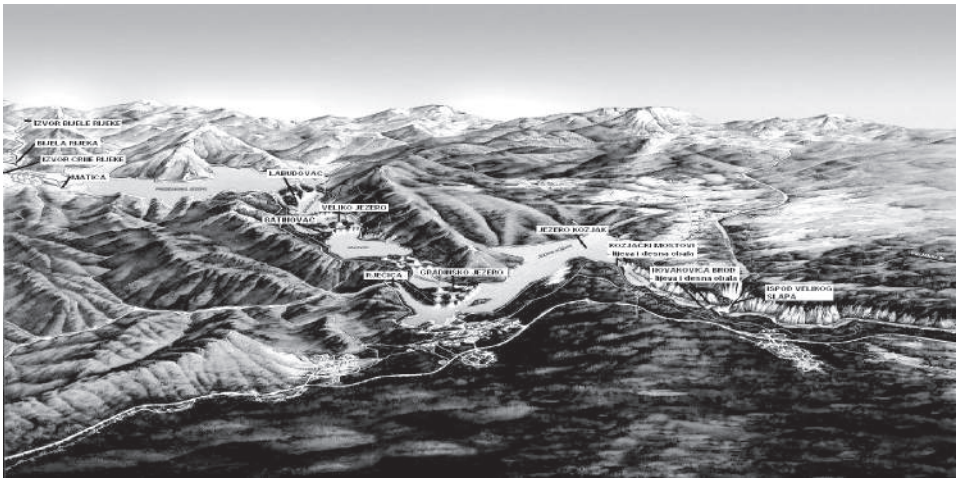
KEYWORDS: National park Plitvice Lakes; water quality; monitoring; travertine-building; ecological factors

UVOD

Kompleksnost i osjetljivost ekosustava Plitvičkih jezera najbolje se očituje u složenosti procesa osedravanja, koji osigurava opstojnost cjelokupnog akvatorija. Ovaj biodinamički proces ovisan je o mnogobrojnim ekološkim čimbenicima, počevši od fizikalno-kemijskih svojstava vode do biocenotičkih i ekoloških obilježja sedrotvornih biotopa (10). Aktivnost, pa u nekim okolnostima i održivost samog procesa, značajno je ugrožena pojavom antropogene eutrofikacije (11). Na proces antropogene eutrofikacije akvatorija Plitvičkih jezera znanstvenici su upozoravali još 80-tih godina prošlog stoljeća. Posljedica je, uz promjene kvalitete voda, bila i ubrzano zarastanje obala vodotoka i barijera makrovegetacijom, što je ukazivalo na potrebu stalnog praćenja stanja akvatorija (2, 3).

Tijekom 2002. godine otpočeo je rad na podprojektu „Istraživanje stope osedravanja i brzine travertinizacije sedrenih barijera na području NP Plitvička jezera“ s ciljem utvrđivanja stanja sedrotvornih biotopa, te stupnja eutrofikacije i stanja trofije na sedrenim barijerama, nakon Domovinskog rata. Po završetku podprojekta 2005. godine, utvrđeno je da proces travertinizacije nije usporen uslijed antropogenih utjecaja, te da vode Plitvičkih jezera pripadaju I-II vrsti, prema važećim zakonskim propisima (4). Temeljem dobivenih rezultata predloženi su parametri za daljnje praćenje stanja akvatorija, koje je otpočelo početkom 2006. godine. Monitoring je obuhvatio ekološke čimbenike koji utječu na odvijanje procesa osedravanja, eutrofikacije, te sanitarne ispravnosti voda, koji su, osim završnim izvješćem navedenog podprojekta, propisani i Uredbom o klasifikaciji voda (9).

Lokacije na kojima je obavljano uzorkovanje obuhvaćaju izvore glavnih pritoka koje napajaju vodom Plitvička jezera (izvor Bijele rijeke, izvor Crne rijeke), ušća pritoka u jezera (Bijela rijeka, Matica, potok Rječica, ispod Velikog slapa), lotičke biotope na sedrenim barijerama (Labudovac, Batinovac, Kozjački mostovi-lijeva obala, Kozjački mostovi-desna obala, Novakovića brod-lijeva obala, Novakovića brod-desna obala) i sama jezera (Veliko jezero, Gradinsko jezero, jezero Kozjak) (Slika 1).



Slika 1.: Lokaliteti na kojima je provođeno uzorkovanje

MATERIJALI I METODE

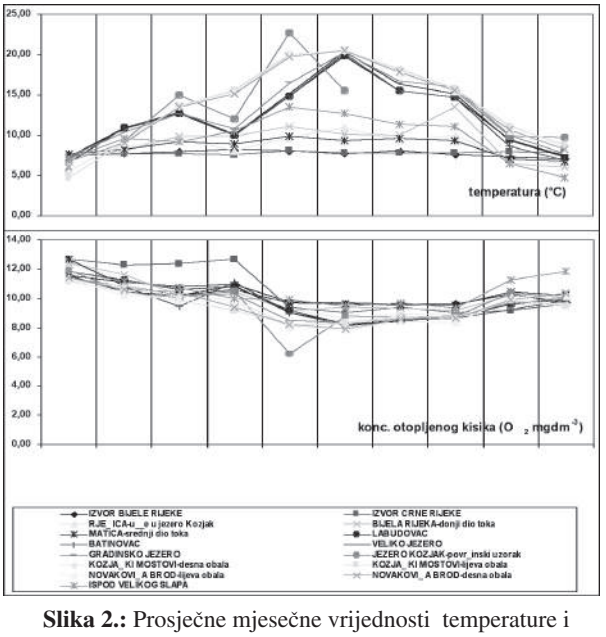
Na odabranim lokalitetima, više puta mjesečno tijekom svih godišnjih doba, obavljana su terenska mjerenja pH, temperature, koncentracije otopljenog kisika, zasićenja kisikom i električne vodljivosti pomoću terenskog digitalnog multimetra (WTW Multi 340i).

Fizikalno-kemijski čimbenici određivani su standardnim analitičkim metodama u kratkom vremenskom periodu nakon uzorkovanja. Koncentracija otopljenog kisika određena je jodometrijskom metodom (7), utrošak $KMnO_4$ volumetrijski (8), ukupna tvrdoća i alkalinitet titracijom kiselinom (1), nitrati spektrometrijski s kloridnom kiselinom (1), orto-fosfati spektrometrijski s amonijevim molibdatom (1), nitriti spektrometrijski s naftilaminom (12), te amonijak spektrometrijski salicilatnom metodom (5).

Uzorci za određivanja bakterioloških parametara uzimani su u sterilne boce, te su sve analize provedene unutar 6 sati. Broj ukupnih koliformnih bakterija (UK/l), te fekalnih koliformnih bakterija (FK/l) određivan je brojanjem kolonija izraslih na selektivnim hranjivim podlogama nakon membranske filtracije i inkubacije 24 h na 37°C, odnosno 44,5°C. Broj aerobnih bakterija (BK/ml) određivan je brojanjem kolonija izraslih na hranjivoj podlozi, nakon nacjepljivanja uzorka i inkubacije 72 h na 22 °C (1, 6).

REZULTATI

Na izvorištima i vodotocima glavnih pritoka (izvori Crne i Bijele rijeke, rijeka Matica, te potok Rječica) prosječne mjesečne vrijednosti temperature bile su niže tijekom proljeća, jeseni i zime (6,15°C-9,85°C), dok najviša prosječna temperatura u ljetnom periodu nije prelazila 11°C. Na jezerima i lotičkim biotopima na barijerama jasno se očituje porast prosječnih temperatura od minimalnih zimskih (4,75°C) do maksimalnih ljetnih (22,7°C) (Slika 2.).

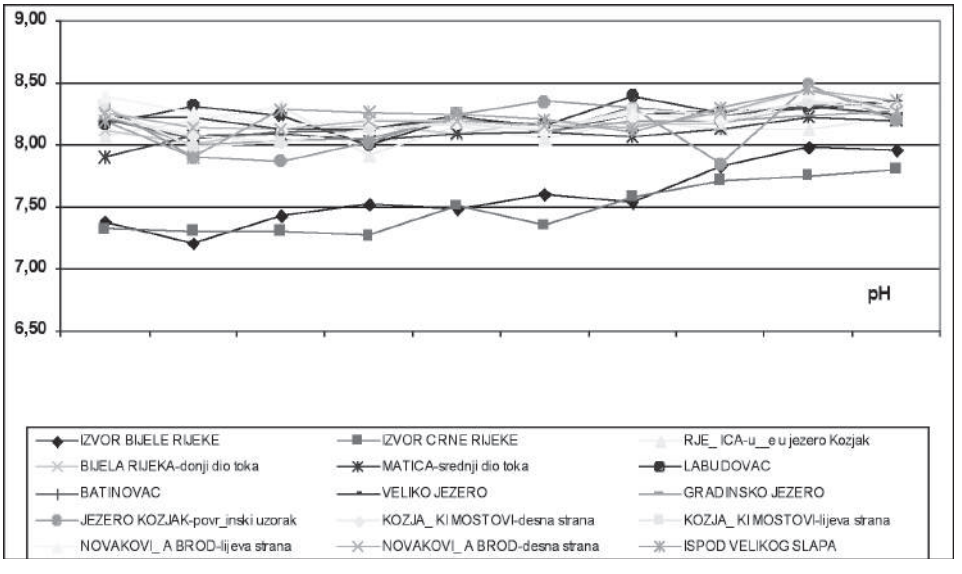


Slika 2.: Prosječne mjesečne vrijednosti temperature i koncentracije otopljenog kisika na ispitivanim lokalitetima

Niže prosječne vrijednosti koncentracije otopljenog kisika zabilježene su na svim lokalitetima u ljetnom periodu godine (najniže vrijednosti 6,23-7,87 $mgdm^{-3}$ O_2 u lipnju i kolovozu), kad su vrijednosti izmjerene temperature bile najviše. S padom temperature prema jeseni i zimi, te u rano proljeće koncentracija otopljenog kisika je rasla (najviša zabilježena vrijednost 12,72 $mgdm^{-3}$ O_2 u ožujku). Vrijednosti koncentracije kisika na izvorima Bijele i Crne rijeke tijekom svih godišnjih doba nisu padale ispod 9 $mgdm^{-3}$ (Slika 2.).

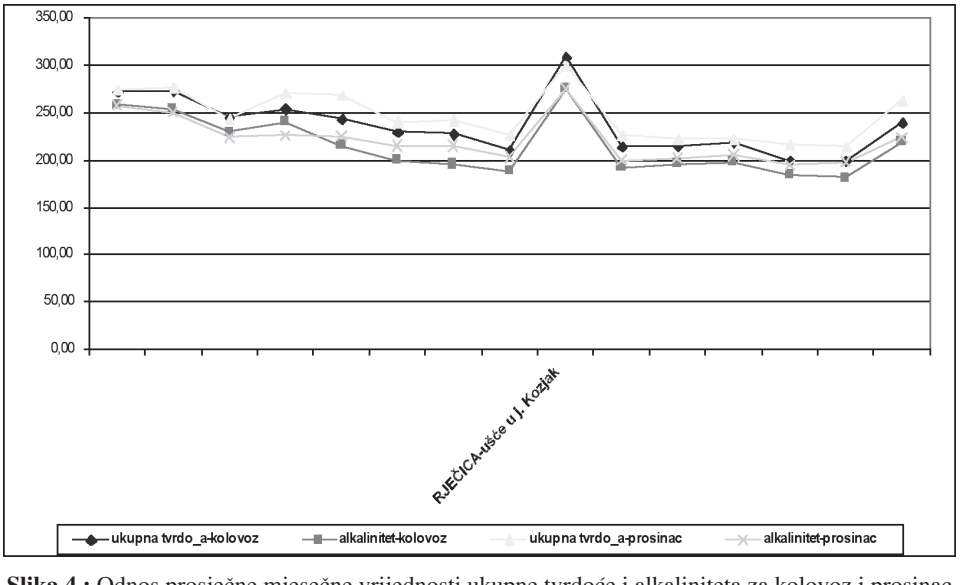
Mjerene vrijednosti pH na ispitivanim lokalitetima akvatorija najčešće su bile iznad 8,00. Na izvorima Crne i Bijele rijeke

zamijećene su veće promjene vrijednosti pH tijekom godine (od 7,27 do 7,97), no ipak nisu nikada prelazile 8,00. (Slika 3.).



Slika 3.: Prosječne mjesečne vrijednosti pH na ispitivanim lokalitetima

Na uzdužnom profilu od izvorišta prema donjim jezerima uočeno je neznatno opadanje prosječnih mjesečnih vrijednosti alkaliniteta i ukupne tvrdoće, no veće promjene prilikom usporedbe kolovoza i prosinca nisu uočene (Slika 4.). Potok Rječica znatno odstupa od ostalih lokaliteta jer zabilježene vrijednosti ukupne tvrdoće nisu bile ispod 300 mgdm^{-3} $CaCO_3$, a vrijednosti alkaliniteta ispod 270 mgdm^{-3}.



Slika 4.: Odnos prosječne mjesečne vrijednosti ukupne tvrdoće i alkaliniteta za kolovoz i prosinac

Tablica 1.: Prosječne vrijednosti koncentracije mineralnih soli od ožujka do prosinca na ispitivanim lokalitetima

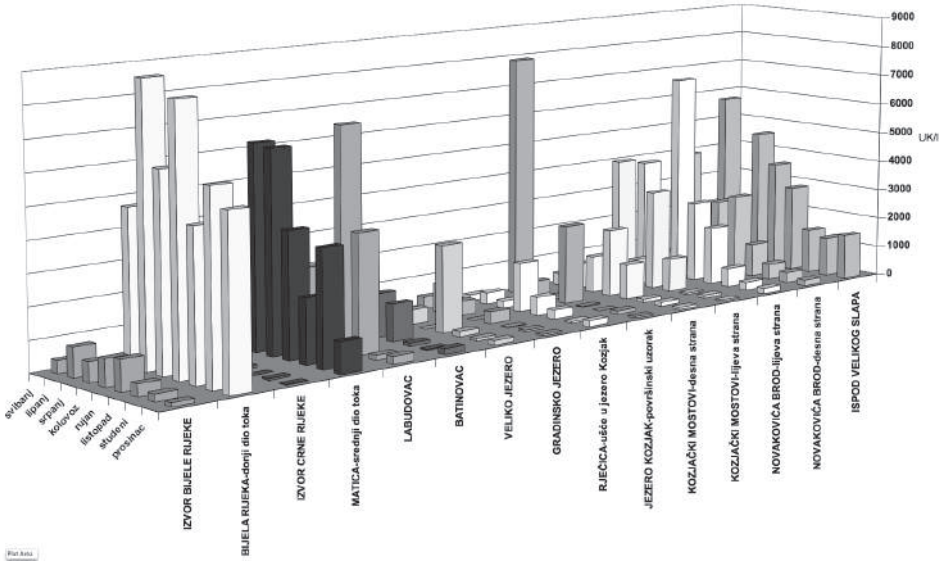
LOKALITET	OŽUJAK - SVIBANJ			LIPANJ - KOLOVOZ				RUJAN - STUDENI				PROSINAC			
	amonijak (mgdm-3N)	nitriti (mgdm-3N)	o-fosfati (mgdm-3P)	amonijak (mgdm-3N)	nitriti (mgdm-3N)	nitrati (mgdm-3N)	o-fosfati (mgdm-3P)	amonijak (mgdm-3N)	nitriti (mgdm-3N)	nitrati (mgdm-3N)	o-fosfati (mgdm-3P)	amonijak (mgdm-3N)	nitriti (mgdm-3N)	nitrati (mgdm-3N)	o-fosfati (mgdm-3P)
IZVOR BIJELE RIJEKE	0.010	0.003	0.079	0.020	0.003	1.201	0.033	0.016	<0,001	1.225	<0,01	<0,01	<0,001	1.225	<0,01
BIJELA RIJEKA - donji dio toka	0.050	0.003	0.107	<0,01	0.003	1.002	0.046	0.015	0.002	1.031	<0,01	<0,01	<0,001	1.045	<0,01
IZVOR CRNE RIJEKE	0.010	0.003	0.102	<0,01	0.003	0.731	0.024	0.024	<0,001	0.735	<0,01	<0,01	<0,001	0.826	<0,01
MATICA - srednji dio toka	0.030	0.003	0.074	<0,01	0.002	0.832	0.026	0.015	0.001	0.807	0.087	<0,01	<0,001	1.015	<0,01
LABUDOVAC	0.010	0.005	0.135	0.013	0.003	0.664	0.070	0.031	0.003	0.547	<0,01	0.041	0.002	0.591	<0,01
BATINOVAC	<0,01	0.004	0.045	0.017	0.003	0.648	0.053	0.018	0.003	0.522	0.023	<0,01	0.001	0.625	<0,01
VELIKO JEZERO	<0,01	0.004	0.105	<0,01	0.002	0.656	0.028	0.013	0.002	0.515	<0,01	<0,01	<0,001	0.617	<0,01
GRADINSKO JEZERO	<0,01	0.004	0.073	0.100	0.002	0.626	0.014	0.012	0.001	0.471	<0,01	<0,01	<0,001	0.621	<0,01
RJEČICA - ušće u jezero Kozjak	0.010	0.003	0.061	<0,01	0.003	0.860	0.030	0.013	0.001	0.819	<0,01	<0,01	<0,001	0.916	<0,01
JEZERO KOZJAK - površinski uzorak	0.015	0.003	0.016	0.021	0.004	0.625	0.030	<0,01	0.003	0.888	<0,01	<0,01	0.005	0.523	<0,01
KOZJAČKI MOSTOVI - desna obala	0.010	0.004	0.081	0.012	0.004	0.656	0.010	0.015	0.003	0.481	<0,01	<0,01	0.002	0.505	<0,01
KOZJAČKI MOSTOVI - lijeva obala	0.010	0.004	0.056	0.022	0.004	0.671	<0,01	0.016	0.004	0.470	<0,01	<0,01	0.002	0.488	<0,01
NOVAKOVIĆA BROD - lijeva obala	0.015	0.004	0.065	<0,01	0.003	0.649	0.013	0.016	0.002	0.471	<0,01	<0,01	0.002	0.496	<0,01
NOVAKOVIĆA BROD - desna obala	0.010	0.004	0.058	<0,01	0.004	0.663	<0,01	0.027	0.003	0.484	<0,01	<0,01	0.001	0.539	0.013
ISPOD VELIKOG SLAPA	0.010	0.004	0.097	<0,01	0.002	1.171	0.018	0.041	0.002	1.192	<0,01	<0,01	<0,001	1.255	<0,01

Vrijednosti dobivene praćenjem promjene utroška $KMnO_4$ na svim lokalitetima nisu prelazile 2,00 $mgdm^{-3}$ O_2 (rujan, Novakovića Brod), te je zamijećen postupni pad prema zimskom periodu (0,58 $mgdm^{-3}$ O_2 u prosincu, Gradinsko jezero).

Na uzdužnom profilu akvatorija zabilježen je pad prosječnih mjesečnih vrijednosti električne vodljivosti. U vodama glavnih pritoka i njihovim izvorištima vrijednosti električne vodljivosti bile su u rasponu od 400 do 475 μScm^{-1}, dok su na lotičkim biotopima na barijerama i jezerima bile od 350 do 410 μScm^{-1}. Električna vodljivost mjerena u potoku Rječica znatno odstupa od ostalih pritoka kroz sva godišnja doba (od 480 do 503 μScm^{-1}).

Na ispitivanim lokacijama sezonske promjene orto-fosfata obilježavaju deficitarne vrijednosti u jesenskom i zimskom periodu (<0,01 $mgdm^{-3}$ P), dok se u ljetnom i proljetnom razdoblju koncentracije kreću u rasponu od 0,01 do 0,135 $mgdm^{-3}$ P. Analizirajući dobivene rezultate nitrata utvrđene su nešto veće koncentracije u vodama izvorišta i glavnih vodotoka (0,731 $mgdm^{-3}$ N do 1,255 $mgdm^{-3}$ N) u odnosu na jezera i lotičke biotope na barijerama (0,470 $mgdm^{-3}$ N do 0,888 $mgdm^{-3}$ N). Koncentracije amonijaka i nitrita na većini lokaliteta za razdoblje od ožujka do prosinca bile su vrlo niske.

Vrijednost broja kolonija saprofitskih, psihrofilnih bakterija bila je $<10^3$ BK/ml, izuzev u ljetnom i jesenskom periodu kada su pojedini lokaliteti (Bijela rijeka-donji dio toka, Matica-srednji dio toka i Veliki slap) imali vrijednosti u rasponu od 10^3 do 10^4 BK/ml. Vrijednosti broja ukupnih koliformnih bakterija na većini lokaliteta bile su između $5x10^2$ i $5x10^3$ UK/l, osim u zimskom periodu kada dolazi do značajnog smanjenja broja bakterija ($<5x10^2$ UK/l). Odstupanja u kvaliteti voda uočena su na donjem dijelu toka Bijele rijeke i Matice, koji u ljetnom periodu imaju više od $5x10^3$ UK/l (Slika 5.).



Slika 5.: Prosječne mjesečne vrijednosti broja ukupnih koliformnih bakterija/l po lokalitetima

ZAKLJUČAK

Dobiveni rezultati fizikalno-kemijskih parametara, režima kisika, te koncentracija hranjivih tvari, nakon usporedbe s rezultatima istraživanja iz perioda od 2002.-2004. godine, pokazuju da su vode Plitvičkih jezera I do II vrste. Zaključci o aktivnosti i brzini procesa mogli bi se donijeti nakon analize biotičkih čimbenika.

Iako su rezultati iz 2004. godine pokazali značajno poboljšanje sanitarne kvalitete vode, odnosno bakterioloških parametara u odnosu na razdoblje 80-ih godina, rezultati ovoga praćenja ukazuju na blagi pad sanitarne ispravnosti voda u odnosu na 2004. g.. Dobivene vrijednosti broja saprofitskih bakterija po mililitru kao i broja ukupnih koliformnih bakterija po litri ukazuju na pripadnost većine praćenih lokaliteta II vrsti voda (ljetni i jesenski period), dok u zimskim mjesecima dolazi do opadanja broja bakterijskih indikatora i prelaska u I vrstu. Povišene vrijednosti broja koliformnih bakterija u ljetnom periodu, prema kojima se jedan dio pritoka Plitvičkih jezera svrstava u III vrstu, posljedica su antropogenog utjecaja.

Da bi se utvrdio cjelokupni utjecaj antropogenog onečišćenja na kvalitetu vode akvatorija Plitvičkih jezera, predviđamo prosiriti postojeća bakteriološka ispitivanja na perifiton i sediment.

LITERATURA

1. APHA, AWWA, WEF (2005): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, 21th Edition, Washington, DC.
2. Habdija, I., Stilinović, B. (1986): Projekt: Ekološka istraživanja na trajnim plohama u akvatičkom dijelu ekosistema Nacionalnog parka Plitvička jezera. Elaborat 1985., Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
3. Habdija, I., Stilinović, B. (1987): Projekt: Ekološka istraživanja na trajnim plohama u akvatičkom dijelu ekosistema Nacionalnog parka Plitvička jezera. Studija 1986., Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
4. Habdija, I., Stilinović, B. (2005): Podprojekt: Istraživanje stope osedravanja i brzine travertinizacije sedrenih barijera na području NP Plitvička jezera. Završno izvješće, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
5. HRN ISO 7150-1:1998 Kakvoća vode - Određivanje amonija - 1. dio: Spektrometrijska metoda (ISO 7150-1:1984).
6. HRN ISO 8199:1999 Kakvoća vode - Opće upute za brojenje uzgojenih mikroorganizama (ISO 8199:1988).
7. HRN EN 25813:2003 Kakvoća vode - Određivanje otopljenog kisika - Jodometrijska metoda (ISO 5813:1983; EN 25813:1992).
8. HRN EN ISO 8467:2001 Kakvoća vode - Određivanje permanganatnog indeksa (ISO 8467:1993; EN ISO 8467:1995.)
9. Narodne novine (1998): Uredba o klasifikaciji voda. 77/98.
10. Pevalek, I. (1938): Biodinamika Plitvičkih jezera i njezina zaštita. Zaštita prirode, Zagreb.
11. Srdoč, D., Horvatinčić, N., Obelić, B., Krajcar, I., Slipčević, A. (1985): Procesi taloženja kalcita u krškim vodama s posebnim osvrtom na Plitvička jezera. Krš Jugoslavije, **11**/4-6, 101-204.
12. Voda za piće (1990): Standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnost, Privredni pregled, Beograd.

AUTORI:

Dr.sc. Natalija Pavlus*
Andrijana Brozinčević dipl.ing.*
Maja Stojanovska dipl.ing.*

* Znanstveno stručni centar „Ivo Pevalek“, JU Nacionalni park Plitvička jezera, 53231 Plitvička Jezera, Hrvatska; tel: +385 53 751490, fax: +385 53 751728,
e-mail: *andrijana.brozincevic@np-plitvicka-jezera.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.14.

CRPILIŠTE REGIONALNOG VODOVODA ISTOČNE SLAVONIJE - REZULTATI TRIDESETOGODIŠNIH ISTRAŽIVANJA

Želimir Pekaš, Željka Brkić

SAŽETAK: Regionalna hidrogeološka istraživanja na području Istočne Slavonije započeta su sredinom 70-ih godina prošlog stoljeća s ciljem definiranja hidrogeoloških odnosa na širem prostoru prisavskog dijela istočne Slavonije. Na području između Velike Kopanice, Gudinaca i Kruševice utvrđen je šljunkovito-pjeskoviti vodonosnik dobrih hidrogeoloških značajki. Od tada do danas na tom području provedeni su u tri navrata vodoistražni radovi za definiranje lokacije regionalnog crpilišta istočne Slavonije. U ovom radu su, uz pregled prethodnih istraživanja, prikazani rezultati posljednjih hidrogeoloških istraživanja, te razlozi izbora nove, treće lokacije za izradu prve faze crpilišta regionalnog vodovoda.

KLJUČNE RIJEČI: lokacija crpilišta, kakvoća podzemne vode, koncepcija razvitka crpilišta

WELL FIELD OF THE EAST SLAVONIAN REGIONAL WATER SUPPLAY SYSTEM - RESUALTS OF 30 YEARS OF INVESTIGATIONS

ABSTRACT: Regional hydrogeological investigations in East Slavonia started in the mid-1970's with the aim to define hydrogeological relations in the greater area of the Sava region of East Slavonia. A gravel and sand aquifer with good hydrogeological characteristics was identified between the settlements of Velika Kopanica, Gudinci and Kruševica. Since then, a series of three water investigations have been carried out to determine the location of the future regional East Slavonian wellfield. The paper gives an overview of earlier investigations and presents the results of the most recent hydrogeological investigations, concluding with the reasons why a new, third location was selected for the first well field phase of the regional water supply pipeline.

KEYWORDS: location of well field, groundwater quality, development conception of well field

UVOD

Osnovni preduvjet za stvaranje taložnih bazena unutar Panonskog bazena, kojemu pripada i područje istočne Slavonije, bili su tektonski pokreti kao posljedica ekstenzije Panonskog bazena i navlačenja u području Alpa, Karpata i Dinarida [11]. Tijekom pliocena i kvartara stvaraju se novi strukturni odnosi koji su posljedica orijentacije regionalnog stresa sjever-

jug i izražene kompresije jugozapadnog dijela Panonskog bazena. U ovako nastalim bazenskim prostorima, među kojima je i područje istočne Slavonije, talože se velike količine riječnih, jezerskih, močvarnih i eolskih naslaga kvartarne starosti, koje mjestimice bivaju borane i izdizane tektonskim pokretima. Podrijetlo ovih naslaga na području istočne Slavonije vezano je za donos velikih količina materijala vodenim tokovima s bosanskih planina, što potvrđuje njegov mineraloški i petrografski sastav [10]. Zbog pada energije vodenih tokova, najkrupniji materijal je istaložen uz južni rub Savskog bazena, dok je prema sjeveru zastupljeniji sitniji materijal.

Korito rijeke Save usječeno je u hipsometrijski viši teren od njenog zaobalja. Zbog male debljine krovinskih naslaga, korito Save se nalazi u najplićem vodonosniku zbog čega je ostvarena neposredna komunikacija rijeke i podzemlja, pa Sava pri visokim vodostajima održava visoku piezometarsku razinu koja nadvisuje razinu terena u zaobalju. Na taj su način nastala brojna jezerca i kanali koji formiraju Beravu i u njenom nastavku Bosut. Bosut dalje teče po uglavnom glinovitim naslagama, čime je neposredni kontakt s podzemnom vodom znatno oslabljen. Sjevernije je teren nešto povišen, a zbog velike udaljenosti od rijeke Save utjecaj površinskih tokova na podzemnu vodu je zatomljen.

Podzemna voda akumulirana u gruboklastičnim naslagama zahvaćena je za potrebe vodoopskrbe, te danas na području istočne Slavonije postoji više desetaka vodoopskrbnih sustava, od kojih je samo četiri većih, dok su svi ostali razmjerno manjih izdašnosti. Zbog sve većih potreba za vodom na prostoru istočne dijelu Slavonije, koja se ne može osigurati iz lokalnih crpilišta, već dugi niz godina postoji ideja o izgradnji regionalnog crpilišta.

KONCEPCIJA RAZVITKA REGIONALNOG CRPILIŠTA U RAZDOBLJU OD 1975. DO 2004. GODINE

Regionalna hidrogeološka istraživanja u prisavskom dijelu istočne Slavonije započeta su 70-ih godina prošlog stoljeća. U prvoj fazi izvedeno je 17 strukturno-piezometarskih bušotina, dubine od 50 do 85 m [4] s ciljem definiranja hidrogeoloških odnosa na širem prostoru prisavskog dijela istočne Slavonije. Temeljem dobivenih rezultata utvrđen je vodonosnik koji se prostire između Save i linije Vrpolje-Cerna. Na zapadu je njegovo isklinjavanje potvrđeno bušotinom u Kutima Trnjanskim. Iako su Miletić i dr. (1981) pretpostavili prostiranje ovog sloja istočno od Županje, njegov kontinuitet je na potezu Županja-Gradište-Cerna znatno narušen, najvjerojatnije neotektonskim pokretima. Najbolje hidrogeološke karakteristike naslaga utvrđene su na području između Velike Kopanice, Gudinaca i Kruševice. U litološkom sastavu tog dijela vodonosnika prevladava sitno do krupnozrnasti šljunak s manjim udjelom pijeska. Učestalije litološke promjene utvrđene su na potezu između Babine Grede i Štitara, te dalje na istok, gdje su u vertikalnom profilu česti proslojci prašinastog pijeska i gline.

Do 2004. god. detaljniji istražni radovi provedeni su na dvije lokacije (slika 1). Prva lokacija crpilišta bila je planirana na potezu između V. Kopanice i Babine Grede. Međutim, nakon provedenih istražnih radova daljnji razvitak crpilišta nije uslijedio. Zbog zastoja u izgradnji regionalnog crpilišta i potreba vodoopskrbe vinkovačkog područja, u međuvremenu je izvedeno crpilište u blizini Cerne procijenjene izdašnosti 200 l/s. Početkom 90-ih godina izrađen je projekt višenamjenskog kanala Dunav - Sava čija projektirana trasa prolazi između postojećih pokusno-eksploatacijskih zdenaca na planiranom crpilištu V.Kopanica-B.Greda. Zbog toga je, bez detaljnijih istražnih radova, lokacija crpilišta premještena nešto južnije od postojećih zdenaca, odnosno u blizini križanja ceste Gudinci-Sikirevci i Jasinjskog kanala, kojima je definirana nova lokacija crpilišta [1].

Lokacija Velika Kopanica - Babina Greda

Prva lokacija budućeg regionalnog crpilišta odabrana je na prostoru između Velike Kopanice i Babine Grede kao najpovoljnija za smještaj crpilišta čije su zalihe dostatne za vodoopskrbu cijele regije [7]. Zaključeno je da vodonosnik u cijelosti izgrađuju sitnozrnati do krupnozrnati šljunci, pjeskoviti šljunci i mjestimice slojevi pijeska. Temeljem toga je izvedeno dvanaest strukturno-pijezometarskih bušotina s oznakama SB-1 do SB-5, P-1, 2, 2A, 3, 4, 5 i 6, te dva pokusno-eksploatacijska zdenca B-1 i B-2 [5]. Dubina bušotina je između 6.5 i 97.5 m, a zdenaca 71 m. Zdencima je zahvaćen vodonosnik na dubinskim intervalima 33-51 m i 54-66 m (B-1), te 32.7-46.7 m i 50.7-66.7 m (B-2). Maksimalne crpne količine pri pokusnom crpljenju zdenaca iznosile su 91 i 105 l/s, a ostvarene specifične izdašnosti 40-50 l/s/m (tablica 1). Transmisivnost vodonosnika je također visoka i iznosi oko 0.08 m^2/s.

Tablica 1: Rezultati pokusnih crpljenja zdenaca

Lokacija	Zdenac	Crpna količina Q (L/s)	Sniženje s (m)	Vrijeme crpljenja t (sati)	Specifična izdašnost Q/s (L/s/m)	Transmisivnost vodonosnika T (m^2/s)
V.Kopanica-B.Greda	B-1	91.0	1.82	288	50.0	0.08
	B-2	100.0	2.68	168	37.3	0.08
Gudinci-B.Greda	Z-1	131.0	4.60		28.5	0.06
	Z-2	120.0	8.29	57	14.5	0.06
Sikirevci	ZS-1	100.0	14.95	284	6.7	0.10
	ZS-2	150.0	10.79	38.5	14.0	0.11
	ZS-3	200.0	4.90	72.0	40.8	0.10
	ZS-4	200.0	4.98	96.0	40.2	0.10
	ZS-5	250.0	4.34	94.0	57.6	0.11
	ZS-6	200.0	8.22	98.5	24.3	0.09

Kakvoća podzemne vode na lokaciji V. Kopanica-B.Greda odražava prirodne reduktivne uvjete u vodonosniku. Sadrži povećane koncentracije željeza i mangana (tablica 2). Sadržaj arsena nikada nije ispitivan. Koncentracija nitrata, kao pokazatelja utjecaja poljoprivredne djelatnosti, vrlo je niska.

Matematičkim modeliranjem je utvrđeno da je na prostoru između Velike Kopanice i Babine Grede moguće crpiti 1000 l/s vode pomoću osam zdenaca, odnosno 125 l/s po zdencu uz pretpostavljeni razmještaj zdenaca praktički u liniji zapad-istok s minimalnom udaljenošću od 500 m između dva susjedna zdenca [8]. Uz pretpostavku nestacionarnog toka u neograničenom vodonosnom sloju najveće simulirano sniženje u baraži zdenaca izračunato je u iznosu od oko 11 m nakon 30 godina crpljenja. Slične vrijednosti dobivene su i uz pretpostavku nestacionarnog toka u sloju koji je na sjeveru ograničen nepropusnom granicom (po liniji prirodnog isklinjavanja šljunka), a na jugu granicom stalnog potencijala (rijeka Sava). Najveće sniženje iznosilo je 11.3 m. Uz pretpostavku istih graničnih uvjeta, ali stacionarnog stanja toka najveća sniženja su 3.88 odnosno 3.82 m. Autori napominju da će se obnavljanje podzemnih voda u uvjetima eksploatacije odvijati dotokom iz Save i podređeno infiltracijom padalinskih voda.

Slika 1: Lokacije istražnih radova za potrebe Regionalnog vodovoda istočne Slavonije

Tablica 2: Kakvoća podzemne vode na potencijalnim lokacijama regionalnog crpilišta. Tumač oznaka: * - Na koncu crpljenja sa stalnom količinom uzorci vode uzeti od strane Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo - Zagreb (prva brojka) i Zavoda za javno zdravstvo Županije Osiječko-baranjske (druga brojka).

Lokacija	Zdenac	Željezo Fe (µg/l)	Mangan Mn (µg/l)	Arsen As (µg/l)	Nitrati NO_3^- (mg/l)
MDK (µg/l)		200	50	10	50
V.Kopanica - B.Greda	B-1	500 - 1000	30 - 86	nije ispitivan	0.1 - 3
	B-2	500 - 1000	30 - 76	nije ispitivan	0.0
Gudinci-B.Greda	Z-1	932 - 1164	51 - 167	<4 - 39.6	1 - 1.2
	Z-2	727.33	73.73	30.44	1
Sikirevci	ZS-1*	249.30 (28.66)	28.7 (54.66)	4.2 (3.49)	2.09 (6)
	ZS-2	98.80	84.60	1.00	1.87
	ZS-3*	35.6 (57.0)	5.6 (1.1)	1.3 (3.2)	1.88 (8.0)
	ZS-4	<7	2.4	1.8	2.53
	ZS-5	<7	13.3	1.5	3.76
	ZS-6	30.0	11.6	3.39	1.00

Lokacija Gudinci - Babina Greda

Na drugoj odabranoj lokaciji crpilišta, u blizini križanja ceste Gudinci-Sikirevci i

Jasinjskog kanal (slika 1), izveden je samo jedan pokusno-eksploatacijski zdenac Z-1 dubine 67 m, a vodonosnik je zahvaćen na dubinskim intervalima 29.5-34.5 i 41.5-53.5 m [1]. Prema litološkom profilu vodonosnik je sastavljen od pjeskovitog šljunka, mjestimice ima i samaca. Tijekom osvajanja zdenca, a kasnije i tijekom crpljenja izbacivane su znatne količine pijeska zbog neadekvatne izrade zdenca. Maksimalna crpna količina pri pokusnom crpljenju zdenca iznosila je 131 l/s, a ostvarena specifična izdašnost 28 l/s/m (tablica 1). Transmisivnost vodonosnika je nešto niža nego na prethodnoj lokaciji crpilišta i iznosi oko 0.06 m^2/s.

Eksploatacijske zalihe crpilišta na ovoj lokaciji procijenjene su na 2000 l/s [2]. Matematičkim modelom je izvršena simulacija rada crpilišta iz 16 zdenaca poredanih u nizu s međusobnim razmakom zdenaca od 200 m. Zdenci su locirani zapadno od zdenca Z-1. Sniženje razine vode u takvim uvjetima procjenjeno je na 19 m.

Prirodna kakvoća podzemne vode na lokaciji B.Greda-Gudinci pokazuje povećane koncentracije željeza i mangana (tablica 2), što je odraz reduktivnih uvjeta u vodonosniku. Sadržaj arsena u podzemnoj vodi nije analiziran tijekom pokusnog crpljenja zdenca već naknadno za potrebe dimenzioniranja uređaja za pročišćavanje vode. Tom je prigodom, uz željezo i mangan, ustanovljena i povećana koncentracija arsena u iznosu nešto nižem od 40 µg/l [12]. Pilot postrojenje za preradu vode načinjeno je s ciljem ispitivanja snižavanja koncentracija željeza, mangana i arsena ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) za pitku vodu.

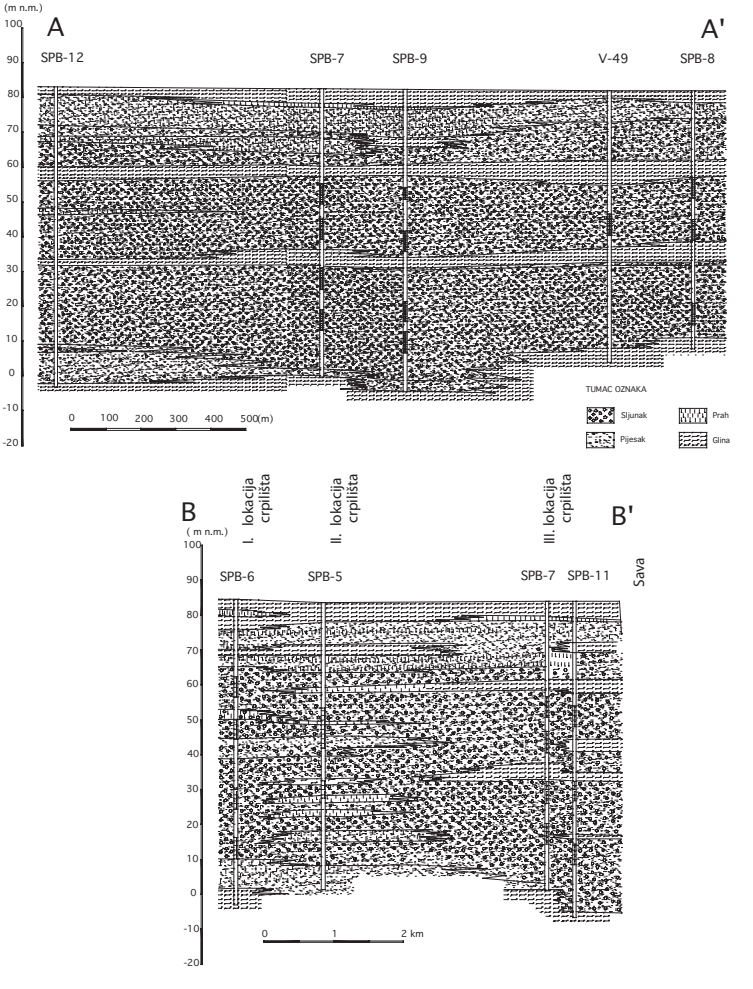
RADOVI NA IZGRADNJI CRPILIŠTA OD 2004. GODINE DO DANAS

Kako i nakon izbora druge lokacije budućeg crpilišta nije došlo do realizacije crpilišta, 2004. godine potaknuta su hidrogeološka istraživanja čiji je osnovni zadatak bio ustanoviti aktualno stanje podzemnih voda u pogledu količine i kakvoće, izraditi podlogu za definiranje zona sanitarne zaštite budućeg crpilišta u skladu s Pravilnikom o zonama sanitarne zaštite izvorišta (NN br. 55/02), te utvrditi mogućnost iznalaženja alternativnih lokacija za regionalno crpilište [6]. Nakon analize prvih rezultata istraživanja posebna pažnja je usmjerena na područje između Sikirevaca i rijeke Save, jer je na temelju uspostavljenog monitoringa kakvoće vode uočeno da podzemna voda sadrži koncentracije željeza, mangana i arsena ispod MDK za pitku vodu. Koncem 2004. god. započinje izvedba istražno-piezometarskih bušotina i pokusno-eksploatacijskih zdenaca na planiranoj lokaciji crpilišta kod Gundinaca, te na novoj lokaciji između Sikirevaca i rijeke Save.

Budući je izgradnja crpilišta bila planirana na lokaciji Gudinci-B.Greda, istražnim radovima je bilo predviđeno pokusno crpljenje zdenca Z-1, te izvedba 5 istražno-piezometarskih bušotina i tri pokusno-eksploatacijska zdenca na toj lokaciji. Uz to, predviđena je i izrada jednog zdenca kod Sikirevaca u blizini „stare“ bušotine V-49 s ciljem detaljnijeg utvrđivanja hidrogeoloških značajki vodonosnog sloja.

Pokusno crpljenje zdenca Z-1 trajalo je 12 sati, tijekom kojeg su u vodi bile prisutne znatne količine pijeska, a voda se do konca crpljenja nije očistila. Zaključeno je da su razlog tome preveliki otvori na filtrima (3 mm) u odnosu na veliki udjel sitne frakcije u sastavu vodonosnika. Tijekom izvedbe bušotina (SPB-1 do SPB-5), zbog različite metodologije bušenja u odnosu na prethodne faze istraživanja, postalo je jasno da se radi o vodonosniku znatno lošijih svojstava nego se to prije smatralo. Vodonosnik je sastavljen od pjeskovitih šljunaka do šljunkovitih pijesaka, s visokim udjelom sitnozrnate komponente i vrlo

čestom izmjenom litološkog sastava naslaga, kako u vertikalnom, tako i u horizontalnom razrezu (slika 2) . Šljunci i pijesci vrlo često su zaglinjeni i vezani. Također je utvrđen i veći broj glinovito-prašinastih međuslojeva. Najbolji litološki sastav naslaga nabušen je na lokaciji bušotine SPB-3, zapadno od postojećeg zdenca Z-1, pored kojeg je izveden pokusno-eksploatacijski zdenac Z-2 dubine 67.6 m. Zdencem je vodonosnik zahvaćen na intervalima 19.73-26.10, 37.73-53.73 i 62.73-64.73 m. Premda je izvedba zdenaca, na temelju prethodnih istraživanja, bila planirana zapadno od postojećeg zdenca Z-1, istražnim bušenjima je utvrđen nepovoljan litološki sastav naslaga, zbog čega se na koncu odustalo s izvedbom planiranih zdenaca.



Slika 2: Litološki profili naslaga na području istočne Slavonije.
B: litološki profil od Save do lokacije V. Kopanica-B.Greda; A: litološki profil na lokaciji Sikirevci

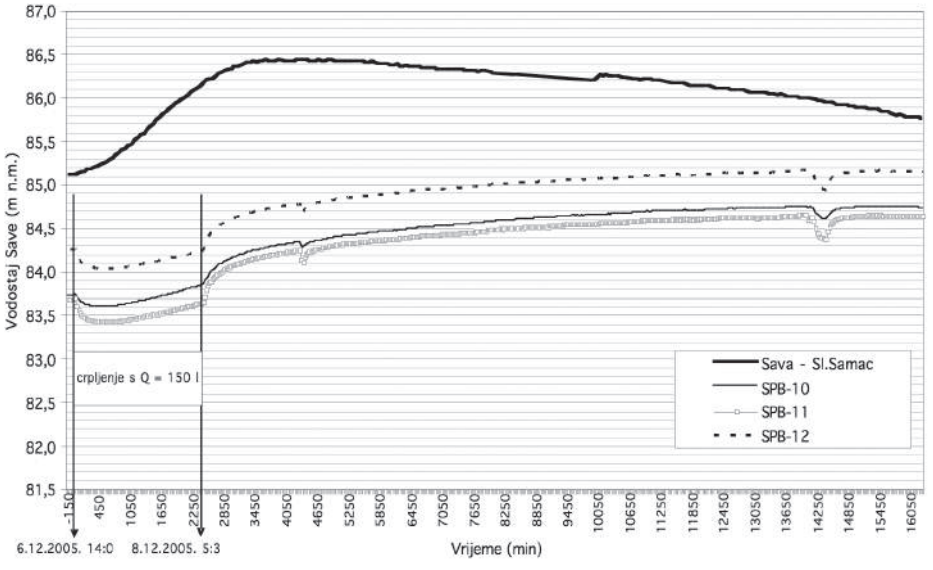
Budući je ovakav litološki sastav naslaga bio neočekivan, jedna istražno-piezometarska

bušotina (SPB-6) je izvedena između postojećih zdenaca B-1 i B-2 na prvotnoj lokaciji crpilišta između V. Kopanice i B. Grede (slika 1).

Osnovni razlog tome bila je provjera litološkog sastava naslaga i korelacija potencijalnih lokacija crpilišta. Utvrđeno je da su litološke značajke naslaga bolje od onih u Gudincima, međutim i ovdje je sadržaj sitnije zrnate komponente razmjerno visok (slika 2). U odnosu na litološki sastav kod Gudinaca, na ovoj lokaciji nisu utvrđeni glinovito-pjeskoviti međuslojevi. Krovina vodonosnika zastupljena je izmjenom slojeva glinovito-pjeskovitog praha, prašinaste gline, gline, zaglinjenog pijeska do dubine 18.9 m. Unutar naslaga zapažaju se ostaci bogate barske mikrofaune. Na intervalu 7.6-8.2 m nabušen je i sloj treseta. Na intervalu od 18.9 m do 81.8 m vodonosne naslage su izgrađene od šljunkovitih pijesaka i pjeskovitih šljunaka, mjestimice zaglinjenih. Na dubini 51.6-51.75 m utvrđen je konglomerat. Ispod 60 metara dominantan je pjeskovito-glinoviti šljunak, a na intervalu 79-81.8 m krupnozrnati pijesak s valuticama šljunka, organskim ostacima i tragovima fosila. Podinu vodonosnika čini glina koja je nabušena na dubini od 81.8 m.

Ovakav litološki sastav naslaga upućivao je na veliku heterogenost vodonosnika istaloženog na području između Velike Kopanice, Babine Grede i rijeke Save, koje je odavno poznato kao najpovoljnije za formiranje regionalnog crpilišta. U skladu s tim je proizašla i činjenica da lokaciju crpilišta treba pažljivo odabrati. Prvotna lokacija crpilišta nije više razmatrana zbog predviđene trase kanala Dunav-Sava. Rezultati ispitivanja u međuvremenu završenog zdenca kod Sikirevaca su potvrdili pretpostavke o iznimno dobrim hidrogeološkim uvjetima i kakvoći podzemne vode na tom području, što je potaknulo nastavak detaljnih istraživanja na toj lokaciji. Do sada je izvedeno ukupno 19 istražno-piezometarskih bušotina i šest pokusno-eksploatacijska zdenca, a u tijeku je izvedba dva posljednja zdenca. Već tijekom izvedbe istražnih bušotina [13] i iz determinacije jezgri nabušenog materijala utvrđen je nepovoljniji litološki sastav istaloženih naslaga od onog prikazanog u okviru opisa „starih“ regionalnih istraživanja. Razlike su izražene kako u vertikalnom tako i u horizontalnom razrezu naslaga. Prema dotadašnjim podacima sitno do krupnozrnati šljunak, praktički bez ikakvih primjesa, istaložen je na intervalima 15-20 m, 27.5-44 m, 50-74 m (bušotina V-49). S druge strane, prema novim podacima najplići vodonosni sloj, sastavljen od prašinastog i zaglinjenog šljunka, nalazi se na dubinskom intervalu 10-25 m (slika 2). Ispod njega slijedi sloj tvrde plastične gline debljine 3-4 m. Drugi šljunkovito-pjeskoviti sloj mjestimice je vezan glinovitim vezivom. Od trećeg vodonosnog sloja izoliran je slojem tvrde plastične gline debljine 3-7 m na dubinskom intervalu 40-50 m. Unutar trećeg šljunovito-pjeskovitog sloja zapaža se sloj(evi) konglomerata - cementiranog šljunka prosječne debljine 10-20 cm. Šljunak je općenito različite granulacije s visokim udjelom pijeska, ali i sitnije zrnate komponente što ga u mnogim dijelovima čini vezanim i smanjuje mu propusnost.

Zdenci su izvedeni metodom bušenja s povratnim zakretanjem zaštitne kolone (laviranjem) [3]. Dubine zdenaca su 73 do 82 m, a vodonosnik zahvaćaju na tri do četiri dubinska intervala između 24 i 70 m. Rezultati pokusnih crpljenja zdenaca prikazani su u tablici 1. Sniženje u zdencu ZS-1 razmjerno je veliko, ali razlog tome je činjenica da je zdenac projektiran na temelju podataka iz „stare“ bušotine V-49, pa je dio filtera ugrađen u sloju slabijih hidrogeoloških značajki. Međutim, crpljenjem količinom od 200 l/s iz zdenaca ZS-3 do ZS-5 ostvareno je sniženje od oko 5 m, odnosno specifična izdašnost od 40 do 57 l/s/m (tablica 1). Također treba naglasiti da sniženja u piezometrima smještenim najbliže crpnim zdencima u pravilu dosežu 1.8 m. Utjecaj crpljenja podzemne vode osjeti se na širokom prostoru oko crpnog zdenca što govori o visokoj transmisivnosti vodonosnika (slika 3).



Slika 3: Piezometarske razine podzemne vode tijekom crpljenja zdenca ZS-2.

Simulacijom strujanja podzemne vode na regionalnom matematičkom modelu područja istočne Slavonije pri crpljenju podzemne vode iz dva zdenca na lokaciji Gudinci-B.Greda s količinom od 240 l/s i na lokaciji Sikirevci s količinom od 360 l/s iz tri zdenca dobiveno je sniženje razina vode u iznosima 3-5 m. Veća sniženja se očekuju na lokaciji Gudinci-B.Greda, a manja na lokaciji Sikirevci [6].

Fizikalno-kemijski i bakteriološki sastav podzemne vode na lokaciji Sikirevci pokazuje izuzetno dobru prirodnu kakvoću podzemne vode. Sadržaj željeza i mangana, čije su povećane koncentracije odlika cijelog prostora istočne Slavonije, je ispod MDK za pitku vodu što podzemnu vodu na ovoj lokaciji svrstava u najbolje vode na širem području Slavonije (tablica 2). Koncentracije arsena također su vrlo niske, kao i sadržaj svih ostalih pokazatelja kakvoće podzemne vode.

PLAN DALJNJEG RAZVITKA CRPILIŠTA

U prvoj fazi razvoja crpilišta Regionalnog vodovoda istočne Slavonije, na lokaciji Sikirevci planira se izgradnja crpilišta ukupne izdašnosti 1000 l/s. Time će se osigurati potrebe za vodom na području od rubnih dijelova Slavonskog Broda na zapadu, do Vinkovaca, Tovarnika, Županje i Gunje na istoku, gdje živi oko 300.000 stanovnika.

Zbog trase planiranog kanala Dunav-Sava proširenje crpilišta kod Sikirevaca nije moguće u smjeru sjeverozapada, ali je moguće u smjeru jugoistoka, prema naselju Kruševica. Stoga je u sklopu ove faze istraživanja izvedeno osam istražnih bušotina, koje su dokazale prostiranje istog vodonosnika, iako nešto lošijih značajki i na tom području, ali ipak znatno boljih nego na području Gundinaca. Prema procjenama iz rezultata istraživanja, bez izrade pokusno-eksploatacijskih zdenaca, na ovom području je moguće izgraditi crpilište ukupne izdašnosti 500-600 l/s, s kakvoćom vode nešto lošijom nego na području Sikirevaca.

Lokacija Gudinci - B. Greda ostaje rezervno crpilište i njegova izgradnja je predviđena

u drugoj fazi, kada se pojave potrebe za vodom koje se neće moći osigurati s područja Sikirevaca.

Za obje lokacije crpilišta definirano je zaštitno područje. Na taj način prostor ostaje rezerviran za buduće potrebe vodooskrbe.

ZAKLJUČAK

Danas na području istočne Slavonije postoji više desetaka vodoopskrbnih sustava, od kojih su samo četiri veća. To su vodoopskrbni sustav Slavonski Brod, Đakovo, Vinkovci i Županja-Bošnjaci. Najveća crpilišta su Jelas - Sl.Brod (250 l/s), Trslana - Đakovo (75 l/s), Vinkovci - Kanovci (oko 90 l/s) i Cerna (oko 100 l/s), te Bošnjaci - Županja (oko 120 l/s). Ukupna izdašnost ostalih 40-ak manjih crpilišta iznosi oko 465 l/s. Na skoro svim crpilištima je nužna prerada vode zbog visokih koncentracija željeza, mangana, a mjestimice i arsena, ali uređaji za preradu vode postoje samo u Slavonskom Brodu i Vinkovcima. Zbog toga se samo voda s ovih crpilišta, uz onu iz Đakova, smatra vodom za piće, dok voda iz ostalih vodoopskrbnih sustava ima status tehnološke vode.

Puštanjem u rad crpilišta Regionalnog vodoopskrbnog sustava istočne Slavonije na lokaciji Sikirevci, te završetkom prve etape izgradnje sustava, sva postojeća veća crpilišta na području obuhvata uredit će se kao rezervna crpilišta, a voda iz njih kao i svih manjih crpilišta neće se koristiti.

LITERATURA

1. Bagarić, I. (1995): Izvješće o rezultatima istraživanja utjecaja kanala Dunav-Sava na kvalitetu podzemne vode u području crpilišta budućeg regionalnog vodovoda Istočne Slavonije. Institut građevinarstva Hrvatske d.d., Zagreb.
2. Bagarić, I. (2000): Crpilište regionalnog vodovoda Istočne Slavonije „Gudinci-Babina Greda“. Matematički model strujanja podzemne vode u području crpilišta - prva faza izgradnje crpilišta. Institut građevinarstva Hrvatske d.d., Zagreb.
3. Filbis (2005 i 2006): Izvještaj o izvođenju vodoistražnih radova na regionalnom crpilištu Babina Greda - Gudinci i Sikirevci. Izrada istražno-eksploatacijskih zdenaca. Zagreb.
4. Geofizika (1978-1981): Vodoistražni i vodozahvatni radovi Vinkovci 1977, 1978/8, 1978/80/81. Zagreb.
5. Geofizika (1985): Vodozahvatni radovi na regionalnom crpilištu Istočne Slavonije. Vinkovci 1984/85. Bunari B-1 i B-2 (Babina Greda). Zagreb.
6. Hrvatski geološki institut (2005): Hidrogeološka istraživanja u cilju defiiniranja eksploatacijskih zaliha podzemne vode na potencijalnom regionalnom crpilištu „Gudinci-Sikirevci“. Zagreb.
7. Miletić, P., Capar, A., Mayer, D., Turić, G., Plančić, A. & Župarić, A. (1981): Studija rezervi podzemne vode istočne Slavonije, III. faza. RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
8. Miletić, P., Bošković, D., Gjetvaj, G., Mayer, D., Heinrich-Miletić, M. & Klanjec, D. (1985): Hidrogeološka istraživanja istočne Slavonije, I dio. Regionalno crpilište istočne Slavonije, I. vodonosni sloj: Matematički model. RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
9. Mutić, R. (1993): Korelacija kvartara istočne Slavonije na osnovi podataka mineraloško-petrografskih analiza (Istočna Hrvatska). Dio III: Slavonsko-srijemska potolina. Acta geologica, 23/1, Zagreb.

10. Prelogović, E., Saftić, B., Kuk, V., Velić, J., Dragaš, M. & Lučić, D. (1998): Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian basin. Tectonophysics, 297, 283-293.

11. Šipoš, L., Ribičić, N., Štembal, T., Novak, I., Markić, M. & Zokić, N. (1999): Izvještaj o rezultatima istraživanja postupka priprave vode za piće za potrebe novog vodocrpilišta „Babina Greda“. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

12. Geoistraživanje Osijek (2005 i 2006): Vodoistražni radovi na crpilištu regionalnog vodovoda Istočne Slavonije. Izrada istražno-piezometarskih bušotina.

AUTORI:

Želimir Pekaš, dipl.ing.geol.
Hrvatske vode, Ul. grada Vukovara 220, Zagreb, e-mail: zpekas@voda.hr

Dr.sc. Željka Brkić, dipl.ing.geol.
Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, Zagreb, e-mail; zeljka.brkic@hgi-cgs.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.15.

REVITALIZACIJA PODRUČJA KRIŽNICE

Zdenko Tadić, Ivan Radeljak, Antonija Barišić - Lasović, Eldar Ibrahimović

SAŽETAK: Studija revitalizacije područja Križnice ima za cilj definirati hidrotehničke, ekološke i druge mjera očuvanja i poboljšanja ekološkog stanja područja, uzimajući u obzir mogućnost daljnjeg razvoja u smjeru ekološkog i ruralnog turizma. Sadašnje stanje područje definirano je modelom kojim su se utvrdili problemi i prioriteti vezani za revitalizaciju ovog područja. Monitoringom su identificirani uzroci narušenosti ekosustava te je utvrđeno da su isti vezani za loše hidrološko stanje starog rukavca Drave koji predstavlja okosnicu ekosustava ovog područja. Problemi vodnog sustava Križnice vezani su za dovod nutrijenata, sedimenta i drugog organskog zagađenja vodotokom sa poljoprivrednih površina iz susjedne Mađarske, te nepostojanje značajnog izvora svježe vode. Količina vode koja dolazi iz Mađarske je neznatna zbog čega vodni sustav Križnice ima izrazito male protoke, te dolazi do taloženja suspendiranih tvari. Opterećenost vodotoka nutrijentima, te slabi protoci omogućavaju rast močvarnog bilja što dodatno usporava protok vode. Obradom prostornih, ekoloških i hidroloških podataka te multidisciplinarnim pristupom rješavanju problema dani su prijedlozi mjera revitalizacije područja Križnice, koji predstavljaju kombinaciju ekoloških i hidroloških mjera te radova na uređenju korita vodnog sustava.

KLJUČNE RIJEČI: zaštićeno područje, revitalizacija, biološka raznolikost, rukavac Drave, hidrologija, GIS

REVITALISATION OF KRIZNICA AREA

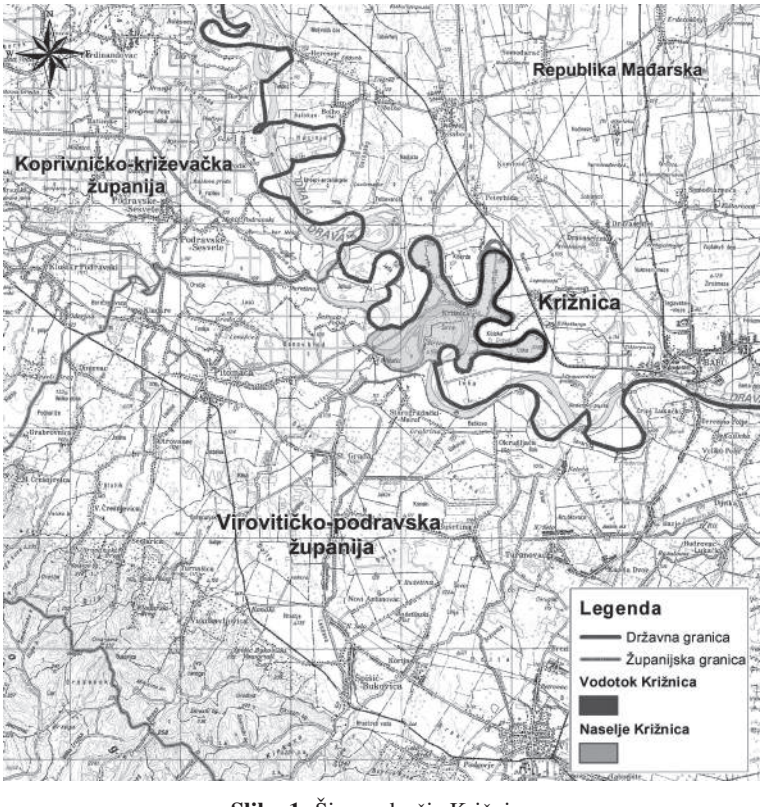
SUMMARY: Revitalization study of Kriznica area has the aim of defining hydrotechnical, ecological and other measures for conservation and improvement of ecological conditions in the area while also considering possibilities of ecological and rural tourism development. Baseline conditions of the area have been defined using a model which provided means to identify problems and priorities related to the revitalization of this area. Monitoring of area resulted in identified causes of ecosystem infringement and discovered the fact that they mostly relate to poor hydrological condition of old Drava watercourse which is the backbone of local ecosystems. Problems of Kriznica water course are caused by inflow of nutrients, sediment and other organic pollution through waterways coming from agricultural land in Hungary and due to lack of significant source of fresh water. Water quantities coming from Hungary are negligible which causes Old Drava to have very low flow rates and thus causing deposition of suspended solids. Saturation of water course with nutrients and low flow rates give favorable conditions for growth of wetland communities which slow down water flow even further. Processing of spatial, ecological and hydrological data and multidisciplinary approach to problem solving resulted in

proposal of revitalization measures for Kriznica area, which combine ecological and hydrological measures and waterbed arrangement works.

KEYWORDS: protected area, revitalization, biodiversity, old Drava riverbed, hydrology, GIS

1. UVOD

Križnica se nalazi na lijevoj obali r. Drave u sjevernom dijelu Općine Pitomača. Prostor istraživanja ima površinu od 8,46 km^2, omeđeno je tokom rijeke Drave, njenim rukavcima i državnom granicom s Republikom Mađarskom. Križnicom dominiraju vodene površine uz rubne dijelove, između aktivnih krivina rijeke i mrtvaja nalaze se obradive poljoprivredne površine, šume i livade (1). Biljni svijet koji definira područje sastoji se od šumske, vodene, močvarne i travnjačke vegetacije. Značajna površina područja Križnice pripada poljoprivrednim površinama s pripadajućim korovnim zajednicama.



Slika 1: Šire područje Križnice

Navedena struktura krajolika s naseljem Križnica daje mu osobinu značajnog krajolika, čija budućnost leži u kombinaciji poljodjelskog i turističkog iskorištavanja. Županijska skupština Virovitičko-podravske županije 2001. godine proglasila je područje zaštićenim dijelom prirode uz kategoriju zaštite značajnog krajobraza. Zaštićene krajolike prema

PPO Pitomača (2002. god.) treba razvijati, štititi i održavati sukladno propisanim mjerama zaštite s naglaskom na razvoj turizma.

S hidrološkog aspekta stari tok Drave na području Križnice karakteriziraju vrlo mali protoci i nestalan vodni režim. Većina voda koje hrane vodne površine Stare Drave dospijevaju iz potoka i kanala Babočaj rinja iz Mađarske. Drugi tok Babočaj rinje je stalniji i njime dolaze značajnije količine vode u staru Dravu. Sve do ovog djela vodotok stara Drava ima izrazito mali protok te je pretežno gusto obrastao vegetacijom. Za visokih vodostaja r. Drave uzvodno putem Crnog jarka staro korito dobiva određene količine, gdje voda istim putem prvo ulazi, a zatim se sukladno padu vodostaja vraća u rijeku Dravu.

Potok i kanal Babočaj rinja sezonskog su karaktera, a visoke vode Drave nisu tako česte, većim dijelom godine ove su vodne površine bez znatnog protoka. Ispunjene vodom ostaju samo veće depresije unutar starog toka Drave, a pojedini dijelovi vodnih površina postaju odvojeni.

Takav vodni režim pogoduje rastu močvarne vegetacije koja usporava tok stare Drave. Na pojedinim mjestima nastaju problemi sa vegetacijom koja smanjuje protočnost. Ovakvo stanje u vodotoku doprinosi taloženju čvrstih tvari nanosa i zamuljena vode unutar toka.

Slika 2: Srednji dio toka Stare Drave

U slučaju daljnje funkcionalnosti ovog područja na isti način očekuje se nastavak sedimentacije uz povećanje površina barske vegetacije, smanjenje volumena vode, taloženje svih zagađenja koje dotiču, smanjenje broja ptica zbog promjene stanja okoliša, te postupno prevođenje blago nagnutih poloja iz močvarnih u kopnena područja (2).

2. METODOLOGIJA

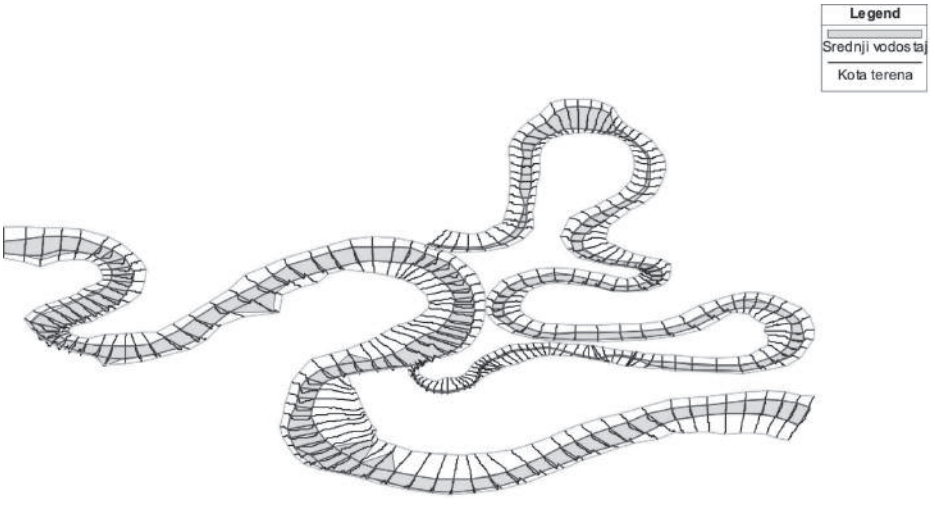
Studija revitalizacije (6) izrađena je na osnovu terenskih i istražnih radova u svrhu definiranja ekološkog stanja, modeliranje hidrološkog stanja i definiranja uzroka narušenosti ekološkog i hidrološkog stanja.

Sadašnje ekološko stanje područja definirano je istraživanjima od listopada 2005. do travnja 2006. godine. Odabrane su četiri standardne postaje. Istraženi se parametri: kakvoća vode (fizikalni i kemijski pokazatelji), granulometrijski sastav sedimenta, stanje vodenih biocenoza, te stanja faune sedimenta.

Postojeće hidrološko stanje vodotoka Stare Drave napravljeno je hidrološkim modelom vodnog sustava stare Drave i r. Drave, u softverskom paketu HEC-RAS koji omogućava modeliranje u jednoj dimenziji ravnomjernog i neravnomjernog toka, transporta sedimenta, te daje mogućnost tabelarnog i vizualnog prikaza analiziranog hidrološkog stanja (3).

Za hidrološki model stare Drave snimljeni su profili korita vodotoka, izmjerene protoke i vodostaji. Napravljen je model terena Križnice. Koristeći podatke iz Hidrografskog atlasa Drave (5.) modeliran je dio toka Drave pod čijim je utjecajem Stare Drave.

Za analizu u HEC-RAS-u obrađeni su hidrološki podaci s vodomjernih postaja na Dravi, definiran je Manningov koeficijent hrapavosti korita i inundacijskog pojasa vodotoka (5). Postojeći hidrološki objekt na vodotoku Stare Drave (preljevna konstrukcija) dodana je na kraju. Time je dobiven model nultog stanja Stare Drave sa dijelom Drave.



Slika 3: 3D prikaz HEC-RAS modela nultog stanja Drave i stare Drave

Provjera točnosti modela nultog stanja vodnog sustava r. Drava ‡ Stara Drava napravljena je usporedbom s podacima o karakterističnim vodostajima dobivenih proračunom primjenom pada vodnog lica (7).

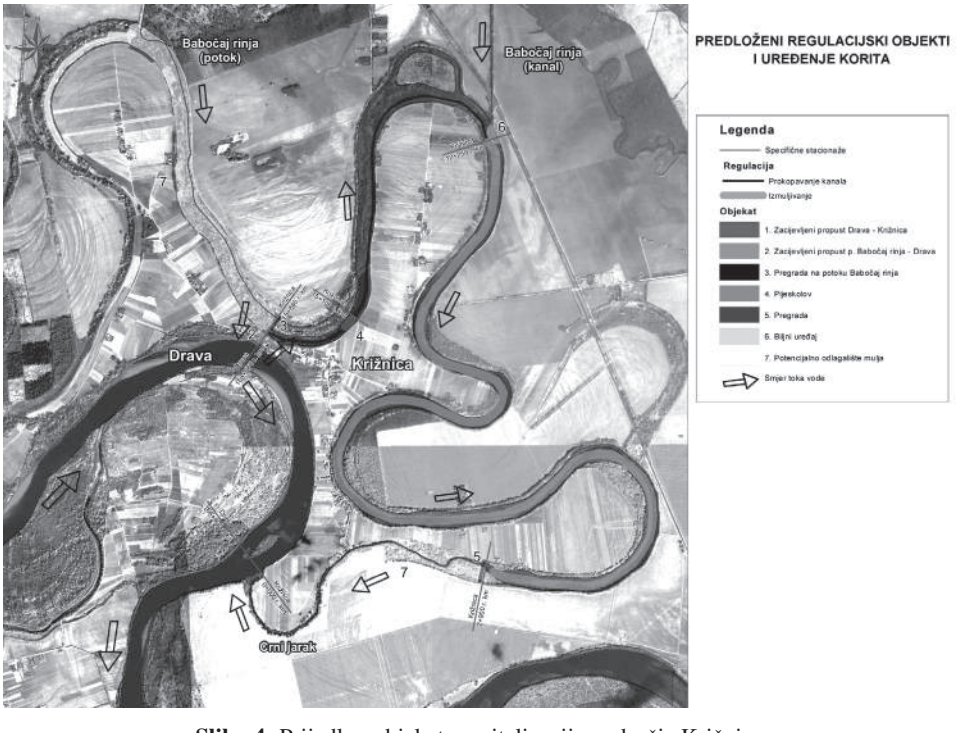
3. REZULTATI I MJERE REVITALIZACIJE

Ekotoksikološka ispitivanja pokazala su da na istraživanom području ne postoje količine zagađivala koje akutno utječu na životne zajednice ili ekološki sustav. Prisutnost

detektiranih akutno toksičnih količina dovodi se u vezu s malim protokama vodotoka i koeficijenta sedimentacije. Zbog fizikalnih osobina vodenog toka, sedimenta i tla zaključeno je da se radi o vrlo malim koncentracijama, koje se uklapaju u temeljne i karakteristične za sediment i tlo u Republici Hrvatskoj.

Zbog takvog ekotoksikološkog sastava sedimenta moguće je provesti odmuljivanje i deponiranja sedimenta izvan vodenog toka jer je utjecaj na okoliš prihvatljiv.

Mjere revitalizacije sastojale bi se od uređenja vodnih površina prokopavanjem kanala i krčenjem šumske vegetacije, izmuljivanjem, čišćenja močvarne vegetacije, te izgradnji hidrotehničkih objekata i biljnog uređaja. Sediment kao najveći problem moguće je odložiti na dijelove starog korita Drave koji se ne nalaze pod vodom. Ovim mjerama uspostaviti će se normalni vodni režim vodotoka. Hidrotehničkim objektima osigurao bi se dotok svježe vode u Staru Dravu, a biljnim uređajem bi se spriječio unos nutrijenata i sedimenta u vodotok.



Slika 4: Prijedlog objekata revitalizacije područja Križnice

Zahvati koje je potrebno izvesti u svrhu revitalizacije prikazani su na slici 4. te uključuju objekte dane nastavno:

1. Zacijevljeni propust kojim se dovodi voda u staru Dravu za vrijeme visokih vodostaja.
2. Zacijevljeni propust kojim se voda iz potoka Babočaj rinje odvodi u Dravu, time će se spriječiti daljnje zagađenje vodotoka Stare Drave.
3. Pijeskolov za sprječavanje ulaska sedimenta u staru Dravu.
4. Modifikacija postojeće pregrade radi reguliranja visine preljeva i kontrola visine vodnog lica.

5. Biljni uređaj spriječiti će utok nutrijenata s poljoprivrednih površina.

Radovi će se odvijati u tri faze kroz vrijeme od 5 godina:

1. Prokopavanje kanala na uzvodnom dijelu stare Drave i izmuljivanje srednjeg dijela vodotoka stare Drave uz krčenje močvarne vegetacije;
2. Odlaganje iskopanog materijala.

4. MODELIRANJE PREDLOŽENIH MJERA REVITALIZACIJE

Na model nultog stanja Stare Drave i Drave uneseni su objekti revitalizacije i radovi. Tablica 1. prikazuje godišnji dotok vode putem zacijevljenog propusta u odnosu na povratno razdoblje pojave visokih vodotoka. Trenutna zapremina vodotoka stare Drave procjenjuje se na 1.100.000 m^3 pri niskim i srednjim vodostajima, u vremenskom razdoblju nešto dužem od jedne godine u staroj Dravi izmijenila kompletna količina trenutne zapremine.

Tablica 1: Proračun godišnjeg dotoka vode u staru Dravu

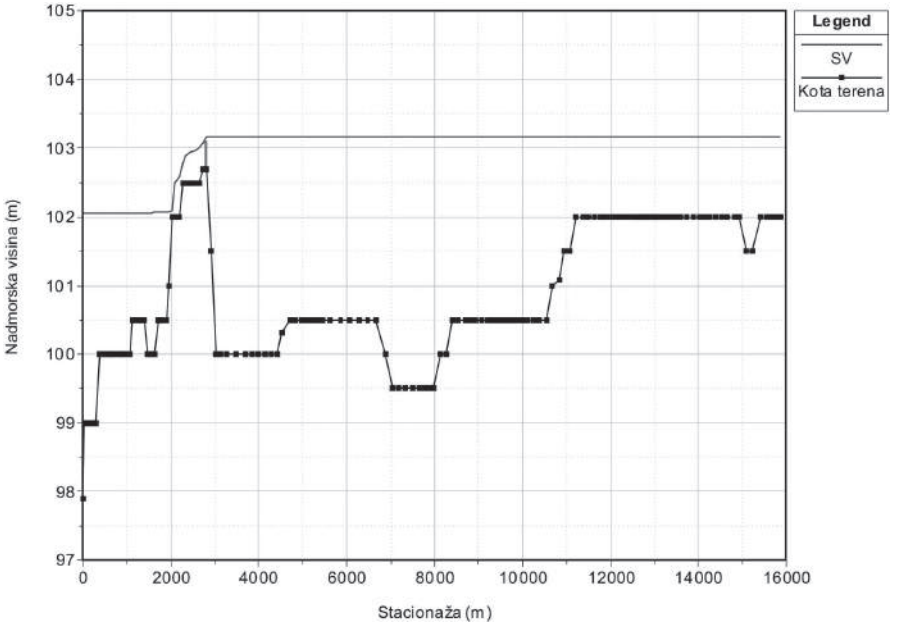
Povratno razdoblje [god]	**H [m]**	**Protok u cijevi [m^3/s]**	**Kumulativni dotok vode [m^3 u god.]**
1000	109.55	21.1	2,931,659
100	107.76	17.45	2,931,476
50	107.22	16.28	2,929,967
20	106.49	14.26	2,903,515
10	105.93	12.89	2,871,089
5	105.35	11.18	2,812,466
4	105.15	10.50	2,608,962
3	104.89	9.03	2,226,943
2	104.47	6.68	1,774,967
1.25	103.81	3.47	1,243,062
1.11	103.54	2.15	626,620
1.01	103.00	0	0
1.001	102.68	0	0

Rezultati HEC-RAS analize predloženih mjera pokazuju da će se prokopavanjem kanala vodostaj na staroj Dravi spustiti tako da u nju mogu utjecati visoke vode Drave. Prokopavanjem kanala očistiti će se vegetacija i uspostaviti nesmetani protok vode kroz uzvodni dio stare Drave. Čišćenjem mulja i vegetacije na središnjem dijelu uspostavit će se kontinuiran protok vode dospjele iz Drave na središnjem dijelu stare Drave.

Količine mulja koje bi se trebale odložiti van lokacije stare Drave procjenjuju se do 1.500.000 m^3. Reguliranjem visine pregrade, vode u staroj Dravi mogu se ispuštati ili zadržavati ovisno o vodostaju Drave. Uz predložene mjere revitalizacije na ulaznom i središnjem dijelu vodotoka zapremina vode iznosila bi između 2.200.000 i 2.700.000 m^3 ovisno o količini mulja koje je potrebno izvaditi iz središnjeg dijela.

Uz povećan protok, izmuljivanja središnjeg dijela i postavljanjem pijeskolova i biljnog

uređaja, očekuje se poboljšanje ekološkog stanja te smanjenja trofičnosti vodotoka.



Slika 5: Uzdužni profili modificiranog stanja vodotoka Stare Drave pri srednjem vodostaju

5. ZAKLJUČAK

Trenutno stanje područja Križnice dio je prirodnog procesa zasipavanje starog rukavca riječnog korita. Područja ima obilježja visoke biološke raznolikosti, a vodne površine Stare Drave predstavljaju potencijal za turističke i rekreativne namjene. U svrhu očuvanja rijetkih i zaštićenih vrsta na području Križnice, stvaranju boljih hidroloških i ekoloških uvjeta izrađena je Studija revitalizacije područja Križnice koja definira ekološke i druge mjera očuvanja i poboljšanja cjelokupnog stanja područja.

Na temelju istraživanja ekosustava Stare Drave pokazalo se da su osnovni problemi ekosustava velika količina sedimenta u koritu i mala protočnost odnosno dotok vode. Predloženim mjerama predviđa se povećanje protočnosti vodotoka te poboljšanje cjelokupnog stanja ovog područja u smislu očuvanja njegovih bioloških i ekoloških vrijednosti. Navedenim predloženim mjerama smanjio bi se stupanj eutrofikacije voda, intenzitet zamuljivanja i pojačao diverzitet istraživanog područja Križnice.

Sprječavanje mogućih negativnih utjecaja prilikom revitalizacije područja Križnice moguće je uz predložene mjere zaštite okoliša, što uključuje zaštitu zraka, vode tla i prirodnih staništa.

6. LITERATURA

1. BOGNAR, A. (1985); Basic Geomorphological problems of the Drava river plain in SR Croatia, Geographical papers vol 6, department of geography, Faculty of sciences, Zagreb.

2. FRIEDKIN, J. F. (1945); A laboratory study of the meandering of alluvial rivers. U. S. Waterways Experiments Station, Wicksburg, Mississippi.

3. HEASTED METHODS: DYHOUSE, G., HATCHETT, J., BENN, J. (2003); Floodplain modelling using HEC-RAS; Heasted Press, Waterbury, CT USA.

4. Hidrografski atlas rijeke Drave ‡ Digitalni format (2003); Hrvatske vode, Zagreb.

5. SREBRENOVIĆ, D. (1986); Primjenjena hidrologija; Tehnička knjiga, Zagreb.

6. Studija revitalizacije područja Križnice (2006); Hidroing, Osijek.

7. ŽUGAJ, R. (2000); Hidrologija; Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

AUTORI:

Zdenko Tadić, dipl.ing.građ.,
Hidroing d.o.o. Osijek, Tadije Smičiklasa 1, 31 000 Osijek,
tel. 031/ 251 100, fax. 031/ 251 106, e-mail: zdenkot@hidroing-os.hr

Ivan Radeljak, dipl.ing.građ.,
Hidroing d.o.o. Osijek, Tadije Smičiklasa 1, 31 000 Osijek,
tel. 031/ 251 100, fax. 031/ 251 106, e-mail: ivanr@hidroing-os.hr

Antonija Barišić - Lasović, dipl.ing.tehn.,
Hidroing d.o.o. Osijek, Tadije Smičiklasa 1, 31 000 Osijek,
tel. 031/ 251 100, fax. 031/ 251 106, e-mail: antonijab@hidroing-os.hr

Eldar Ibrahimović,
prvostupnik zaštite okoliša Hidroing d.o.o. Osijek, Tadije Smičiklasa 1,
31 000 Osijek, tel. 031/ 251 100, fax. 031/ 251 106, e-mail: eldari@hidroing-os.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.16.

MOGUĆNOSTI NAVODNJAVANJA U ZONAMA SANITARNE ZAŠTITE IZVORIŠTA VODOOPSKRBE NA PODRUČJU OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE

Zdenko Tadić, Ivan Radeljak, Barbara Županić, Lidija Tadić, Željko Duić

SAŽETAK: Osnovni cilj rada bio je dati prikaz potencijalnih problema u utvrđivanju područja za navodnjavanje na primjeru izrade Plana navodnjavanja područja Osječko-baranjske županije. Zone sanitarne zaštite izvorišta vodoopskrbe zbog svog značaja imaju apsolutan prioritet zaštite u planiranju korištenja prostora. U slučaju kada zone sanitarne zaštite zauzimaju značajne površine na kojima se odvija poljoprivredna proizvodnja, javlja se konflikt interesa za navodnjavanjem na tim područjima i potrebe zaštite tih područja. Obzirom da je navodnjavanje mjera koja nosi rizike onečišćenja podzemnih voda, pitanje mogućnosti navodnjavanja u zonama sanitarne zaštite crpilišta vrlo je osjetljivo i nije točno definirano postojećom zakonskom regulativom. Potreba za racionalnim korištenjem prostora Županije potaknula je osmišljavanje sustava valorizacije svakog pojedinog crpilišta, gdje su u konačnici zone sanitarne zaštite pojedinih crpilišta izuzete iz ograničenja za provedbu navodnjavanja.

KLJUČNE RIJEČI: navodnjavanje, zone sanitarne zaštite, crpilišta, utjecaj na okoliš

IRRIGATION PROSPECTIVE IN SANITARY PROTECTION ZONES OF WATER SUPPLY SOURCES IN OSJECKO-BARANJSKA COUNTY

SUMMARY: The principle aim of this research was to provide overview of potential problems in designation of irrigation areas using example of completion of Irrigation plan of Osjecko-baranjska County. Sanitary protection zones of water supply sources due to their significance have absolute priority when considering physical planning of land uses. In cases where zones of sanitary protection occupy vast areas of arable land, conflict of interest emerges between irrigation and sanitary protection of such areas. Considering that the irrigation is activity which may pose risk of groundwater pollution, possibility of land irrigation in sanitary protection areas is very sensitive question and currently not regulated by legislative framework. Demand for rational use of County land initiated setting up of evaluation system for each water source location, which resulted in exclusion of certain water source locations from restrictions of arable land irrigation.

KEYWORDS: irrigation, sanitary protection zones, water supply sources, environmental impacts, categorisation

1. UVOD

Sukladno smjernicama danim u *Nacionalnom projektu navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (1)*, pristupilo se izradi *Plana navodnjavanja Osječko-baranjske županije (3)*. Osnovni cilj izrade *Plana navodnjavanja područja Osječko-baranjske županije* (u nastavku: *Plan navodnjavanja*) *(3)* je definiranje smjernica, kriterija i ograničenja za planski razvitak navodnjavanja na području Županije u sadašnjim i budućim uvjetima poljoprivredne proizvodnje i raspoloživih resursa voda.

Područje koje *Plan navodnjavanja (3)* može obuhvatiti je prostor namijenjen, prema *Prostornom planu Osječko-baranjske županije (8)*, kao poljoprivredno područje. Na područje koje je definirano kao područje za poljoprivrednu namjenu postoji niz ograničenja, kao što su: zone sanitarne zaštite vodocrpilišta, zaštićena dijelovi izvan zaštićenih područja, minska i minski sumnjiva područja (koje treba uzeti kao privremena ograničenja) i dr.

Problem prilikom određivanja prostora za *Plan navodnjavanja (3)* čine mnoga crpilišta na području Županije koja nemaju donesenu odluku o zaštiti crpilišta, a u *Prostornom planu Županije (8)* su naznačene zone zaštite tih vodocrpilišta. Također, neka crpilišta imaju definirane zone sanitarne zaštite prema *Pravilniku o utvrđivanju zona sanitarne zaštite (NN 22/86)* te ih je potrebno novelirati prema novijem *Pravilniku o utvrđivanju zona sanitarne zaštite (NN 55/02).* Kako navodnjavanje iziskuje povećani utrošak mineralnih gnojiva i sredstava za zaštitu bilja, na područjima koja su zaštićena odlukama o zaštiti crpilišta nije dozvoljeno navodnjavanje, zbog smanjenja rizika onečišćenja podzemnih voda od teško razgradivih kemijskih tvari.

Na području Osječko-baranjske županije registrirana su 34 crpilišta, koja su uključena ili planirana u sustavu javne vodoopskrbe. Ukupna površina zona sanitarne zaštite svih crpilišta iznosi 100 914.6 ha. U usporedbi s ukupnom površinom Osječko-baranjske županije (414 774 ha) jasno je da se radi o značajnim površinama (gotovo četvrtina područja Županije). Uz to, najveći dio područja unutar zona sanitarne zaštite crpilišta klasificiran je kao poljoprivredno zemljište na kojem je utvrđena visoka pogodnost tla za navodnjavanje.

U cilju racionalnog gospodarenja prostorom Županije, ukazala se potreba analize i valorizacije zona sanitarne zaštite pojedinih crpilišta te mogućnosti uključivanja tog prostora u područja na kojima je dozvoljena primjena navodnjavanja.

2. ZONE SANITARNE ZAŠTITE VODOCRPILIŠTA NA PODRUČJU OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE

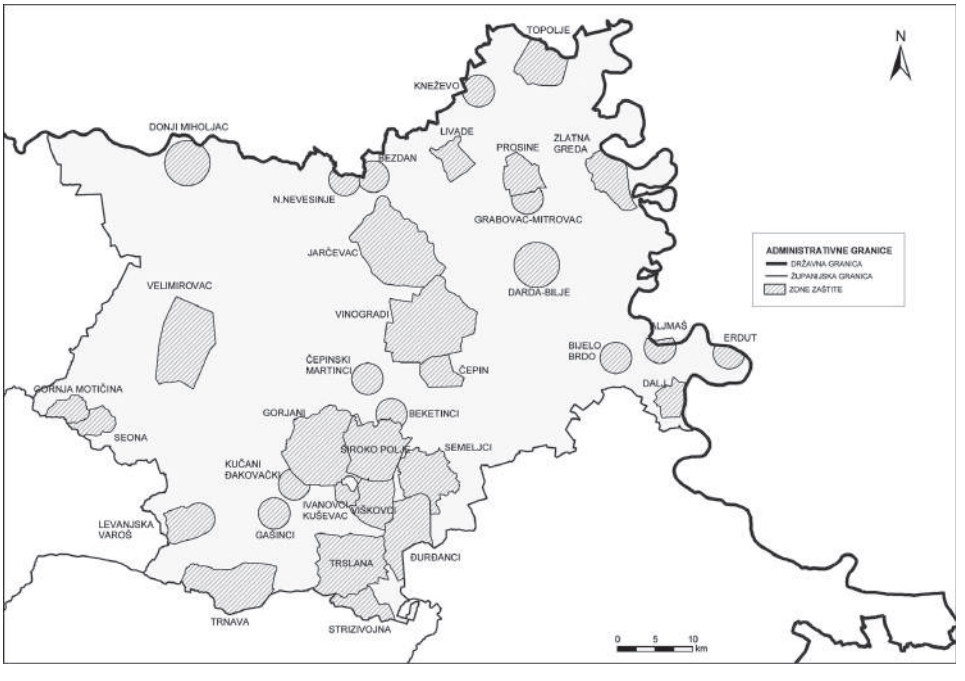
Na području Osječko-baranjske županije registrirana su 34 crpilišta vrlo raznolikoga značenja, kako po količini zahvaćene vode, tako i po vrsti vodonosnika, organiziranosti i veličini vodoopskrbnog sustava koji ih koriste. U tablici 1 dane su tehničke pojedinosti kao što je broj i kapacitet ugrađene crpke, te hidrogeološke specifičnosti kao što je dubina i specifična izdašnost pojedinih zdenaca te maksimalna izdašnost crpilišta. Ovi podaci najsažetije ilustrativno govore o hidrogeološkim prilikama, a preko procijenjenih maksimalnih kapaciteta i o društvenom značaju pojedinih crpilišta.

Tablica 1: Crpilišta na području Osječko-baranjske županije

Vodoopskrbni sustav	Izvorište	Opći podaci o zdencima		Izdašnost crpilišta		
		Broj	Dubina	Specifična izdašnost zdenca q(l/s/m)	Kapacitet ugrađene crpke Q(l/s)	Ukupni maksimalni kapacitet Q (l/s)
Beli Manastir	Livada	5	42	3,1	10	36
Kneževi Vinogradi	Prosine	1	50	1,6	10	30
Topolje	Topolje	1	54	4,6		100
Darda-Bilje	Konkološ	4	66	11,4	20	80
Potencijalno crpilište Zlatna greda		-	60	-	-	500-1000
Donji Miholjac	Donji Miholjac	2	93	9,8	25	50
Našice	Velimirovac	3	47	7,1	40	100
Valpovo	Jarčevac	2	105	5,9	40	80
Osijek	Vinogradi	18	178	9,8	40	600
Čepin	Čepin	2	130	5,1	25	50
Bijelo Brdo		2	82	1,3	10	20
Dalj	Dalj	2	86	3	15	40
Đakovo	Trslana	6	115	3,5	20	90
Široko Polje		1	-	-	-	1,65
Gorjani		1	53	-	-	2,8
Ivanovci Kuševac		1	100	0,6	-	6,5
Viškovci		1	46	1,4	-	8
Semeljci-Koritna		1	89	1,9	-	15
Đurđanci		1	88	-	-	3
Levanjska Varoš	Đakovačka Breznica		-	-	-	-
Trnava		1	136	-	-	3
Bezdan		1	32	-	-	1,5
N.Nevesinje		1	58	-	-	3
Kneževo		1	47	-	14	7
Grabovac Mitrovac		1	48	-	-	7,5
Aljmaš		1	20	0,6	-	3
Erdut		1	30	-	-	8
Čepinski Martinci		-	-	-	-	-
Beketinci		-	-	-	-	-
Strizivojna		-	-	-	-	-
Kučani Đakovački		-	-	-	-	-
Gašinci		-	-	-	-	-
Seona	Seona	-	-	-	-	-
G.Motičina	Toplica	-	-	-	10	10

Podaci o vodozaštitnim područjima crpilišta preuzeti su iz *Prostornog plana Osječko-baranjske županije (8),* gdje su vodozaštitna područja pojedinih izvorišta precrtana iz raspoložive dokumentacije, dok je oko nekih zahvata ucrtan krug polumjera 2 km (što je jedna od varijanti određivanja zona sanitarne zaštite prema starome *Pravilniku o utvrđivanju zona sanitarne zaštite (NN 22/86*)).

Na slici 1 prikazana su crpilišta sa pripadajućim zonama sanitarne zaštite na području Osječko-baranjske županije (izvor: *Prostorni plan Osječko-baranjske županije (8)*).



Slika 1: Zone sanitarne zaštite crpilišta na području Osječko-baranjske županije

Međutim, grafičko rješenje zona sanitarne zaštite dano *Prostornim planom Županije (8)* nije prošlo primjerenu recenziju, pa su uočene brojne anomalije. Primjerice:

- mnoga crpilišta nemaju donesene odluke o zaštiti crpilišta, a zone zaštite su naznačene u Prostornom planu, pokrivaju velike površine i međusobno se preklapaju (ovaj problem osobito je izražen na području oko Đakova)
- ucrtano je kružno vodozaštitno područje oko zahvata površinskih voda (Pampas u Osijeku i Belišće) kao da su podzemni zahvati
- postoje vodozaštitna područja oko napuštenih izvorišta javne vodoopskrbe kao što su Aljmaš i Erdut (postoje samo stari zahvati), ali nema vodozaštitnog područja crpilišta Dalj iako staro rješenje postoji u dokumentaciji, a crpilište ima i subregionalno značenje te između ostaloga pokriva Erdut i Aljmaš
- oko nekih crpilišta (primjerice Čepin) ucrtano je kružno rješenje unatoč toga što već dugo postoji konkretan prijedlog vodozaštitne površine
- postoje i neka manja crpilišta za koja je donesena općinska Odluka o zonama sanitarne zaštite, iako ucrtana područja zahvaćaju dijelove drugih općina (crpilište

Gorjani), pa je prema tome u nadležnosti Županijske uprave.

Zamijećen je i neskladu između nekih novih rješenja vodozaštitnih zona i značaja, odnosno izdašnosti pojedinih crpilišta. Primjerice, najveće osječko crpilište Vinogradi kapaciteta Q = 600 l/s ima III. vodozaštitnu zonu neznatno veće površine nego što je novi prijedlog za III. zonu zaštite crpilišta Trnava kapaciteta Q = 3 l/s, koje inače zahvaća relativno tanki sloj pijeska na stotinjak metara dubine.

Izradom karte pogodnosti tla za navodnjavanje u sklopu *Županijskog plana navodnjavanja (3)* utvrđeno je da se unutar vodozaštitnih zona nalazi 67.145 ha poljoprivrednih površina pogodnosti P-1 i 22. 558 ha pogodnosti P-2. Klase pogodnosti tala za navodnjavanje izađene su sukladno FAO klasifikaciji (1976.), a modifikacija prema Vidačeku (1981). Klasom P-1 označena su pogodna tla, a klasom P-2 umjereno pogodna ili umjereno ograničeno pogodna tla za navodnjavanje.

Obzirom na prezentirane probleme u vezi s određivanjem zona sanitarne zaštite na području Županije te značajne površine tala visoke pogodnosti za navodnjavanje unutar zona, ukazala se potreba za detaljnijim ispitivanjem ograničenja prostora za navodnjavanje te usklađivanjem sa stvarnim prilikama na terenu.

3. ZAKONSKA REGULATIVA

U postojećoj zakonskoj regulativi i strateško-planskoj dokumentaciji kojom se definira razvoj navodnjavanja u Republici Hrvatskoj sadržane su temeljne odredbe vezane uz problematiku primjene navodnjavanja u zonama sanitarne zaštite crpilišta:

a) ***Zakonom o vodama*** *("Narodne novine" broj 107/95. i 150/05.)* propisano je da područja na kojima se nalaze izvorišta ili druga ležišta vode koja se koriste ili su rezervirana za javnu vodoopskrbu moraju biti zaštićena od namjernog ili slučajnog zagađenja i od drugih utjecaja koji mogu nepovoljno utjecati na vodu.

b) ***Pravilnikom o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta*** *("Narodne novine" broj 55/02)* za zaštitu podzemnih vodotoka sa međuzrnskom poroznošću definiraju se:

- zona ograničenja i kontrole - III. zona
- zona strogog ograničenja - II. zona
- zona strogog režima zaštite - I. zona

Poljoprivredna proizvodnja ograničena je u I. i II. zoni sanitarne zaštite dok u III. i IV. nema ograničenja.

c) ***Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (1)*** se u svezi problematike navodnjavanja u zonama sanitarne zaštite izvorišta poziva na *Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta ("Narodne novine" broj 55/02)*. Sukladno tome, ostavljena je mogućnost provedbe navodnjavanja u III. i IV. zoni sanitarne zaštite izvorišta.

Ako se ukaže potreba za poljoprivrednom proizvodnjom u uvjetima navodnjavanja na takvim područjima, NAPNAV ostavlja mogućnost da se dodatnim istraživanjima utvrde mogući učinci navodnjavanja na onečišćenje podzemnih voda. Ako rezultati istraživanja ukažu da se pravilnom primjenom navodnjavanja mogu izbjeći štetni utjecaji na okoliš, moguće je dozvoliti primjenu navodnjavanja na području III. i IV. zone sanitarne zaštite.

Međutim, navodi se da na vodozaštitnim područjima ne bi trebalo prioritetno razvijati projekte navodnjavanja.

4. KATEGORIZACIJA ZONA SANITARNE ZAŠTITE VODOCRPILIŠTA

Obzirom na značajne poljoprivredne površine koje se nalaze u okviru postojećih zona sanitarne zaštite kao i potrebu za racionalnim gospodarenjem prostorom Županije, provedena je analiza i valorizacija postojećih zona sanitarne zaštite u smislu njihovog eventualnog uključivanja u područja koja je moguće navodnjavati.

Za potrebe izrade *Plana navodnjavanja područja Osječko-baranjske županije (3)* provedena je kategorizacija vodozaštitnih zona kako bi se korigirale neke od najgrubljih neprikladnosti postojećih vodozaštitnih zona.

Kategorizacija zona sanitarne zaštite provedena je uz postavku da pri koncipiranju područja s posebnim ograničenjima koja su u funkciji zaštite podzemnih voda treba uvažiti četiri osnovna čimbenika:

- Hidrogeološke uvjete i time uvjetovanu ranjivost te stvarnu ugroženost podzemnih voda;
- Društveni značaj crpilišta mjeren brojem stanovnika koje se opskrbljuju i prostornom veličinom društveno-političke zajednice koju pokriva vodoopskrbni sustav;
- Izdašnost crpilišta (koja je uvjetovana hidrogeološkim prilikama);
- Pitanje dugoročnoga razvitka, odnosno uklapanja pojedinih crpilišta u Županijski plan vodoopskrbe

Ako se te postavke prenesu na značaj postojećih i planiranih područja zaštite, odnosno pripadajućih površina ograničenja određenih granicom III. zone, tada se crpilišta s pripadajućim zonama sanitarne zaštite mogu kategorizirati prema sljedećim obilježjima:

1. Glavna crpilišta regionalnog i subregionalnog značaja
2. Značajnija lokalna crpilišta prema njihovoj organiziranosti, kapacitetu zahvata ili veličini naselja,
3. Lokalna crpilišta male izdašnosti (manje od 5 l/s)
4. Improvizirana lokalna crpilišta i napuštena crpilišta

U prvu skupinu pripadaju crpilišta: Vinogradi (Osijek), Velimirovac (Našice), Jarčevac (Valpovo), Trslana (Đakovo), Donji Miholjac, Livade (Beli Manastir), Topolje (sjeverna Baranja), Konkološ (Darda-Bilje- južna Baranja) i potencijalno crpilište Zlatna greda. Ova crpilišta svakako zaslužuju punu zaštitu te se područja zona sanitarne zaštite ovih crpilišta isključuju iz područja za navodnjavanje. Također se sugerira oko postojećih vodozaštitnih područja crpilišta I. kategorije predvidjeti i neku vrstu zaštitnog koridora, koji bi se definirao tako da se oko granica III. zone načini pojas širine oko 500 m u kojem bi primjena navodnjavanja bila ograničena.

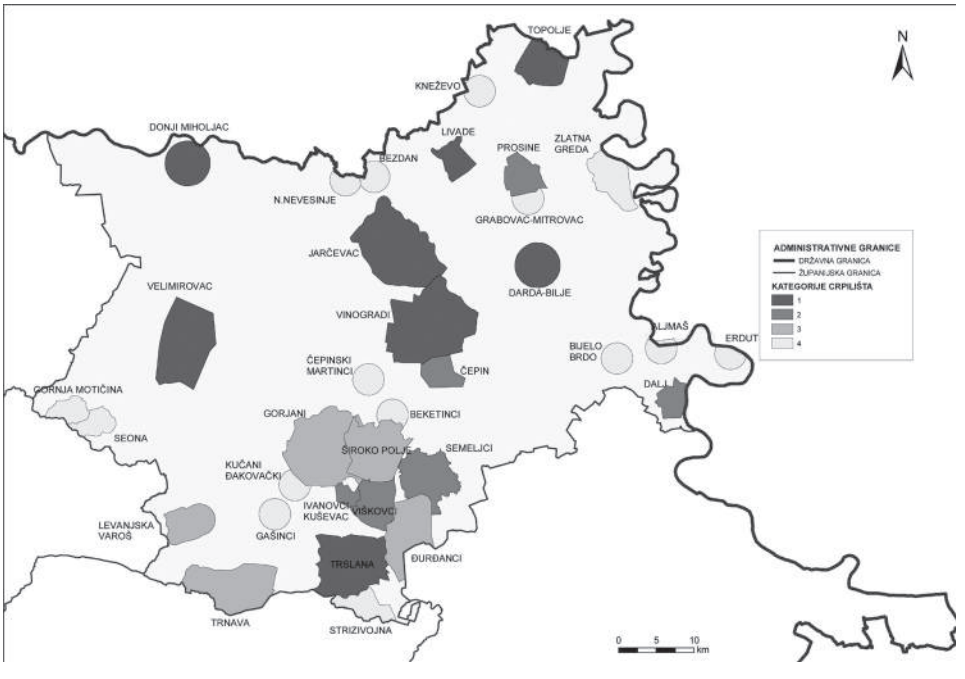
U drugu skupinu se mogu svrstati: Čepin, Dalj, Prosine (Kneževi Vinogradi) i nekoliko crpilišta uz rubne predjele Đakovačkoga ravnjaka (Ivanovci-Kuševac, Semeljci-Koritna, Viškovci). Radi se o crpilištima koji imaju relativnu važnost za ova područja, a neka od njih će se skladno organizacijski i funkcionalno uključiti u šire vodoopskrbne sustave (primjerice Prosine u vodoopskrbni sustav sjeverne Baranje).

Treću skupinu čine mala izvorišta, gdje se crpe male količine vode, a neka od njih imaju postavljena izrazito predimenzionirana vodozaštitna područja. Prema sada raspoloživim podacima u ovu se skupinu mogu ubrojiti Široko Polje, Gorjani, Đurđanci, Levanjska Varoš i Trnava.

U četvrtu skupnu svrstani su mali zahvati, improvizirana lokalna crpilišta i napuštena crpilišta. Razvoj ovih crpilišta je upitan, obzirom da se ne uklapaju u Županijski plan vodoopskrbe te se predpostavlja da će područja sanitarne zaštite ovih crpilišta biti

isključena iz buduće prostorno-planske dokumentacije. U tom smislu je prijeporno ograničavanje navodnjavanja na njihovim vodozaštitnim područjima, pogotovo ako se radi o vrlo dubokim zahvatima iz dobro zaštićenih vodonosnika.

Na slici 2 prikazan je prijedlog kategorizacije crpilišta te pripadajućih zona sanitarne zaštite na području Osječko-baranjske županije



Slika 2: Kategorizacija crpilišta i pripadajućih zona sanitarne zaštite na području Osječko-baranjske županije

Nakon provedene kategorizacije vodozaštitnih zona crpilišta na području Osječko-baranjske županije, određena crpilišta 3. i 4. kategorije izuzeta su iz ograničenja u primjeni navodnjavanja. To su zaštitne zone crpilišta: Bezdan, N.Nevesinje, Grabovac-Mitrovac, Kneževo, Bijelo Brdo, Aljmaš, Čepinski Martinci, Beketinci, Gorjani, Široko Polje, Kučani Đakovački, Gašinci, Đurđanci, Strizivojna, Trnava i Levanjska Varoš. Nakon novelacije odluka o zaštiti crpilišta na području Županije, očekuje se da će ova crpilišta, koja su planirana važećim *Prostornim planom Osječko-baranjske županije (8)*, biti ukinuta.

Zone sanitarne zaštite svih ostalih crpilišta na području Županije uzete su kao ograničenja u području za navodnjavanje te u njima nije dozvoljeno navodnjavanje.

Za konačno definiranje elemenata zona sanitarne zaštite crpilišta predloženih *Planom navodnjavanja područja Osječko-baranjske županije (3)*, potrebno je izraditi novelaciju *Plana vodoopskrbe Osječko-baranjske županije* te sukladno tome izvršiti izmjenu *Prostornog plana Osječko-baranjske županije*.

5. ZAKLJUČAK

Nedostatak kvalitetnih podataka o zonama sanitarne zaštite izvorišta vodoopskrbe, nedefiniranost parametara pojedinih crpilišta i zona te neusklađenost između podataka o

zonama u prostorno-planskoj dokumentaciji i stvarnih uvjeta na terenu uvelike otežavaju mogućnost definiranja raspoloživog prostora za navodnjavanje unutar Županije.

U planiranju prostora raspoloživog za navodnjavanje apsolutno treba dati prioritet zaštiti izvorišta vodoopskrbe zbog rizika degradacije kakvoće podzemnih voda. Također je potrebno voditi računa i o racionalnom gospodarenju prostorom Županije.

Zbog značajnih veličina zona sanitarne zaštite crpilišta na kojima se odvija poljoprivredna proizvodnja javlja se konflikt interesa između potreba za navodnjavanjem i potrebe zaštite tog prostora. Stoga pri izradi županijskih planova navodnjavanja često nije moguće jednostavno preuzimanje podataka o zonama sanitarne zaštite izvorišta vodoopskrbe iz raspoložive prostorno-planske dokumentacije, već je potrebno na određeni način istražiti i proanalizirati zone sanitarne zaštite svakog pojedinog crpilišta. Pri tome svakako treba valorizirati stvarni značaj pojedinih crpilišta.

POPIS LITERATURE:

1) Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2005): Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (skraćeno: NAPNAV)

2) Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje (1997.): Priručnik za hidrotehničke melioracije, II. kolo, knjiga 6

3) Hidroing d.o.o. Osijek (2006): Plan navodnjavanja područja Osječko-baranjske županije, Županijski glasnik 03/06

4) Narodne novine (2002.): Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta, NN 22/86

5) Narodne novine (2002.): Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta, NN 55/02

6) Narodne novine (2005.): Zakon o vodama, NN 107/95 i 150/05

7) Ožanić N. (2007.): Navodnjavanje i zone sanitarne zašzite izvorišta vode za piće na krškom području, Priručnik za hidrotehničke melioracije, III. kolo, knjiga 3, Rijeka

8) Zavod za prostorno uređenje Osječko -baranjske županije (2002.): Prostorni plan Osječko-baranjske županije

AUTORI:

Zdenko Tadić, dipl.ing.građ.,
Hidroing d.o.o. Osijek, Tadije Smičiklasa 1, 31 000 Osijek,
tel. 031/ 251 100, fax. 031/ 251 106, e-mail: zdenkot@hidroing-os.hr

Ivan Radeljak, dipl.ing.građ.,
Hidroing d.o.o. Osijek, Tadije Smičiklasa 1, 31 000 Osijek,
tel. 031/ 251 100, fax. 031/ 251 106, e-mail: ivanr@hidroing-os.hr

Barbara Županić, dipl.ing.građ.,
Hidroing d.o.o. Osijek, Tadije Smičiklasa 1, 31 000 Osijek,
tel. 031/ 251 100, fax. 031/ 251 106, e-mail: barbaraa@hidroing-os.hr

Prof.dr.sc. Lidija Tadić, dipl.ing.građ.,
Građevinski fakultet Sveučilišta J.J.Strossmayera u Osijeku, Crkvena 21,
31 000 Osijek, tel. 031/ 540-070, fax. 031/ 540 - 071, e-mail: ltadic@gfos.hr

Željko Duić, dipl.ing.geol.,
Sveučilište u Zagrebu - Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, p.p. 679,
10000 Zagreb, tel. 01/ 553 5757, fax. 01/ 48 36 064, e-mail: zeljko.duic@rgn.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 5.17.

PRIRAST NIVOA PODZEMNE VODE PRESTANKOM EKSPLOATACIJE SOLI U TUZLI

Izet Žigić, Dinka Pašić - Škripić

SAŽETAK: Hidrogeološki odnosi koji vladaju u ležištu soli u Tuzli predstavljaju jedan od najvažnijih faktora kod rješavanja problema tonjenja površine terena u gradu Tuzla. Podzemna voda u kontaktu sa sonim tijelom dovodi do njegovog izluživanja, stvarajući slanicu koja se putem bunara crpi za industrijske potrebe, pri čemu se u stijenskom kompleksu javlja deficit stijenske mase. Time dolazi do narušavanja prirodnog ravnotežnog stanja stijenskih masa, odnosno nastaju inženjerskogeološki procesi koji uzrokuju čitav niz neželjenih posljedica na površini terena i u samim stijenskim masama. Početkom ovog stoljeća donesena je odluka o prestanku podzemne eksploatacije soli iz rudnika Tušanj, uz postupak likvidacije, kao i o prestanku crpljenja slane vode putem bunara na reviru Hukalo-Trnovac, koji se nalaze u centralnoj zoni grada. Istovremeno, značajnije je aktivirana eksploatacija na ležištu soli Tetima na planini Majevica, sjeveroistočno od Tuzle. Ovim su stvorene pretpostavke za vraćanje nivoa vode u ležištu na kvazi-prirodni nivo, odnosno nivo vode koji je vladao prije početka intenzivne eksploatacije slanice na bunarima, čime će se promijeniti i inženjerskogeološki uvjeti, odnosno uvjeti stabilizacije stijenskog kompleksa. U radu su prezentirani preliminarni rezultati praćenja prirasta nivoa podzemne vode u funkciji smanjenja crpljenja slane vode, uz prognozu daljeg prirasta i mogućih posljedica na stijenski kompleks, odnosno površinu terena.

KLJUČNE RIJEČI: podzemna voda, crpljenje slanice, eksploatacija, sono ležište, slijeganje terena, deformacije stijenskih masa, hidrogeološke karakteristike ležišta

GROWTH OF GROUNDWATER LEVEL UPON COMPLETION OF SALT EXPLOITATION IN TUZLA AREA

SUMMARY: Hydrogeological relations that exist within rock salt deposit in Tuzla, present one of the most important factors in resolving problems caused by the terrain subsidence in Tuzla urban area. Ground water in contact with a rock salt body cause its leaching, creates brine that is pumping out for a need of chemical industry, and as a consequence deficit of the rock mass occurs. By this process, natural equilibrium of rock masses is being disrupted, and engineering-geological processes bring about the whole series of unwanted consequences at terrain surface and in rock masses itself. By the beginning of this century it was decided to complete underground exploitation of brine and its pumping out from the rock salt mine „Tušanj“ and from the wells in the mining district „Hukalo-Trnovac“. At the same time, salt exploitation started at the rock salt deposit „Tetima“ situated south-east of the Tuzla town. By completion of the brine in the Tuzla urban area,

conditions were created for restoring of quasi-natural ground water level that had axisted before than intensive exploitation started. Preliminary results of the groundwater level rise due the decrease of the brine pumping out, along with prognosis of the further increase and possible consequences on rock masses complex and the surface terrain, were presented in this paper.

KEYWORDS: groundwater, brine pumping, exploitation, rock salt deposit, terrain subsidence, rock masses deformation, engineering-geological characteristics.

UVOD

Ležište soli u Tuzli je locirano u okviru sinklinalne forme koja se nalazi u sklopu sinklinorija Trnovac - Tušanj. U planu je ležište nepravilnog elipsastog oblika, s kraćom osom 600-800 m, i dužom 2000 m. Zahvata površinu preko 1,5 km^2. Ležište se pruža pravcem jugoistok-sjeverozapad. Na plićem jugoistočnom dijelu dubina do ležišta iznosi 150 m, a na krajnjem zapadnom dijelu oko 600 m.

Sedimenti u kojima je utvrđeno sono tijelo u Tuzli zauzimaju prostor između Majevičkog horsta, na sjeveru, i ultramafita Konjuha, na jugu. Opšte karakteristike ovog kompleksa su umjerena do blaga ubranost sa naborima dinarskog pravca i preovladavajući laporoviti sastav. Izuzetak čine samo sedimenti Kreke koji su više ubrani i sa približno podjednakom zastupljenošću pijeskova i glina.

Sona formacija u širem smislu počinje sa “crvenom serijom” (donji miocen). Preko “crvene serije” leže trakasti laporci (donji miocen - karpat), koji sadrže naslage soli. Ova serija sastoji se pretežno od laporaca i glinaca sa slojevima pelita. Soni kompleks sastoji se od 5 serija: I, II, IIIA, IIIB i IV, koje nisu podjednako razvijene.

Tektonski sklop šireg područja ležišta bitno karakterišu normalne naborne strukture dinarskog pravca pružanja. Lažište je donjomiocenske starosti, odnosno karpatske, koga prekrivaju sedimenti mlađeg karpata i donjeg badena koji leže preko sone formacije.

STRUKTURNO-MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE SONIH STIJENA

Ležište natrijevih soli u Tuzli u najvećem procentu grade halit (NaCl) i tenardit (Na_2SO_4), razmješteni u pet serija soli, međusobno razdvojenih dolomitičnim, glinovito-laporovitim sedimentima tzv. trakaste serije.

Istraživanje ležišta kamene soli u Tuzli započeto je 1879. godine (K.Paul.,) i traje do danas različitim intenzitetom. Za definiranje geoloških i hidrogeoloških karakteristika ležišta i neposredne okoline, izvedena je 61 istražna i strukturno-istražna bušotina, a korišteni su i podaci dobiveni bušenjem eksploatacionih bunara na reviru Hukalo-Trnovac, od kojih su 22, intervalno bušena uz jezgrovanje.

Primarno slojevito sedimentno ležište Na-soli pod dejstvom usmjerenih tektonskih sila, uz izražene plastične karakteristike soli, zadobilo je nepravilno sočivast oblik. Pri tome koncentracija soli po serijama direktno je proporcionalna srednjem sadržaju soli: najveća je u čistijim serijama a opada sa porastom učešća laporaca. Tako je II serija, sa srednjim sadržajem oko 75 %, maksimalno koncentrisana. Zatim dolazi IIIA, koja je i po sadržaju soli bliska, naročito njen donji dio, dok su IV, I i naročito IIIB samo mjestimično zadebljale, odnosno na većem dijelu ležišta zadržale slojevit oblik. Navedeni redoslijed istovremeno ne predstavlja i njihov značaj s aspekta slijeganja terena prouzrokovanog crpljenjem slane vode.

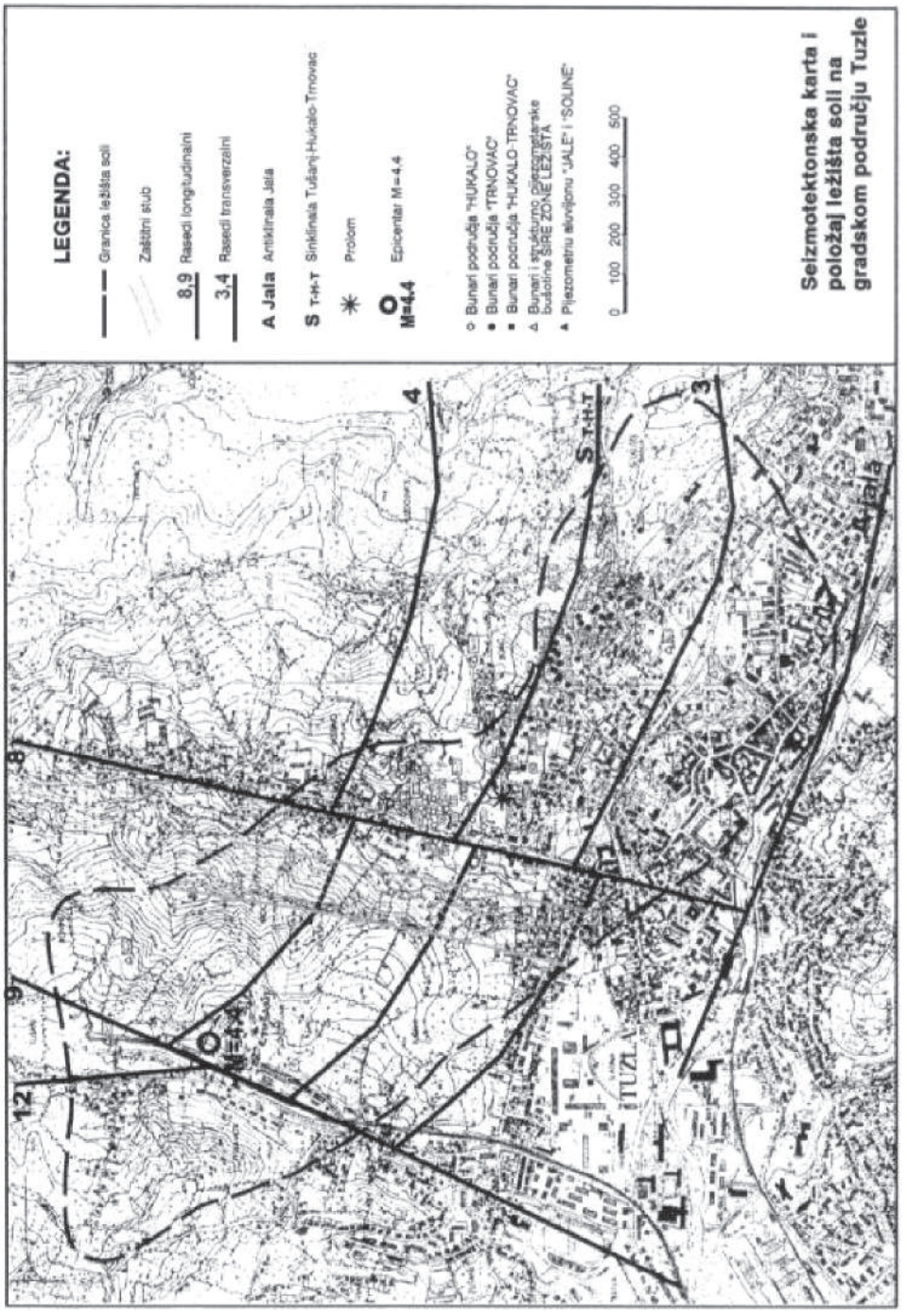
HIDROGEOLOŠKI USLOVI U SONOM LEŽIŠTU

Prikupljanje hidrogeoloških podataka vezanih za sono ležište, praktično se poklapa sa početkom intenzivne eksploatacije slane vode, što drugim riječima znači, krajem devetnaestog vijeka. Međutim, taj skroman obim podataka, kao i rezultati povremeno organizovanih hidrogeoloških istraživanja, nisu sistematizovani ni interpretirani u takvom obliku da jasnije definišu uslove u kolektorima izdani u okviru ležišta soli, prije početka eksploatacije, ili tokom prvih decenija crpljenja slanice. Praktično, prvi rad koji kompletnije obrađuje hidrogeološku problematiku ležišta soli, urađen je tek 1972.godine (J.Josipović.,), poslije gotovo jednog vijeka od početka intenzivne eksploatacije. U to vrijeme nivo podzemne vode je bio za više od 100 m niži od početnog, prirodnog, što ukazuje na intenzivnu eksploataciju ležišta i velike zapremine izluživanja uz propratne efekte neravnomjernog slijeganja terena.

Da bi se bolje sagledale hidrogeološke karakteristike sonog ležišta, neophodno je uzeti u razmatranje šire područje sliva rijeke Jale istočno od ušća Tušanjskog potoka. Geološka građa i litološka proučavanja na sonom ležištu u Tuzli su pokazala, da je sona serija izgrađena od slojeva pelitolita, glinovito-karbonatnog sastava i tufa. Primarno, ove stijene su predstavljale hidrogeološke izolatore, štiteći kamenu so od neposrednog kontakta sa vodama. U određenim geološkim uslovima, u procesu tektonskog oblikovanja ležišta, intenzivna mehanička naprezanja, izazvana migrativnošću soli, formiraju mrežu tenzionih pukotina i omogućavaju poniranje površinskih voda do sonih tijela. Ove vode na svom putu rastvaraju hemogene sedimente, a djelimično i pelitolite.

Izluživanjem soli stvoreni su uvjeti za akumulaciju i kretanje podzemnih voda, pri čemu u procesu zarušavanja krovinskih sedimenata dolazi do formiranja sekundarne pukotinske poroznosti koja predisponira nove pravce kretanja podzemne vode i dalje slabljenje stijenskog masiva, a time i nova zarušavanja. Provedena geofizička istraživanja za potrebe mikrorejonizacije pokazuju da istraživano područje karakterišu rasjedni sistemi, sa pravcima SZ-JI,SI-JZ,S-J i I-Z, pri čemu dominiraju prva dva pravca. Ista istraživanja takođe ukazuju da dominiraju normalne rasjedne strukture uz postojanje reversnih rasjeda na južnom i jugozapadnom rubnom kontaktu i po sredini ležišta sa pravcem SZ-JI (Aleskovski D., 1990.). Rasjedi i tektonske zone takođe predstavljaju značajne pravce kretanja podzemnih voda gdje se dešava otapanje soli i pratećih sedimenata uz degradiranje i urušavanje krovine i površine terena (slika1).

U području ležišta, pa i šire, formiran je heterogeni ali jedinstveni pukotinsko- karstni akvifer, složenog režima filtracije sa podzemnom vodom slobodnog nivoa. Prema dosadašnjim hidrogeološkim istraživanjima, provedenim od strane većeg broja autora, prihranjivanje akumulacije podzemnih voda isključivo je vezano za površinsku infiltraciju oborina koje padnu na ili kontaktiraju sa pločastim krečnjacima i ispucalim krovinskim sedimentima, kao i preko kontakta pločastih krečnjaka sa aluvijonom rijeka Solina i Jala duž istočnog, jugoistočnog i južnog oboda ležišta, gdje dolazi do difuznog procjeđivanja prema pukotinsko-karstnom akviferu. Dakle, prihranjivanje ležišta uslovljeno je samo prirodnim, hidrološkim i hidrogeološkim uslovima i procesima koji su vezani za uže ili šire područje ležišta. U skladu sa tim saznanjima, više autora je različitim metodama procjenjivalo veličinu prihranjivanja, odnosno vrijednost prirodnog doticaja vode u ležište. Procijenjene veličine se kreću u intervalu od 20 do 47 l/s. Realizacijom projekta obustave crpljenja slane vode na reviru Hukalo-Trnovac, doći će do vraćanja nivoa podzemne vode na kvazi-prirodno stanje, pri čemu se dinamika obustave crpljenja bazirala na vrijednosti infiltracije od 43 l/s , odnosno 3730 m^3/dan. Procjena je da od ukupne infiltracije oborine



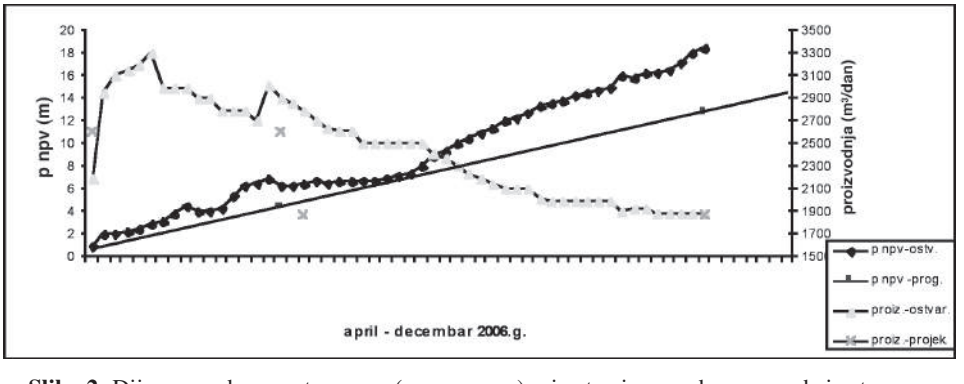
Slika 1: Seizmotektonska karta (po D. Aleksovskom) sa prikazom reprezentativnog bunara Tr-180 u sklopu bunra područja Trnovac u Tuzli

čine od 25 do 30%, odnosno od 935 do 1119 m^3/dan, koje se infiltriraju preko povlatnih sedimenata. Prosječne višegodišnje padavine na ovom području iznose 907 l/m^2 i iste su zabilježene i u 2006 godini (906,7 l/m^2), s tim da su u junu (134,3 l/m^2) i posebno avgustu (196,1 l/m^2), bile znatno veće u odnosu na ostale mjesece.

ODNOS IZMEĐU SMANJENJA CRPLJENJA SLANICE I PRIRASTA NIVOA PODZEMNE VODE

Obustava crpljenja slane vode iz sonih bunara odvija se po projektu koji treba da se realizira u dvije faze. U prvoj fazi, smanjenje obima crpljenja odvija se postepeno kroz tri etape, u ukupnom trajanju od godinu dana, nakon čega bi došlo do potpunog prestanka crpljenja. Na kraju ove faze prognozirano je da će zbirni prirast nivoa podzemne vode iznositi oko 17,7 m. U drugoj fazi, koja bi trajala naredne tri godine, predviđeno je da će prirast nivoa podzemne vode iznositi oko 41,4 m, odnosno da će ukupni prirast u obje faze biti oko 60 metara, a što bi odgovaralo nivou vode koji je bio prije početka intenzivne eksploatacije u prošlom i početkom ovog stoljeća.

Projektovano je da prva etapa redukcije crpljenja slanice za 30% traje je 3 mjeseca, uz istovremeno dnevno registrovanje količina izcrpljene slanice (uz određivanje saliniteta) i mjerenje nivoa podzemne vode.Očekivani prirast nivoa podzemne vode bio je 4,5 metara. Druga etapa trebala je trajati 6 mjeseci uz smanjenje crpljenja slanice za 50%, odnosno 1872 m/dan, sa očekivanim prirastom nivoa podzemne vode od 8,3 metra. Regresivna analiza i matematička formulacije prognoze povrata nivoa rađena je za podatke dobivene u periodu od 1970 do 2004 godine. Mjerenje nivoa podzemne vode, odnosno dnevni pad ili prirast nivoa, vrši se na deset osmatračkih bušotina od kojih je bušotina Tr-180 proglašena repernom.

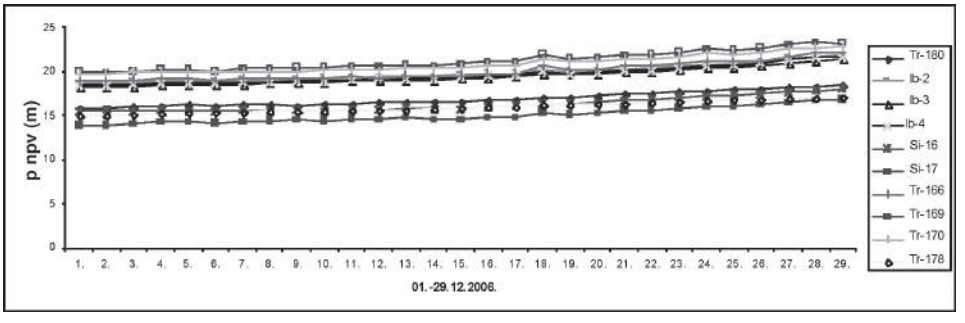


Slika 2: Dijagram odnosa ostvarenog (prognoznog) prirasta nivoa podzemne vode i ostvarene (prognozne) proizvodnje slane vode na bunaru Tr-180

Iz slike 2. vidljivo je da su crpljene veće količine slane vode od projektovanih i to u prvoj fazi prosječno za 13%, a u drugoj za 21%, kao i da je prirast nivo znatno veći od očekivanog od 41% do 81% (1,85 do 3,65 metra) u prvoj fazi, odnosno od 27% do 80% (2,2 do 6,8 metara) u drugoj fazi, ovisno od lokacije osmatračke bušotine.

Prvih devet mjeseci kontinuiranog osmatranja nivoa podzemnih voda na svim osmatračkim bušotinama potvrdio je ranije postavljenu procjenu da u ležištu soli, odnosno području zatvorenog rudnika Tušanj i području Hukalo-Trnovac sa sonim bunarima, u

hidrogeološkom smislu, postoji jedno vodno tijelo jedinstvene hidrauličke cjeline, sa različitim filtracionim karakteristikama u prostoru (slika 3).



Slika 3: Dijagram prirasta nivoa podzemne vode na osmatranim bušotinama tuzlanskog sonog ležišta za mjesec decembar

Procjene su da je prihranjivanje ležišta podzemnim vodama veće od prognoziranih, i da je uslovljeno i gubicima vode iz primarnog vodovodnog sistema, koja se u užoj gradskoj zoni preko aluvijona rijeke Jale infiltrira u ležište. Ovo se posebno manifestovalo na osmatračkim bušotinama krajem prošle godine, kod uvođenja većih količina vode u vodovodni sistem puštanjem nove fabrike vode.

Izluživanje soli nije bilo ravnomjerno u prostoru, posebno u vertikalnom ali i u horizontalnom profilu, pri čemu se i proces urušavanja krovinskih sedimenata, odnosno stabilizacije stijenske mase odvija neravnomjerno. Analize odnosa nivoa podzemne vode i crpljenja slanice potvrđuje takav zaključak, jer generalni trend prirasta, stabilizacije ili povremenog pada nivoa podzemne vode u pojedinim posmatranim periodima, nije na isti ili sličan način pratio veličinu crpljenja slanice,odnosno dinamičkih dotoka vode(slika 2).

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Deformiranost terena zahvaćenog slijeganjem, koja se manifestira u vertikalnim i horizontalnim pomjeranjima, predstavlja posljedicu nekontroliranog izluživanja soli i zarušavanje povlatnih stijenskih masa.

U periodu porasta piezometarskog nivoa, u pukotinsko-karstnoj izdani, djelimično dolazi do konsolidiranja zona koje su izlužene, što skupa utiče na izmjene hidrogeoloških svojstava stijenskih masa. Nakon konsolidacije degradiranih stijenskih masa, i hidrogeološka svojstva istih masa bit će drugačija.

Vrijeme prirasta nivoa podzemne vode, tj. vrijeme za koje će se postići nivo vode koji je približno bio u periodu prije početka nekontroliranog izluživanja soli, najviše zavisi od stupnja stabiliziranosti stijenskih masa, odnosno poroznosti u vertikalnom i horizontalnom profilu. Dosadašnja osmatranja ukazuju da postoji dosta velika neujednačenost u stupnju stabiliziranosti, odnosno poroznosti stijenskog kompleksa, a što će se još kroz duži vremenski period manifestirati na površini terena. Takođe, analiza odnosa nivo podzemne vode i cpljenja slane vode ukazuje da će se nivo podzemne vode, u kvazi-prirodno stanje, postići znatno prije od prognoziranog.

Potapanje ležišta soli, odnosno vraćanje nivoa vode na kvazi-prirodno stanje, dovest će do procesa slabljenja deformacionih i otpornih karakteristika stijenskih masa uz ubrzanje

dugovremenskog procesa konsolidacije stijenskih masa. Slijeganja površine terena pratit će i proces izdizanja, kao i horizontalnih pomjeranja, uz mogućnost pojave na padinama klizišta i izvora. Zbog svega toga neophodno je i nakon potapanja ležišta nastaviti sa daljim istraživanjima ovog procesa, uz hidrogeološki i inženjerskogeološki monitoring stijenskih masa i površine terena.

LITERATURA

1. Aleksovski, D., Primena geofizičkih metoda za istraživanje stanja izluženosti ležišta soli i i drugi deformacija tla na gradskom području Tuzle.Knjiga II Geofizička istraživanja I Knjiga IV Seizmička mikrorejonizacija, IZIIS 89-48/50,Skoplje,1990.
2. Pašić-Škripić, D., Stijenski masivi kao objekti inženjerskogeoloških izučavanja s osvrtom na savremene inženjerskogeološke karakteristike tuzlanskog sonog ležišta. "Rudarstvo". Tuzla,2002.
3. Pašić-Škripić,D., Promjena toka (brzine) slijeganja po petogodišnjim periodima tuzlanske Žigić, I., gradske zone. "Rudarstvo".Tuzla,2002.
4. Rudarski institute.,Dopunski rudarski projekat obustave crpljenja slane vode na reviru Trnovac -Tuzla Hukalo, Tuzla 2006.
5. Žigić, I., Izvještaji o monitoringu stijenskog masiva u posteksploatacionom periodu po Pašić-Škripić, D., dopunskom rudarskom projektu obustave crpljenja slane vode na reviru Hukalo-Trnovac. Tuzla, 2006.

AUTORI:

Dr.sc.Izet ŽIGIĆ,
vanredni profesor Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta u Tuzli
Dr.sc.Dinka PAŠIĆ-ŠKRIPIĆ,
docent RGGF u Tuzli, Univerzitetska br.2, 035/32 06 62,
izet.zigic@untz.ba dinka.pasic@untz.ba

TEMA 6.

VODNOGOSPODARSKO PLANIRANJE I RAZVOJ - MEĐUNARODNA SURADNJA, OBRAZOVANJE KADROVA I SUDJELOVANJE JAVNOSTI U ODNOSU NA SMJERNICE EUROPSKE UNIJE

Voditelji i recenzenti teme:
dr. sc. Danko Biondić, prof. dr. sc. Nevenka Ožanić,
doc. dr. sc. Mladen Petričec

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.01.

USTROJSTVO HIDROLOŠKE GIS BAZE PODATAKA DHMZ-a

Roberta Abdulaj, Dane Ličina

SAŽETAK: U cilju što bržeg razvijanja interoperabilnosti aplikacijskih sustava u državnoj upravi i javnom sektoru (e-Government) Služba za hidrologiju DHMZ-a pristupila je izradi hidrološke GIS baze podataka. Navedena baza podataka sadržavat će tematske slojeve vektorizirane na razini točnosti rasterskih podataka mjerila 1:25000. Razrada strukture i sadržaja podataka prvenstveno mora zadovoljiti potrebe struke, a potom i preporuke EU propisane odgovarajučim dokumentima. Cilj izrade Hidrološke GIS baze podataka je omogućiti praćenje podataka o hidrološkom stanju vodnog sustava, omogućiti pretraživanje, povezivanje, pregled i analizu prostornih podataka te omogućiti pristup podacima svim krajnjim korisnicima do razine odobrenog ovlaštenja.

KLJUČNE RIJEČI: Hidrološka GIS baza podataka, prostorni podaci, prezentacijski sloj, atribut, relacijska veza

THE ORGANIZATION OF THE DHMZ HYDROLOGICAL GIS DATABASE

SUMMARY: With an aim of enhancing development of application systems within the public administration and the public sector (e-Government), the Hydrology Service of DHMZ has approached the building of a hydrological database. The aforementioned database will include thematic layers vectorized with a raster data accuracy of 1:25,000. The structure and data content development must primarily meet the professional requirements, and subsequently the EU requirements as prescribed by the relevant documents. The aim of the Hydrological GIS Database development is to enable the monitoring of data relevant to the state of the hydrological system, enabling data search, interoperability, inspection and analysis of spatial data, and data access for end uses corresponding to their authorization permissions.

KEYWORDS: Hydrological GIS Database, spatial data, feature class, attribute, relationship class

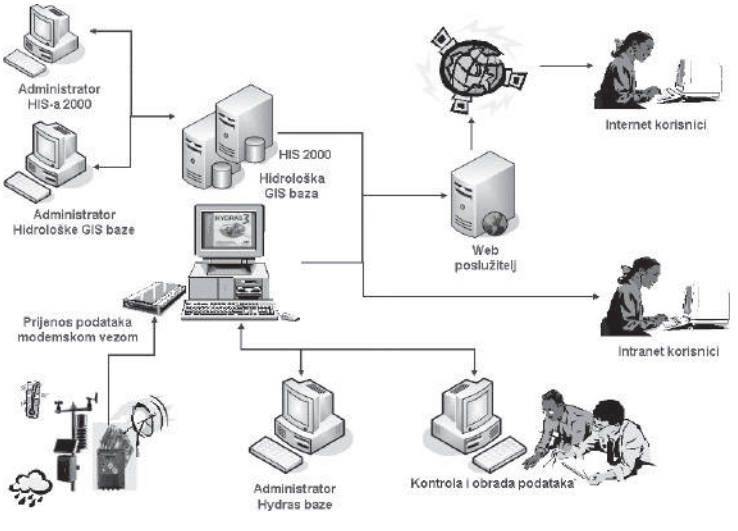
CILJ PROJEKTA

U ne tako davnoj prošlosti prostorni prikaz vodotoka predstavljala je plava linija na karti. Danas, primjenom GIS tehnologije u prikupljanju, obradi i korištenju digitalnih prostornih podataka, plava linija poprima daleko veći značaj. Mnoge institucije i organizacije na međunarodnoj, nacionalnoj i lokalnoj razini prepoznale su GIS rješenja kao bitan čimbenik

u upravljanju vodnim resursima i zaštiti voda. Prostorni podaci značajni s gledišta hidrologije te iz njih izvedene informacije imaju u tome vrlo važnu ulogu. Stoga je Služba za hidrologiju DHMZ-a donijela odluku o izradi Hidrološke GIS baze podataka kao nužne komponente Hidrološkog informacijskog sustava (slika 1.) te su u skladu s tim definirani i osnovni ciljevi projekta izrade iste:

- povezivanje s informacijskim sustavima u državnoj upravi i javnom sektoru (e - Government) u cilju razmjene i usklađivanja prostornih podataka nužnih za upravljanje i zaštitu vodnih resursa na teritoriju Republike Hrvatske,
- praćenje podataka o hidrološkom stanju vodnog sustava,
- pretraživanje, povezivanje, pregled i analiza podataka,
- omogućavanje pristupa podacima svim krajnjim korisnicima do razine odobrenog ovlaštenja.

Pri izradi baze osim potreba struke nastojalo se zadovoljiti smjernice za prikupljanje prostornih podataka navedene u *Guidance Document on Implementing GIS Elements of Water Framework Directive* (u daljnjem tekstu WFD).



Slika 1.: Hidrološki informacijski sustav

NAMJENA PROSTORNIH PODATAKA

Razrada strukture, odnosno sadržaja Hidrološke GIS baze podataka temelji se prvenstveno na potrebama struke unutar Službe za hidrologiju DHMZ-a, a one su slijedeće:

- izrada kartografskih prikaza položaja hidroloških stanica,
- izrada prostornog prikaza položaja stanica na web stranici Službe za hidrologiju DHMZ-a,
- kao ulazni podaci za prognostičke modele,
- za razmjenu, harmonizaciju i nadopunjavanje tematskih slojeva prostornih podataka između Službe za hidrologiju i klijenata, odnosno relevantnih ustanova u sklopu e-Governmenta.

Analizirajući navedene potrebe te smjernice koje propisuje WFD odabran je slijedeći sadržaj prostornih podataka:

- vodotoci - poligonski i linijski prikaz,
- jezera, akumulacije, retencije - poligonski prikaz,
- hidrološke stanice - točke,
- slivovi - poligonski prikaz.

Ovi prostorni podaci čine osnovnu tematsku skupinu Hidrološke GIS baze podataka dok će svi ostali prostorni podaci koji će naknadno ulaziti u bazu, kao što su npr. digitalni elevacijski model, položaji kišomjernih stanica, mjerni profili i sl., biti podijeljeni u zasebne tematske skupine. U prvoj fazi prikupljanja podataka pristupilo se vektorizaciji prostornih podataka osnovne tematske skupine.

MJERILO I TOČNOST PROSTORNOG PRIKAZA

Prije same vektorizacije prostornih podataka nužno je odrediti razinu detaljnosti prikaza. Glavni uvjet za određivanje detaljnosti prikaza određenog prostornog podatka je veličina najmanjeg zahtjevanog objekta čiji prostorni prikaz mora biti osiguran na karti. WFD kao minimum detaljnosti prostornog prikaza predviđa prostorne prikaze jezera površine 0,5 km^2 te slivnih površina rijeka površine 10 km^2. U skladu s tim preporučena točnost prikaza je 125m što otprilike odgovara mjerilu 1:250 000. Kako je Hrvatska površinom relativno mala zemlja u odnosu na većinu zemalja EU, a pri tome ima vrlo razgranatu mrežu vodnih tijela bitnih za upravljanje vodnim resursima potreba primjene većeg mjerila se pokazuje opravdanom. Na to upućuje i činjenica da su kod nas neke tematski vrlo bitne prostorne baze podataka na nivou državnih službi i javnih ustanova izrađene u mjerilu 1:25 000 (npr. Katastar voda, vodnog dobra i vodnih građevina - Hrvatske vode, Središnji registar prostornih jedinica - Geodetska uprava). Vođeni potrebom što lakše razmjene i usklađivanja prostornih podataka s relevantnim ustanovama uključenim u e-Government usvojeno je isto mjerilo kao i isti koordinatni sustavi u kojima su vektorizirane gore navedene prostorne baze podataka.

```
Horizontal coordinate system
Projected coordinate system name: HR_GK_1630
Geographic coordinate system name: GCS_Bessel_1841

Map Projection Name: Transverse Mercator
Scale Factor at Central Meridian: 0.999700
Longitude of Central Meridian: 16.500000
Latitude of Projection Origin: 0.000000
False Easting: 2500000.000000
False Northing: 0.000000

Planar Coordinate Information
Planar Distance Units: meters
Coordinate Encoding Method: coordinate pair
Coordinate Representation
Abscissa Resolution: 0.001024
Ordinate Resolution: 0.001024

Geodetic Model
Horizontal Datum Name: D_Bessel_1841
Ellipsoid Name: Bessel_1841
Semi-major Axis: 6377397.155000
Denominator of Flattening Ratio: 299.152813
```

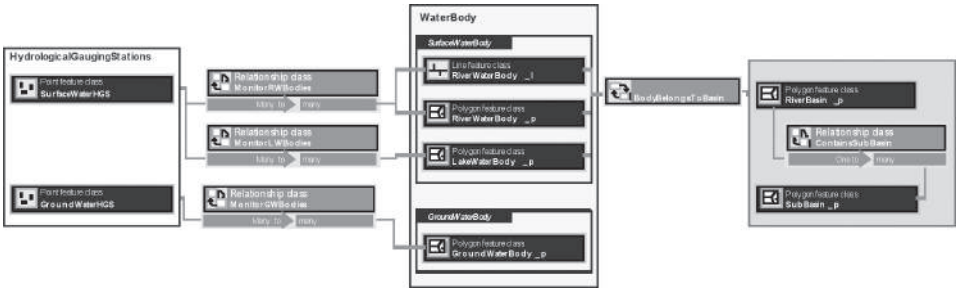
U skladu s navedenim vektorizacija prostornih podataka se obavlja na rasterskim podlogama TK-25 000.

USTROJSTVO HIDROLOŠKE GIS BAZE PODATAKA

Pod ustrojstvom prostorne baze podataka smatra se izrada digitalnog modela baze unutar kojeg se definiraju:

- tematske cjeline,
- svi prateći atributi pojedine vrste prostornog podatka,
- domene unaprijed definiranih sadržaja pojedinog atributa,
- relacije između pojedinih grupa podataka.

Na slici 2. prikazana je podjela osnovne tematske skupine podataka u tri tematske cjeline s predviđenim relacijama između pojedinih grupa podataka.



Slika 2.: Ustrojstvo osnovne tematske skupine podataka

Pri odabiru naziva pojedinog prezentacijskog sloja nastojalo se poštivati preporuke WFD. Svaki prezentacijski sloj posjeduje popratnu atributnu tablicu u koju su smješteni podaci zajednički svim elementima prikazanim u promatranom sloju te nazivi pratećih domena. Atributi unutar tablice podjeljeni su u dvije grupe. Prvu grupu čine atributi zadani smjernicama WFD dok drugu skupinu čine atributi nužni za hidrološke obrade.

Prvu tematsku cjelinu čine hidrološke stanice **- *Hydrological Gauging Stations*** (HGS) unutar koje se nalaze dva prezentacijska sloja (klase): hidrološke stanice za mjerenje razine površinskih voda - ***SurfaceWaterHGS*** i hidrološke stanice za mjerenje razine podzemnih voda - ***GroundWaterHGS***. Na slici 3. prikazane su atributne tablice i definicije pripadajućih domena.

Druga tematska cjelina odnosi se na prostornu prezentaciju vodnih tijela - ***Water Body*** i sadrži četiri prezentacijska sloja i jednu podatkovnu tablicu. Linijski i poligonski prikaz vodotoka nalaze se u slojevima ***RiverWaterBody_l*** i ***RiverWaterBody_p,*** a poligonski prikaz jezera, akumulacija, retencija, ribnjaka i sl. u sloju ***LakeWaterBody_p***. Uz prostorne prikaze vodotoka predviđena je i relacijska tablica - ***RWB*** u koju se unose atributi značajni za vodotok u cjelini od njegovog izvora do ušća. Kao dio ove tematske cjeline predviđen je i prezentacijski sloj podzemnih voda - ***GroundWaterBody_p*** međutim trenutno nema raspoloživih podloga za vektorizaciju i nisu definirani zahtjevi za atribute. Na slici 4. prikazane su atributne tablice, relacijske veze između prezentacijskih slojeva i definicije pratećih domena.

Posljednju cjelinu čine slivovi. Osnovni prezentacijski sloj čine glavni slivovi rijeka -

RiverBasin_p. Prostorno ovaj sloj predstavlja ukupnu slivnu površinu vodotoka do njegovog ušća u more ili dio ukupne slivne površine ukoliko se ušće glavnog slivnog vodotoka u more ne nalazi na teritoriju Republike Hrvatske. Na osnovni prezentacijski sloj veže se prezentacijski sloj podslivova - ***SubBasin_p***. Podsliv predstavljaju sve površine s kojih se svo površinsko otjecanje kroz niz potoka, rijeka i eventualno jezera slijeva u određenu točku na nekom vodotoku. Prostorni prikaz površine slivova i podslivova čine poligoni dobiveni vektorizacijom topografskih razvodnica koje dijele susjedne slivove (podslivove) po najvišim točkama tla. Atributne tablice i relacijska veza prezentacijskih slojeva prikazani su na slici 5.

Simple feature class
SurfaceWaterHGS

Geometry *Point*
Contains M values *No*
Contains Z values *No*

Field name	Datatype	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
SHAPE	Geometry	Yes					
NAME	String	Yes					100
BDY_CD	String	Yes					24
EU_CD	String	Yes					24
MS_CD	String	Yes					22
INS_WHEN	Date	Yes					
INS_BY	String	Yes					15
ifra	Short Integer	Yes					4
Naziv	String	Yes					50
Kategorija	Short Integer	Yes					1
Sliv	String	Yes					25
Vodotok	String	Yes					50
Vodotok_ID	Double	Yes			10	2	8
Kota_nule	Double	Yes			10	2	8
L_u_a	Double	Yes			10	2	8
L_izvora	Double	Yes			10	2	8
Povr_ina_T	Double	Yes			10	2	8
Povr_ina_H	Double	Yes			10	2	8
Instrument	String	Yes					50
Dojava	String	Yes		Tip_Da_Ne_CT			2
H	String	Yes		Tip_Da_Ne_CT			2
Q	String	Yes		Tip_Da_Ne_CT			2
T	String	Yes		Tip_Da_Ne_CT			2
SN	String	Yes		Tip_Da_Ne_CT			2
Napomena	String	Yes					255

Simple feature class
GroundWaterHGS

Geometry *Point*
Contains M values *No*
Contains Z values *No*

Field name	Datatype	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
SHAPE	Geometry	Yes					
NAME	String	Yes					100
BDY_CD	String	Yes					24
MS_CD	String	Yes					22
INS_WHEN	Date	Yes					
INS_BY	String	Yes					15
_ifra	Short Integer	Yes					4
Naziv	String	Yes					50
Objekt	String	Yes					20
Sliv	String	Yes					25
Kota_nule	Double	Yes			10	2	8
Kota_teren	Double	Yes			10	2	8
Kota_DRF	Double	Yes			10	2	8
Napomena	String	Yes					255

Coded value domain
Tip_Da_Ne_CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
Da	
Ne	

Slika 3.: Atributne tablice i pripadajuća domena tematske skupine hidroloških stanica

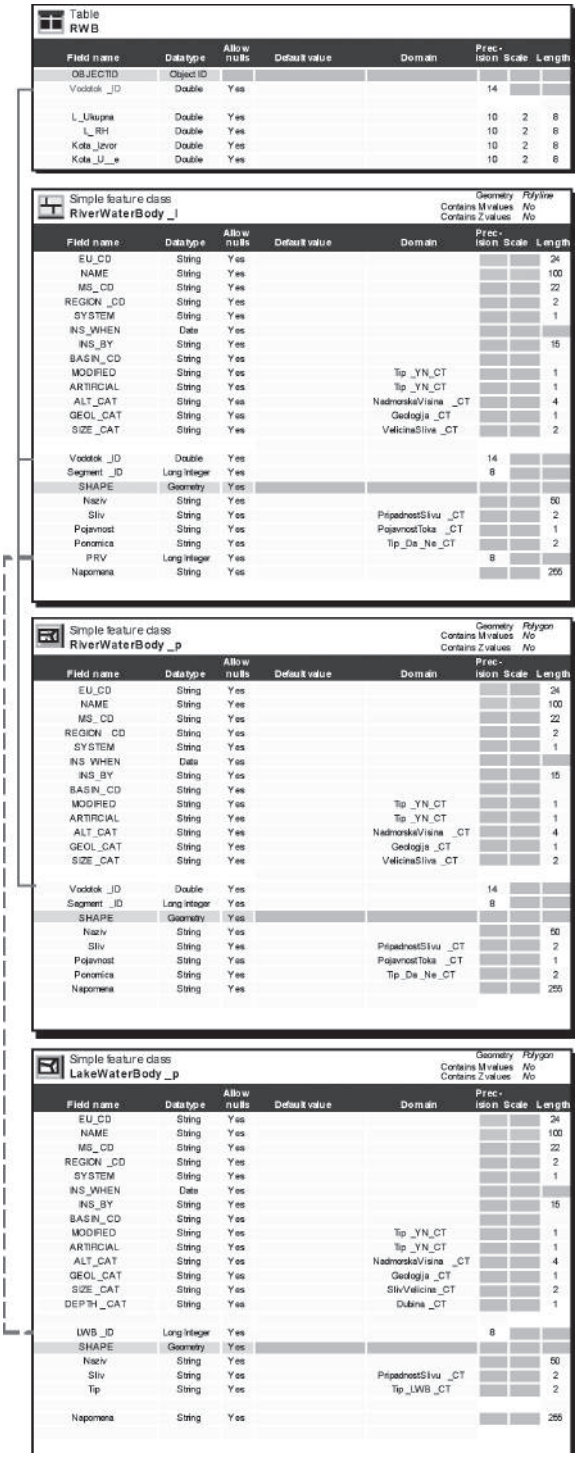


Table
RWB

Field name	Datatype	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Vodotok_ID	Double	Yes			14		
L_Ukupna	Double	Yes			10	2	8
L_RH	Double	Yes			10	2	8
Kota_levor	Double	Yes			10	2	8
Kota_U__e	Double	Yes			10	2	8

Simple feature class
RiverWaterBody_l

Geometry *Polyline*
Contains M values *No*
Contains Z values *No*

Field name	Datatype	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
EU_CD	String	Yes					24
NAME	String	Yes					100
MS_CD	String	Yes					22
REGION_CD	String	Yes					2
SYSTEM	String	Yes					1
INS_WHEN	Date	Yes					
INS_BY	String	Yes					15
BASIN_CD	String	Yes					
MODIFIED	String	Yes		Tip_YN_CT			1
ARTIRCIAL	String	Yes		Tip_YN_CT			1
ALT_CAT	String	Yes		NadmorskaVisina_CT			4
GEOL_CAT	String	Yes		Geologija_CT			1
SIZE_CAT	String	Yes		VelicinaSliva_CT			2
Vodotok_ID	Double	Yes			14		
Segment_ID	Long Integer	Yes			8		
SHAPE	Geometry	Yes					
Naziv	String	Yes					50
Sliv	String	Yes		PripadnostSlivu_CT			2
Pojavnost	String	Yes		PojavnostToka_CT			1
Ponornica	String	Yes		Tip_Da_Ne_CT			2
PRV	Long Integer	Yes			8		
Napomena	String	Yes					255

Simple feature class
RiverWaterBody_p

Geometry *Polygon*
Contains M values *No*
Contains Z values *No*

Field name	Datatype	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
EU_CD	String	Yes					24
NAME	String	Yes					100
MS_CD	String	Yes					22
REGION_CD	String	Yes					2
SYSTEM	String	Yes					1
INS_WHEN	Date	Yes					
INS_BY	String	Yes					15
BASIN_CD	String	Yes					
MODIFIED	String	Yes		Tip_YN_CT			1
ARTIRCIAL	String	Yes		Tip_YN_CT			1
ALT_CAT	String	Yes		NadmorskaVisina_CT			4
GEOL_CAT	String	Yes		Geologija_CT			1
SIZE_CAT	String	Yes		VelicinaSliva_CT			2
Vodotok_ID	Double	Yes			14		
Segment_ID	Long Integer	Yes			8		
SHAPE	Geometry	Yes					
Naziv	String	Yes					50
Sliv	String	Yes		PripadnostSlivu_CT			2
Pojavnost	String	Yes		PojavnostToka_CT			1
Ponornica	String	Yes		Tip_Da_Ne_CT			2
Napomena	String	Yes					255

Simple feature class
LakeWaterBody_p

Geometry *Polygon*
Contains M values *No*
Contains Z values *No*

Field name	Datatype	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
EU_CD	String	Yes					24
NAME	String	Yes					100
MS_CD	String	Yes					22
REGION_CD	String	Yes					2
SYSTEM	String	Yes					1
INS_WHEN	Date	Yes					
INS_BY	String	Yes					15
BASIN_CD	String	Yes					
MODIFIED	String	Yes		Tip_YN_CT			1
ARTIRCIAL	String	Yes		Tip_YN_CT			1
ALT_CAT	String	Yes		NadmorskaVisina_CT			4
GEOL_CAT	String	Yes		Geologija_CT			1
SIZE_CAT	String	Yes		SlivVelicina_CT			2
DEPTH_CAT	String	Yes		Dubina_CT			1
LWB_ID	Long Integer	Yes			8		
SHAPE	Geometry	Yes					
Naziv	String	Yes					50
Sliv	String	Yes		PripadnostSlivu_CT			2
Tip	String	Yes		Tip_LWB_CT			2
Napomena	String	Yes					255

Coded value domain
VelicinaSliva _CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
S	Mala , 10- 100 km 2
M	Srednja , 100 -1000 km 2
L	Velika , 1000- 10000 km2
XL	Vilo velika , >10000 km 2

Coded value domain
Tip_YN_CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
Y	Yes
N	No

Coded value domain
SlivVelicina _CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
S	Mala, 0.5-1 km2
M	Srednja , 1-10 km2
L	Velika , 10- 100 km2
XL	Vilo velika , >100 km2

Coded value domain
Geologija _CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
C	Vapnenac
S	Silicijske stijene
O	Organsko tlo

Coded value domain
PojavnostToka _CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
S	Stalni
P	Povremeni

Coded value domain
Dubina _CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
V	Vilo plitko , <3m
S	Plitko , 3 -15m
D	Duboko , >15 m

Coded value domain
NadmorskaVisina _CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
HIGH	Visoka , iznad 800 m
MID	Srednje visoka , 200 -800 m
LOW	Nizinska, ispod 200 m

Coded value domain
PripadnostSlivu _CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
JS	Jadranski sliv
CS	Crnomorski sliv
N	Nepoznato

Coded value domain
Tip_LWB_CT
Description
Field type *String*
Split policy *Default value*
Merge policy *Default value*

Code	Description
J	Jezero
A	Akumulacija
R	Retencija
RI	Ribnjak
O	Ostalo

Slika 4.: Atributne tablice, pripadajuće domene i relacijske veze tematske skupine vodnih tijela

Simple feature class
RiverBasin

Geometry *Polygon*
Contains M values *No*
Contains Z values *No*

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
SHAPE	Geometry	Yes					
NAME	String	Yes					100
MS_CD	String	Yes					22
EU_CD	String	Yes					24
DIST_CD	String	Yes					24
AREAKM2	Double	Yes			10	2	8
RB_ID	Double	Yes			14		
Sliv_ID	Double	Yes			14		
Naziv	String	Yes					50
Vodotok_ID	Double	Yes			14		
Povr_ina_Uk	Double	Yes			10	2	8
Povr_ina_RH	Double	Yes			10	2	8

Simple feature class
SubBasin_p

Geometry *Polygon*
Contains M values *No*
Contains Z values *No*

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
SHAPE	Geometry	Yes					
NAME	String	Yes					100
RB_ID	Double	Yes			14		
SB_ID	Double	Yes			14		
Sliv_ID	Double	Yes			14		
Podsliv_ID	Double	Yes			14		
Naziv	String	Yes					50
Vodotok_ID	Double	Yes			14		
Povr_ina	Double	Yes			10	2	8
Napomena	String	Yes					255

Slika 5.: Atributne tablice i relacijska veza tematske skupine slivova i podslivova

ZAKLJUČAK

Uvažavajući potrebe struke, informatičke znanosti, te mogućnosti i logiku GIS-a, pristupilo se klasifikaciji i atributizaciji prostornih podataka potrebnih za Hidrološku GIS bazu podataka. Određene su sve potrebne relacije na temelju kojih je izrađena struktura baze podataka. Prezentacijski slojevi baze organizirani su tako da uzajamnim prostornim preklapanjem pružaju sve osnovne i izvedene hidrološki relevantne informacije o vodnim sustavima. Također je predviđeno da svi ostali prostorni podaci, koji imaju značajnu ulogu u radu Službe za hidrologiju, budu pohranjeni u zasebne tematske skupine unutar baze. U prvoj je fazi baza popunjena vektoriziranim prostornim podacima položaja hidroloških stanica za mjerenje površinskih voda. Isti su dobiveni iz izmjerenih (GPS) XY koordinata. Ostali prostorni podaci se vektoriziraju s raspoloživih rasterskih podloga. Istovremeno se pridružuju i atributni podaci. Iduća faza uključuje sljedeću provjeru digitaliziranih podataka:

- jesu li digitalizirani svi zahtjevani podaci,
- jesu li vektorizirani podaci topološki točni,
- prikazuju li svi vektorizirani sadržaji stvarno stanje,
- jesu li popratni atributni podaci točni.

Ovako razvijena Hidrološka GIS baza podataka osigurava daljnju modernizaciju Službe za hidrologiju DHMZ-a te njezinu interoperabilnost sa aplikacijskim sustavima u državnoj upravi i javnom sektoru.

LITERATURA:

[1] Working Group GIS (2002), Guidance Document on Implementing the GIS Elements of the WFD. Water Framework Directive(WFD) Common Implementation Strategy.

AUTORI:

mr.sc. Roberta Abdulaj
Državni hidrometeorološki zavod, Grič3, 10000 Zagreb, Hrvatska
tel: +385 1 4882 669,fax: + 385 1 4882 886, abdulaj@cirus.dhz.hr

Dane Ličina
Državni hidrometeorološki zavod, Grič3, 10000 Zagreb, Hrvatska
tel: +385 1 4882 670,fax: + 385 1 4882 886, hydras3@cirus.dhz.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.02

TIPIZACIJA POVRŠINSKIH VODA SLIVA RIJEKE SAVE

Darko Barbalić, Tina Miholić, Marina Barbalić

SAŽETAK: Postizanje ekoloških ciljeva Okvirne direktive o vodama biti će mjereno i ekološkim stanjem vodenih cijelina. Da bi se moglo odrediti ekološko stanje vodene cjeline, potrebno je odrediti njezin tip. Površinske vode se prostorno raspoređuju u cjelinetipove, koje prema unaprijed određenim kriterijima imaju specifična ekološka obilježja. Republika Hrvatska je odabrala primjenu tipologije sustava B, prema projektu kojeg je 2005. godine izradio Prirodoslovno-matematički fakultet. U radu su dani preliminarni rezultati primjene tipologije na slivu rijeke Save, a također su dane i napomene za daljnji rad.

KLJUČNE RIJEČI: tipizacija, Okvirna Direktiva o vodama, ekotip, površinske vode, obavezni parametri, izborni parametri, sliv rijeke Save

SAVA RIVER BASIN SURFACE WATER TYPES

ABSTRACT: The success of the Water Framework Directive in achieving this purpose and its related objectives will be mainly measured by the status of surface water bodies. To assess surface water body status, it is required to identify its type. Republic of Croatia have decided to apply System B of typology, based on project made by University of Zagreb, Faculty of Science in year 2005. In this paper, preliminary results of application of typology in the Sava river sub basin are presented as well as notes for future work.

KEYWORDS: typology, Water Framework Directive, ecotype, surface waters, obligatory factors, optional factors, Sava river sub basin

UVOD

Okvirnom Direktivom o vodama (ODV) [5] uspostavlja se okvir za djelovanje Europske unije (EU) na području politike voda. ODV zahtjeva da države članice EU razvrstaju cjeline površinske vode u tipove te da se za iste utvrde referentni uvjeti.

ODV dozvoljava primjenu dva sustava tipologije:

- Sustav A
- Sustav B (daje mogućnost izbora opcionalnih parametara kao i njihovih granica između tipova ali mora omogućiti isti ili veći stupanj razlikovanja između tipova od sustava A).

Većina zemalja članica EU ([13]), kao i članica ICPDR-a ([8]) donijela je odluku da razvija sustav B tipologije, jer je sustav A ocijenjen kao nefleksibilan te da neudovoljava

svim postavljenim zahtjevima. Za razliku od prijelaznih i priobalnih voda za koje postoji vodič ([3]), metodologija izrade tipologije vodotoka prepuštena je državama.

HRVATSKA TIPOLOGIJA

Regionalizacija tekućica u Hrvatskoj obuhvaća prostorno utvrđivanje hidrografskih i limnofaunističkih regija i subregija te raspoređivanje pojedinih vodotoka i njihovih dijelova u cjeline, koje po unaprijed zadanim kriterijima imaju određena ekološka obilježja.

Tipizacija površinskih tekućica Hrvatske obrađena je u projektu [11 Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Sustav B izabran je zbog objektivnije i prihvatljivije klasifikacije tipova vodotoka, koristeći obvezne parametre (proizlaze iz implementacije ODV) te izborne parametre, čiji se odabir zasniva na ekološkim i faunističkim specifičnostima Hrvatske. Korišteni su obvezni parametri: površina sliva, nadmorska visina i litološka podloga. Uz navedene parametre određen je zemljopisni položaj ekoregija prema Illiesu, zasnovan na slijedećim odrednicama: fiziografska i geomorfološka obilježja, geološka povijest i rasprostranjenost vodene faune, recentna rasprostranjenost vodene faune, rasprostranjenost endema te geološke i litološke karakteristike. Od izbornih parametara korišteni su pojedini abiotički i biotički čimbenici. Korišteni su abiotički čimbenici: fiziografski čimbenici (granulometrijska struktura korita i protok), hidrološki režim (nivalni, nivalno-pluvijalni, ili aluvijalno-nivalni režim), stalnost toka (stalne, ili povremene tekućice) i maksimalna temperatura vode.

Kao biološki čimbenici u tipizaciju vodotoka bili su uključeni biocenotička struktura faune makrozoobentosa te saprobiološka obilježja bentonskih zajednica određena PB indeksom saprobnosti, temeljem analize faune makroinvertebrata. Kemizam vode također je u segmentu koncentracije otopljenog kisika i orto-fosfata uključen u tipizaciju.

Na osnovi izložene tipizacije na slivu rijeke Save definirana su 22 ekološka tipa tekućica, prikazana u tablici 1.

Tablica 1: Ekološki tipovi tekućica na slivu rijeke Save

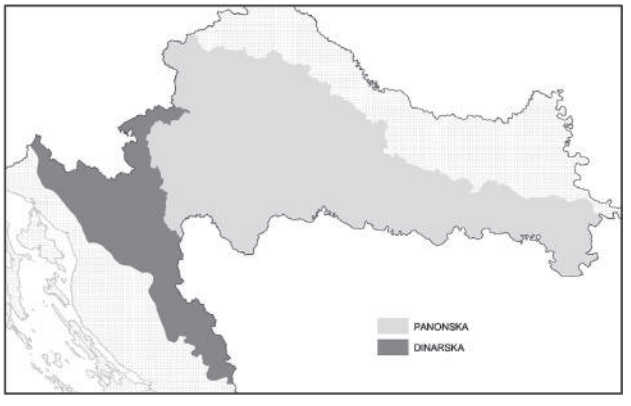
EKOLOŠKI TIPOVI TEKUĆICA NA SLIVU RIJEKE SAVE						
IME	**HR TIP**	**NADMORSKA VISINA (m n.m.)**	**POVRŠINA SLIVA (km^2)**	**GEOLOGIJA (dominantni tip)**	**SREDNJI GODIŠNJI PROTOK (m^3/s)**	**VRSTA PODLOGE**
Panonska ekoregija						
Prigorski izvorišni potoci	2a	200-800	10-100	Silikati	<2	Stjenovita, kameni blokovi
Prigorski izvorišni potoci	2b	200-800	10-100	Vapnenci	<2	Stjenovita, kameni blokovi, valutičasta
Nizinski izvorišni potoci	3a	<200	10-100	Silikati	<2	Pijeskovita, muljevita
Nizinski izvorišni potoci	3b	<200	10-100	Organsko	<2	Muljevita
Nizinske manje tekućice	3c	<200	10-100	Silikati	2-20	Šljunkovita, pijeskovita

Prigorske srednje velike tekućice	4a	200-800	100-1000	Silikati	2-20	Valutičasta, kameni blokovi
Nizinske srednje velike tekućice	4b	<200	100-1000	Silikati	2-20	Šljunkovita, pijeskovita
Nizinske srednje velike tekućice	4c	<200	100-1000	Organsko/ silikati	2-20	Šljunkovita, pijeskovita
Nizinske velike tekućice	5b	<200	1000-10000	Organsko/ silikati	>20	Pijeskovita, muljevita
Nizinske vel. tekućice, d. tokovi, vap. područ.	6	<200	1000-10000	Silikati	>20	Šljunkovita, pijeskovita
Nizinske vrlo velike tekućice, Sava g. tok	7b	<200	1000-10000	Silikati	>20	Šljunkovita, valutičasta
Nizinske vrlo velike tekućice, Sava s. tok	8	<200	1000-10000	Silikati	>20	Pijeskovita, šljunkovita, Valutičasta
Nizinske vrlo velike tekućice, Sava d. tok	9b	<200	1000-10000	Silikati	>20	Pijeskovita, šljunkovita, valutičasta
Dinarska ekoregija, Kontinentalna subekoregija						
Gorski izvorišni potoci	11	>800m	10-100	Vapnenci	<2	Stjenovita, kameni blokovi
Prigorski izvorišni sedrotvorni potoci	12a	200-800	10-100	Vapnenci	<2	Valutičasta, šljunkovita
Prigorski izvorišni nesedrotvorni potoci	12b	200-800	10-100	Silikati/ vapnenci	<2	Kameni blokovi, valutice
Nizinske manje sedrotvorne tekućice	12c	<200	10-100	Vapnenci	2-20	Kameni blokovi, valutice
Nizinske manje nesedrotvorne tekućice	12d	<200	10-100	Vapnenci/ silikati	2-20	Kameni blokovi, valutice
Prigorske sr. velike sedrotvorne tekućice	13a	200-800	100-1000	Vapnenci	2-20	Kameni blokovi, valutice
Prigorske sr. velike nesedrotvorne tekućice	13b	200-800	100-1000	Vapnenci	2-20	Kameni blokovi, valutice
Prigorske velike sedrotvorne tekućice	14a	200-800	1000-10000	Vapnenci	>20	Kamenita
Prigorske velike nesedrotvorne tekućice	14b	<200	1000-10000	Vapnenci	>20	Valutičasta, šljunkovita

METODOLOGIJA I KORIŠTENI PODACI

Za određivanje tipova vodotoka korišten je geografski informacijski sustav (GIS), odnosno, podacima o tipu vodotoka prema sustavu B nadopunjen je postojeći GIS sloj vodotoka. Korišteni GIS sloj vodotoka, nastao je korigiranjem i dopunom vodotoka preuzetih iz Informacijskog sustava voda (ISV).

Teritorij Republike Hrvatske pripada Dinarskoj i Panonskoj ekoregiji (slika 1).

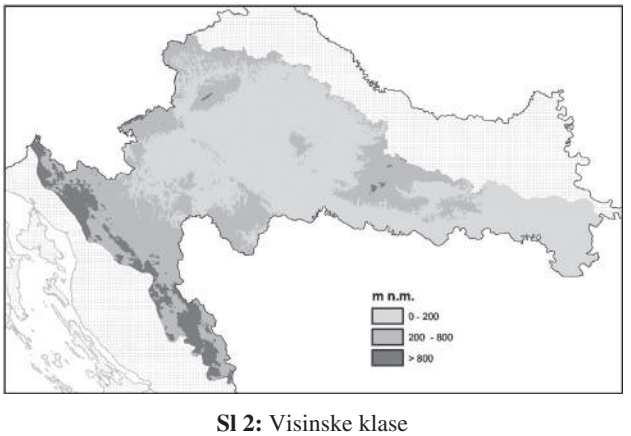


Sl. 1: Ekoregije na slivu Save

Za određivanje tipova vodotoka prema veličini sliva i prema nadmorskoj visini korišten je digitalni model terena (DMT). Tipologijom prema veličini sliva zahtjeva se određivanje vodotoka sa površinom sliva većom od 10 km^2. Stoga je za svaki segment vodotoka definiran sliv. U kršu su za razgraničenje slivova korišteni hidrogeološki slivovi i podaci o bojanjima iz dostupnih studija, a prvenstveno [10]. Na osnovu tako određene površine pripadajućih slivova za sve segmente vodotoka, omogućeno je njihovo svrstavanje u male, srednje, velike i vrlo velike. Vodotoci površine sliva manje od 10 km^2 svrstani su u posebnu klasu nazvanu "ispod praga" i nisu obuhvaćeni tipologijom.

Srednji godišnji protoci na hidrološkim postajama preuzeti su iz studija [4] i [6]. Na osnovu podatka o slivnim površinama i godišnjim oborinama ([7]) procijenjeni su srednji godišnji dotoci vodotoka na mjestima gdje ne postoje mjereni podaci.

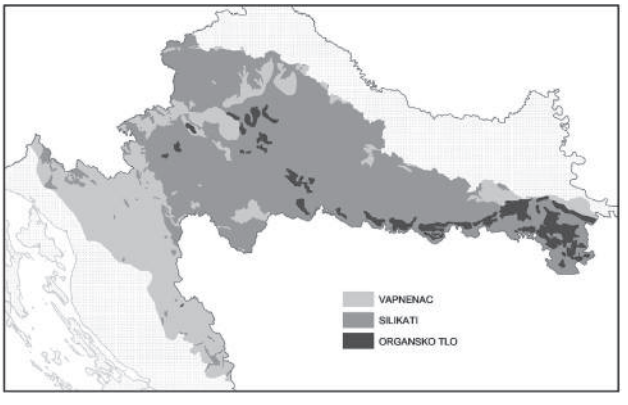
Tipologija po nadmorskoj visini određena je na osnovu nadmorske visine pojedinih segmenata vodotoka određenih na osnovu DMTa, te su svi segmenti vodotoka klasificirani u navedene visinske klase, prikazane na slici 2.



Sl 2: Visinske klase

Za potrebe određivanja tipova površinskih voda prema geološkim značajkama korištena je namjenska litološka karta Hrvatske [12], prikazana na slici 3. Za svaki segment vodotoka

proračunata je površinska zastupljenost pojedinih litoloških klasa na njegovom slivu te je kao dominantna klasa pridružena ona sa najvećom zastupljenošću.



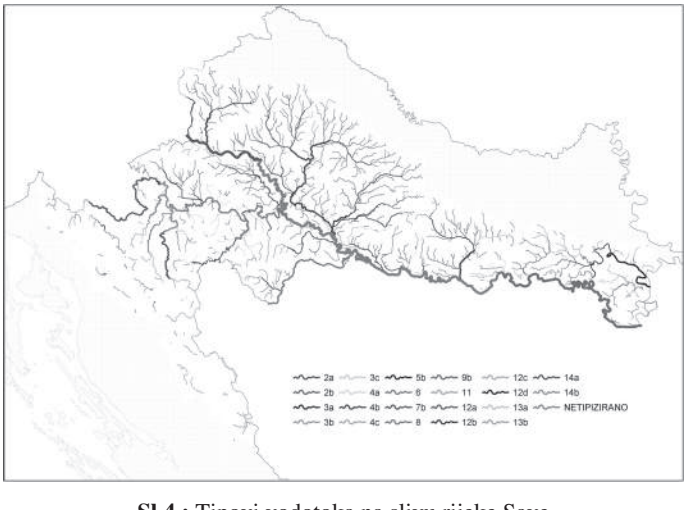
Sl 3: Namjenska litološka karta za sliv rijeke Save

Koristeći ovu metodologiju i podloge, svim vodotocima na slivu rijeke Save određene su abiotičke značajke, koje omogućavaju klasificiranje u tipove na osnovu sustava B, ODV-a.

Za dionice vodotoka kojima je ekspertnom procjenom određen biološki tip u okviru projekta [11] dodijeljen je taj tip. Ostalim vodotocima dodijeljen je tip na osnovu abiotičkih parametara određenih na opisani način. Ukoliko na osnovu abiotičkih parametara nije bilo moguće izvršiti klasifikaciju nekog vodotoka, on je svrstan u posebnu klasu „netipizirani", pri čemu su sačuvane rezutati njegove abiotičke karakterizacije radi daljnjih aktivnosti na tipiziranju.

REZULTATI

Prostorni položaj pojedinih tipova prikazan je na slici 4.

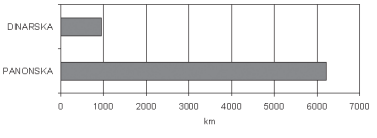


Sl 4.: Tipovi vodotoka na slivu rijeke Save

Od ukupno 41557 km svih vodotoka na slivu rijeke Save, tipologijom je obuhvaćeno 7180 km odnosno 17% svih vodotoka (slika 5).

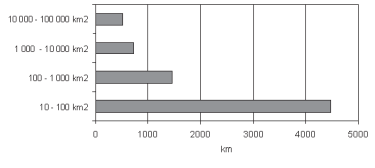
Sl. 5: Vodotoci obuhvaćeni tipologijom, prema kriteriju površine sliva

Od vodotoka obuhvaćenih tipologijom, dužinski samo 13% pripada Dinarskoj ekoregiji (slika 6).



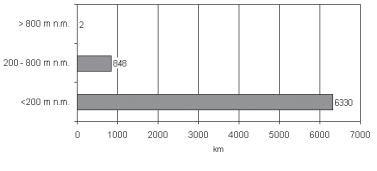
Sl. 6: Pripadnost vodotoka ekoregijama

Dužinski, preko 60% vodotoka po veličini pripadajućeg sliva klasificirani su u male (slika 7).



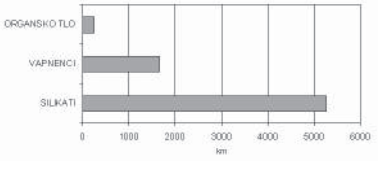
Sl. 7: Tipologija prema veličini sliva

Nešto manje od 90% vodotoka spada u nizinske, dok je ukupna dužina vodotoka iznad 800 m n.m. zanemariva.



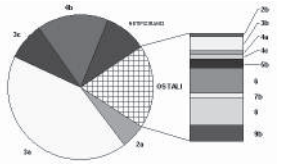
Sl. 8: Tipologija prema nadmorskoj visini

Litološki, u preko 70% slučajeva dominantna podloga je silikatna, dok organsko tlo dominira u oko 4% slučajeva.



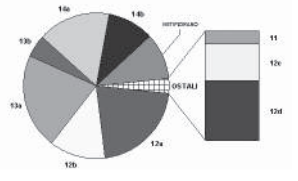
Sl. 9: Tipologija prema litologiji

Na Panonskom dijelu sliva identificirano je 13 tipova vodotoka, a oko 10% vodotoka nije klasificirano. Od toga, tipovi 2a, 3a, 3c i 4b čine dužinski preko 70% vodotoka. (slika 10).



Sl. 10: Tipovi vodotoka na panonskom dijelu sliva Save

Na Dinarskom dijelu sliva identificirano je 9 tipova vodotoka, a oko 10% vodotoka nije klasificirano. Od ovih 9 tipova, tipovi 11, 12c i 12d čine manje od 4% vodotoka, dok su ostali tipovi relativno ravnomjerno zastupljeni. (slika 11).



Sl. 11: Tipovi vodotoka na dinarskom dijelu sliva Save

Rijeka Sava klasificirana je u 3 tipa: 7b, 8 i 9b.

Od 100 km netipiziranih vodotoka Dinarske ekoregije, svi imaju procijenjeni protok manji od 20 m^3/s, 96% je površine sliva ispod 100 km^2 a 94% su vapnenački. Od oko 600 km netipiziranih vodotoka Panonske ekoregije 95% ima procijenjeni protok manji od 2 m^3/s, gotovo svi su prema visinskoj tipologiji niski, a približno 10% ih ima dominantno organsko tlo.

ZAKLJUČNE NAPOMENE

Primjena tipologije [11] na slivu rijeke Save je uspješno provedena. Približno 10% vodotoka je ostalo netipizirano odnosno na osnovu njihovih abiotičkih karakteristika, nije im bilo moguće pridružiti odgovarajući tip. Daljnim istražnim radovima, u kojima će se kao parametar uključiti biotički sustav razvrstavanja, potrebno je utvrditi pripadnost ovih netipiziranih tekućica pojedinom ekološkom tipu (definiranom biološkom klasifikacijom), ili pak novim ekološkim tipovima tekućica. Korištenje GISa se pokazalo nužnim za efikasno određivanje tipova i ovakva koncepcija omogućava jednostavne korekcije nakon što se prikupe točnije i preciznije podloge. Osnovni problem u primjeni opisane metodologije, predstavljali su ulazni podaci - GIS sloj vodotoka za čije korigiranje je utrošeno više od 90% ukupnog vremena, dok pojedine netočnosti drugih ulaznih podataka (DMT) nisu predstavljale bitne prepreke. Obzirom da projektom [11] nisu obuhvaćene stajačice, bilo bi uputno što hitnije dovršiti aktivnosti na definiranju nacionalne tipologije i za tu kategoriju voda. Nakon završenog preliminarnog razvrstavanja vodotoka po tipovima (na osnovu ekspertne procjene), trebalo bi pokrenuti daljnje aktivnosti, vezane za implementaciju ODVa, kao što su određivanje referentnih mjesta i referentnih uvjeta za svaki tip, te definiranje tip - specifičnog sustava ocjene ekološkog stanja. Preciznije i pouzdanije određivanje tipova (od područja do referentnih uvjeta) biti će moguće nakon uspostave i višegodišnjeg rada biološkog monitoringa. Naime, preciznijim utvrđivanjem

ovih pokazatelja omogućiti će se kvalitetniji odabir aktivnosti kojim bi se održao i/ili postigao dobar ekološki status voda s jedne strane, ali i objektivnije praćenje učinka provedenih mjera.

LITERATURA

[1] Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2003a): Identification of water bodies - Horizontal guidance document on the application of the term "water body" in the context of the Water Framework Directive

[2] Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive, Working Group 2.3 - REFCOND (2003b): Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters

[3] Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive, Working Group, Working Group 2.4 - COAST (2003): Guidance on Typology, Reference Conditions and Classification Systems for Transitional and Coastal Waters

[4] Hrvatske vode, VGO Sava, Služba razvitka i katastra, (2005): Studija malih voda sliva Save, Zagreb

[5] Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo (2002): Okvirna Direktiva o vodama Europske unije, Vodnogospodarska osnova Hrvatske, izdanja II, , Zagreb

[6] Hrvatske vode, VGO Sava, Služba razvitka i katastra, (2006): Generalne karakteristike sliva rijeke Save za potrebe izrade plana upravljanja slivom, nepublicirano

[7] Hrvatske vode (2006): Strategija upravljanja vodama - Nacrt, Zagreb

[8] ICPDR, MLIM EG (2003): Draft Minutes of the 30th MLIM EG Meeting , Annex 6 - Revised draft version of the paper on typology and reference conditions in the Danube River Basin, DANUBIS, 2003.

[9] Illies J. (1978): Limnofauna Europaea. Fischer, Stuttgart, New York; Swets & Zeitlinger

[10] Institut za geološka istraživanja, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju (2005): Karakterizacija vodnih cjelina na Crnomorskom slivu u okviru implementacije Okvirne direktive o vodama EU, Zagreb

[11] Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek i Hrvatski Prirodoslovni Muzej Zagreb (2005): Definiranje tipova površinskih voda i izrada nacrta tipologije površinskih kopnenih voda Hrvatske - Studija, Zagreb

[12] Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko geološko-naftni fakultet (2004): Definiranje tipova površinskih voda, geološko-litološke podloge - Tumač, Zagreb

[13] Van de Bund, W. (2001): Assigning Water Body Types: An Analysis Of The Refcond Questionnaire Results, European Commission, Joint Reserch Centre, Institute for Environment and Sustainability, Inland and Marine Waters Unit, Ispra, Italy

AUTORI:

Darko Barbalić, dipl.ing.građ.,
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, *darkob@voda.hr*

Tina Miholić, dipl.ing.biol.,
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, *tmiholic@voda.hr*

Marina Barbalić, dipl.ing.građ.,
Hrvatske vode, VGO za vodno područje sliva Save, *rmarina@voda.hr*

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.03

DOPRINOS METODOLOGIJI ODREĐIVANJA CJELINA POVRŠINSKIH VODA U HRVATSKOJ

Darko Barbalić, Danko Biondić, Sanja Barbalić

SAŽETAK: Okvirna direktiva o vodama (ODV) je uvela niz novih pojmova u vodnogospodarsku praksu, među kojima i pojam vodene cjeline - ključnog elementa na koji se odnose brojni zahtjevi direktive i koji služi za predočavanje stanja voda i njegovu usporedbu s ciljevima zaštite okoliša. Iako je pojam vodene cjeline jedan od najpreciznije definiranih u ODV, u praksi drugih zemalja kao i prilikom razmatranja metodologije za određivanje vodenih cjelina u Hrvatskoj može se naići na vrlo različita tumačenja. Da bi se omogućilo definiranje što prikladnije metodologije za određivanje cjelina površinskih voda u Hrvatskoj, napravljena je analiza karakteristika preliminarno definiranih vodenih cjelina na crnomorskom slivu.

KLJUČNE RIJEČI: Okvirna direktiva o vodama, planovi upravljanja vodnim područjima, vodene cjeline, crnomorski sliv

CONTRIBUTION TO THE METHOD OF SURFACE WATER BODY DELINEATION IN CROATIA

ABSTRACT: Water Framework Directive (WFD) have introduced many new terms in water management. One of them is water body - key unit to which a number of the Directive's requirements are related and whose purpose is to enable the status to be accurately described and compared to environmental objectives. In spite of the fact that term "water body" is one of the most precise defined ones in the WFD, there is a lot of opposing applications of it across the Europe.To create surface water bodies delineation methodology in Croatia as appropriate as possible, analysis of preliminary delineated surface water bodies in the Danube river basin was made.

KEYWORDS: Water Framework Directive, river basin management plans, water bodies, Danube river basin

UVOD

Okvirna direktiva o vodama (ODV), [2] je dokument kojim se uspostavlja okvir za djelovanje Europske unije na području politike voda. Republika Hrvatska je započela s postupkom usklađivanja nacionalnog zakonodavstva sa zakonodavstvom Europske unije te time i započela sa prihvaćanjem načela i usklađivanjem zakonodavstva u vodnom sektoru sa ODV.

Da bi se implementacija ODV i kontrola dostizanja u njoj postavljenih ciljeva provela u praksi, uveden je, između ostalog, i koncept "vodene cjeline" - ključnog elementa na koji se odnose brojni zahtjevi definirani u direktivi. Dakle "vodene cjeline" su elementi koje služe za predočavanje stanja voda i njegovu usporedbu sa osnovnim ciljevima zaštite okoliša postavljenim u ODV.

Koncept vodene cjeline, kako je definiran u ODV do sada nije korišten u vodnogospodarskoj praksi u Hrvatskoj. S obzirom na to da je u njegovoj primjeni dozvoljeno uvažavanje nacionalnih specifičnosti, potaknut je niz stručnih rasprava usmjerenih na definiranje metodologije primjenljive s obzirom na prirodnu raznolikost i vodnogospodarsku praksu u Republici Hrvatskoj.

TEORETSKE OSNOVE I METODOLOGIJA

Primijenjeni postupak određivanja cjelina površinskih voda u osnovi se zasniva na ODV [2] i CIS vodiču [5] u kojem su određene osnovne teoretske postavke, i dopušta se mogućnost njihove interpretacije u skladu s nacionalnim specifičnostima.

Pri preliminarnom određivanju cjelina površinskih voda uvažavaju se prvenstveno značajke “okoliša” opisane kategorijom voda, tipovima voda, fizičko-geografskim značajkama voda i sliva. Međutim, nakon svih analiza koje je neophodno provesti u okviru plana upravljanja vodnim područjem, po potrebi pojedine cjeline površinskih voda preciznije se utvrđuju uzimajući u obzir i “vodnogospodarske” značajke (rizik postizanja ciljeva zaštite okoliša, poseban status vodene cjeline i slično).

Iako se ODV odnosi na zaštitu svih voda, u njenoj primjeni nije obavezno svrstati u cjeline površinskih voda sve elemente površinskih voda. Tako na osnovu [5], vodotoke s površinom sliva manjom od 10 km^2 i stajaćice s površinom vodnog lica manjom od 0.5 km^2 u općem slučaju nije potrebno proglašavati vodenim cjelinama, odnosno njihovo stanje ne treba posebno pratiti i o tome redovito izvještavati na razini EU.

Pri preliminarnom određivanju cjelina površinskih voda crnomorskog sliva u Hrvatskoj uzeti su u obzir čimbenici:

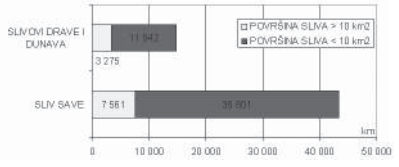
- Zastupljene su dvije kategorije površinskih voda: tekućice i stajačice. Obzirom da ne postoje preporuke za njihovo razgraničenje, procjena je bazirana na dostupnim prvenstveno prostornim podacima, prikupljenim informacijama i iskustvu. Polazište je podjela voda na tekućice i stajačice sadržana u podacima preuzetim iz Informacijskog sustava voda (ISV). Također korišteni su pragovi preporučeni u vodiču [5].
- Definiranje tipova površinskih voda sprovedeno je na osnovu projekta [8].
- S obzirom da planovi upravljanja vodnim područjima nisu dovršeni, završeno je preliminarno, određivanje cjelina površinskih voda. Naime, pri njihovom određivanju nije bilo moguće uzeti u obzir vodnogospodarski značaj pojedinih voda osobito onih koje su ispod pragova da bi bile određene kao posebne vodene cjeline.

Uzimajući u obzir opseg posla i raspoložive podloge, te formu u kojoj je potrebno prezentirati i razmjenjivati rezultate, u radu je korišten geografski informacijski sustav

(GIS). Prikaz metodologije dan je u radu [10].

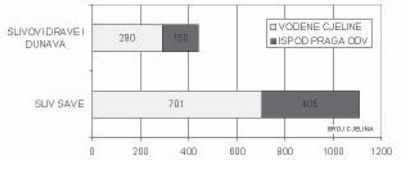
PREGLED REZULTATA PRELIMINARNOG RAZGRANIČENJA

Od ukupno 69 600 km vodotoka hidrografskog modela Crnomorskog sliva pripremljenog za potrebe planova upravljanja vodnim područjima, oko 58 000 km klasificirano je u vodne cjeline na području Hrvatske. Od toga oko 10 800 km čine vodotoci površine sliva veće od 10 km^2 (slika 1).



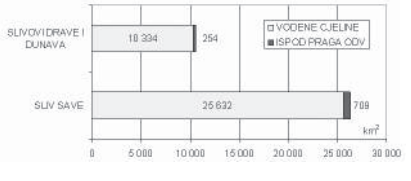
Slika 1: Dužine vodotoka vodnih cjelina na području cnomorskog sliva u Hrvatskoj

Određena je ukupno 991 cjelina površinskih voda - tekućica, a na slivu se nalazi još 555 tekućica koje su ispod predloženog kriterija za proglašavanje cjelinama površinske vode (to su najćešće potoci površine sliva manje od 10 km^2 koji utječu u stajačice ili poniru). Potreba uključivanja ovih tekućica ovisiti će o njihovom vodnogospodarskom značenju.



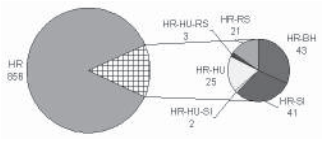
Slika 2: Broj vodenih cjelina - tekućica na Crnomorskom slivu

Pripadajuća površina slivova vodenih cjelina iznosi oko 36 930 km^2 (slika 3), nešto više od površine crnomorskog sliva u Hrvatskoj i to zato, jer je dio vodnih cjelina međunarodni, pa se njima pripadajuće slivne površine nalaze dijelom na teritoriju susjednih zemalja (slika 4).



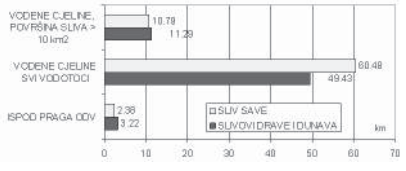
Slika 3: Površina vodenih cjelina na području Hrvatske

Od 991 vodne cjeline, na teritoriju Hrvatske u potpunosti je njih 856, dok su preostalih 135 međunarodne vodene cjeline (slika 4). Ovdje prikazani broj međunarodnih vodenih cjelina nije konačan prije svega zato što su za njihovu identifikaciju korišteni isključivo raspoloživi podaci o državnoj granici Hrvatske, koja još uvijek u cijelosti nije utvrđena, te netočnosti GIS podloga, ali može poslužiti kao orijentacija.



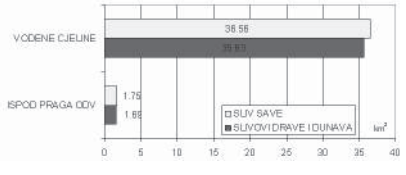
Slika 4: Međunarodne vodene cjeline

Karakteristike prosječne vodene cjeline su ujednačene na oba sliva, što u određenoj mjeri ukazuje na slične fizičko - geografske značajke područja. Prosječnu vodenu cjelinu crnomorskog sliva čini 57 km vodotoka od čega je 11 km vodotoka sa površinom sliva većom od 10 km^2 (slika 5). Prosječna površina neposrednog sliva vodene cjeline iznosi 36.3 km^2 (slika 6)



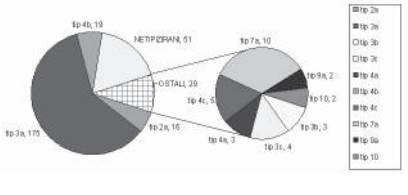
Slika 5: Dužina vodotoka prosječne vodene cjeline

Prosječna površina sliva tekućica koje se sa svojom ukupnom površinom sliva nalaze ispod kriterija ODV iznosi 1,7 km^2 a čini je oko 2.6 km vodotoka.



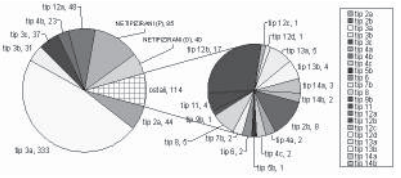
Slika 6 : Površina neposrednog sliva prosječne vodene cjeline

Sliv Drave i Dunava u Hrvatskoj spada u Panonsku ekoregiju. Vodotoci su podijeljeni u 10 tipova, a 51 vodena cjelina nije tipizirana, odnosno ima abiotičke karakteristike koje nije moguće priključiti niti jednom biotičkom tipu (slika 7). Preko 60% vodenih cjelina pripada tipu 3a, nizinskim izvorišnim potocima.



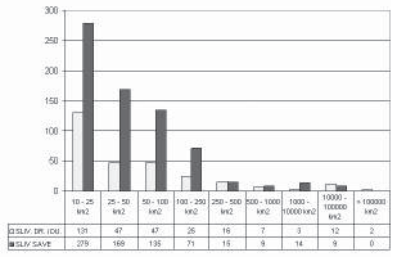
Slika 7: Tipovi vodotoka, sliv Drave i Dunava

Na slivu Save, vodotoci su svrstani u 13 Panonskih i 9 Dinarskih tipova. Netipizirano je 85 vodenih cjelina u Panonskoj i 40 vodenih cjelina u Dinarskoj ekoregiji. Oko 45% vodenih cjelina pripada tipu 3a.

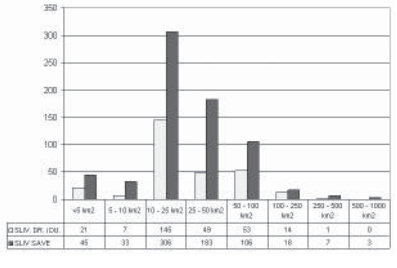


Slika 8: Tipovi vodotoka, sliv Save

Najveći broj vodenih cjelina ima površinu sliva između 10 i 25 km^2. Dvije vodene cjeline sa slivnom površinom većom od 100 000 km^2 odnose se na rijeku Dunav (slika 9).

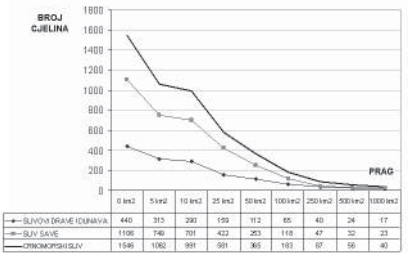


Slika 9: Vodene cjeline sistematizirane u odnosu na najveću površinu sliva



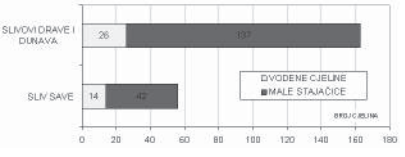
Slika 10: Vodene cjeline sistematizirane u odnosu na neposrednu površinu sliva

Obzirom, da se često, kako u Hrvatskoj, tako i u okviru međunarodnih organizacija razmatra promjena kriterija o minimalnoj slivnoj površini vodotoka za određivanje vodenih cjelina, na slici 11 dana je približna ovisnost broja vodenih cjelina o veličini praga. Zbog toga prilikom razmatranja ovog kriterija posebnu pozornost treba posvetiti vodnogospodarskim uvjetima i praksi kako bi se osigurao dovoljno učinkovit i precizan sustav praćenja rezultata provedbe planiranih mjera i aktivnosti koje za cilj imaju očuvanje ili dovođenje vodenih cjelina u dobar ekološki status.



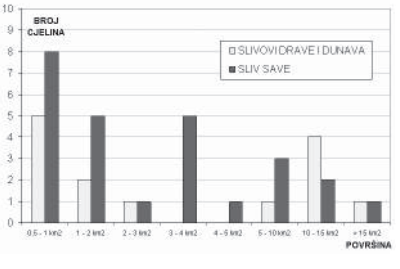
Slika 11: Broj vodenih cjelina u odnosu na veličinu kriterija za njihovo određivanje

Na crnomorskom slivu identificirane su ukupno 234 stajačice, grupirane u 40 cjelina površinskih voda i 179 stajačica ispod preporučenog praga ODV. Dvije vodene cjeline su međunarodne (po jedna na slivu Drave i Save)

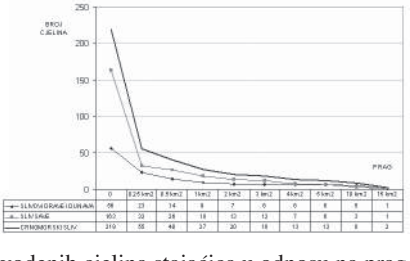


Slika 12: Broj vodenih cjelina - stajačica na Crnomorskom slivu.

Slično kao i kod tekućica, broj vodenih cjelina bitno opada ukoliko se poveća kriterij minimalne površine vodnog lica. Pri tome treba uzeti u obzir da se na taj način, prestaju pratiti stanja - statusi manjih jezera koja mogu biti vrlo značajna.



Slika 13: Broj vodenih cjelina - stajaćica u odnosu na površinu vodnog lica



Slika 14: Broj vodenih cjelina stajaćica u odnosu na prag za određivanje

ZAKLJUČNE NAPOMENE

Na osnovi provedenih analiza koje su imale za cilj preliminarno određivanje cjelina površinskih voda, može se zaključiti da je primjenjivost uvedenog koncepta vodene cjeline kao osnovnog elementa upravljanja vodama na koje se odnose odredbe ODV, moguće provjeriti tek nakon njihovog usklađivanja sa vodnogospodarskim potrebama. Pri tome će se najvjerojatnije morati korigirati preliminarno utvrđene vodene cjeline. Također, može se očekivati da će se pri izradi svakog narednog plana upravljanja vodnim područjima (svakih 6 godina) vršiti reinterpretacija vodenih cjelina kako bi nova podjela omogućila jasno utvrđivanje stanja voda i učinkovito praćenje efekata provedbe novoplaniranih mjera. Na ovom početnom stupnju razrade koncepta moguće je dati nekoliko komentara koji se prije svega odnose na odabranu metodu kombinacije prostornih analiza i razgraničenja vodenih cjelina razvijenih u GIS okruženju.

- Mjerilo i preciznost korištenih prostornih podataka, kako općih tako i onih specifično izrađenih za potrebe implementacije ODV, djelomično su zadovoljili potrebe. Naročito veliki napor uložen je u dosljedno korigiranje GIS podataka o vodotocima koji su potom iskorišteni kao osnova za različite proračune i prostornu interpretaciju.
- Primjena GISa značajno je olakšala rad na određivanju cjelina površinskih voda pa više nije bilo potrebno iznalaziti kompromisna rješenja kojima bi se smanjio broj vodenih cjelina uz najmanji mogući gubitak informacija bitnih za kvalitetno upravljanje vodama.
- Određivanje vodenih cjelina nije moguće promatrati odvojeno od ostalih aktivnosti neophodnih za provedbu odredbi direktive koje se odnose na pripremu planova upravljanja vodnim područjima (npr. [3]) pa bi bilo uputno napraviti analogne analize kako bi se stekao uvid u mogućnosti zaokruženja čitavog procesa implementacije, što do sada nije učinjeno.
- Pri određivanju cjelina površinskih voda nije korišten kriterij značajnih hidromorfoloških promjena (npr. ušća značajnijih pritoka) koji može s jedne strane dovesti do povećanog broja manjih cjelina površinskih voda ali s druge strane takve novonastale cjeline imaju za vodnogospodarsku praksu prihvatljiviji oblik (teže k dionicama vodotoka koje su tradicionalni element upravljanja vodama). Radi toga bilo bi uputno razmotriti kakav bi utjecaj imala i primjena tog kriterija.
- Iako se ODV odnosi na zaštitu svih voda, u praksi postoji težnja da se čvrsto odrede kriteriji minimalno značajne tekućice/stajačice (minimalna površina sliva za tekućice i minimalna površina vodnog lica za stajaćice) koje vodena cjelina mora zadovoljiti da bi mogla biti određena kao zasebna. U okviru rada na određivanju vodenih cjelina na slivu rijeke Kupe ([11]) primjena takvog pristupa nije bila opravdana osobito na području krša radi izraženog nesrazmjera između vodnogospodarskog značaja, kapaciteta (veličine) i raspoloživosti vodnog resursa. I druga karakteristike krša, nepouzdanost procjene prije svega slivne površine, ali i ostalih značajki voda, također navodi na zaključak da nije opravdano koristiti unaprijed čvrsto određene pragove za identifikaciju vodenih cjelina nego za proglašavanje voda vodenim cjelinama uz veličinu, treba uzeti u obzir i njihov vodnogospodarski značaj te potrebu njihove zaštite. S druge strane, primjena GISa je u velikoj mjeri smanjila dodatno radno opterećenje uzrokovano povećanjem aktivnosti usljed nešto većeg broja vodenih cjelina. Smanjenje i/ili ukidanje praga za određivanje cjelina površinskih voda se može zamjetiti i u praksi nekih drugih zemalja (npr. [6], [7], [9]).
- Radi praktičnijeg rada bilo bi uputno uvesti "govoreći" nacionalni sustav kodiranja vodenih cjelina. U okviru EU ne postoji zajednički sustav, primjeri nekih zemalja se mogu naći u [1], a preporučuje se (u [4]) da se koriste sustavi zasnovani na modificiranom Pfafstetter-ovom, koji također ne zadovoljava sve potrebe.

- Iako u ovom trenutku to nije predstavljalo značajniji problem za određivanje cjelina površinskih voda, uočava se nedostatak određenih podataka (naročito atributnih) koje će biti potrebno prikupiti kako bi se omogućio kvalitetniji i učinkovitiji nastavak aktivnosti na implementaciji ODV.

ZAHVALA

Autori zahvaljuju dipl.ing. Arijani Senić i dipl.ing. Tomislavu Šlehti, te ostalim djelatnicima Hrvatskih voda na pomoći i uloženom trudu na korigiranju GIS podloga.

LITERATURA

[1] Brilly, M.: *The Danube and its Basin. Follow-up vol 6, A hydrological monograph, Pt.1, Danube River Basin Coding*, slovenian IHP committee, 2000.

[2] *Okvirna Direktiva o vodama Europske unije*, Vodnogospodarska osnova Hrvatske, izdanja II, Htrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Zagreb, 2002.

[3] *CIS Guidance Document No 4, Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2003.

[4] *CIS Guidance Document No 9, Implementing the Geographical Information System Elements (GIS) of the Water Framework Directive*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2003.

[5] *CIS Guidance document no 2, Identification of Water Bodies*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2003.

[6] *Guidance on the identification of small surface water bodies*, UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive, United Kingdom, 2003.

[7] *Small Water Bodies Short Method Statement Water Framework Directive Summary Report of the characterisation and impact analyses required by Article 5, Northern Ireland*, Environment and Heritage Service (EHS), 2005.

[8] *Definiranje tipova površinskih voda i izrada nacrta tipologije površinskih kopnenih voda Hrvatske - Studija*, Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu i Hrvatski Prirodoslovni Muzej Zagreb, Zagreb, 2005.

[9] De Schutter J.: *WFD Characherisation Experiences Netherlands and Belgium (Rhine, Meuse)*, prezentacija, Trogir, 2005.

[10] Barbalić D.: *Određivanje cjelina površinskih voda*, Hrvatske vode 56/57, str. 289-349, Zagreb,2006.

[11] *Pilot River Basin Plan for Sava River Croatia, Bosnia and Herzegovina, Serbia and Montenegro River Sub-Basin Characterisation Report - Kupa*, Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Zagreb, u pripremi

AUTORI:

Darko Barbalić, dipl.ing.građ.,
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, darkob@voda.hr

Dr.sc. Danko Biondić, dipl.ing.građ.,
Hrvatske vode, Direktor razvitka, dbiondic@voda.hr

Mr.sc. Sanja Barbalić, dipl.ing.građ.,
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, zavod@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.04.

COMPLIANCE WITH EUROPEAN UNION URBAN WASTE WATER TREATMENT DIRECTIVE IN CROATIA

Hans Bruins, Gorana Ćosić-Flajsig, Davorin Singer

SUMMARY: In the implementation of the EU legislation on water management Croatia has to comply with the requirements of the Urban Waste Water Treatment (UWWT) Directive (91/271/EEC). Major requirements of this directive stipulate:

- All urban agglomerations of more than 2000 person equivalents (PE) should have adequate waste water collection and treatment systems.
- Urban agglomerations of more than 10000 PE, discharging their wastewater into sensitive areas, require more advanced waste water treatment systems with higher nitrogen and phosphorus removal rates.
- Agro-food industries with a waste water load equivalent to 4000 PE or more, that are not connected to urban waste water systems, require adequate waste water treatment.

The urban waste water treatment directive differentiates the quality standards and requirements for the discharge of effluent for different recipients, e.g. protected surface waters, groundwater or sensitive areas, and adequate sludge disposal. The preparation of a waste water management master plan for Croatia, targeting at compliance with the requirements of the UWWT Directive. The master plan entails the development of waste water collection and treatment systems in the urbanised agglomerations of more than 2000 PE. About 185 agglomerations have been identified, with a total population of about 3.3 million, 70 % of the total population of Croatia. Proposed the locations of the agglomerations, he existing situation as to water supply, waste water collection, treatment and discharge in these agglomerations, has been inventoried and reported through GIS. After selection of the urban agglomerations outline designs for waste water collection and treatment systems, including upgrading of the existing systems, have been prepared, including preliminary investment cost estimates. The outline designs and cost estimates are described in the master plan for waste water management, which is the basis document for realisation of adequate systems for collection and treatment of urban and industrial waste water in compliance with the EU urban waste water treatment directive. The master plan includes a time schedule for implementation of the plan on the basis of optimum cost effectiveness, which implies that priority is given to the projects that result in: (i) the largest volume of treated waste water at the lowest costs, and (ii) the mitigation of the most serious water pollution problems.

In the master plan specific attention is given to:

- Development of appropriate waste water treatment systems for small agglomerations with simple operation and low costs.

- Waste water treatment systems for tourist areas with large seasonal fluctuations of the waste water load.
- Minimisation of the costs of sludge treatment and disposal.

KEYWORDS: implementation of the EU legislation, UWWT Directive, agglomerations, national compliance plan UWWTD

USKLAĐIVANJE S EUROPSKOM DIREKTIVOM O PROČIŠĆAVANJU OTPADNIH VODA U HRVATSKOJ

SAŽETAK: U sklopu implementacije europskog zakonodavstva upravljanja vodama, u Hrvatskoj, potrebno je usklađivanje sa zahtjevima Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEC). Glavni zahtjevi ove direktive ugovaraju sljedeće:

- Sve urbane aglomeracije veće od 2000 ES moraju imati adekvatan sustav odvodnje I pročišćavanja otpadnih voda.
- Urbane aglomeracije veće od 10000 ES, koje ispuštaju svoje otpadne vode u osjetljiva područja, zahtijevaju napredniji sustav pročišćavanja otpadnih voda s većim udjelom uklanjanja dušika i fosfora.
- Prehrambena industrija s teretom otpadnih voda većim od 4000 ES ili više, koja nije priključena na urbani sustav otpadnih voda, zahtijevaju adekvatno pročišćavanje otpadnih voda.

Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda razlikuje standard kakvoće I zahtjeve za ispuštanjem efluenta za različite prijamnike, npr. zaštićena područja, podzemne vode ili osjetljiva područja, te adekvatno odlaganje mulja. Izrada nacionalnoga plana pročišćavanja otpadnih voda u Hrvatskoj, usmjerena na usklađivanje sa zahtjevima Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda. Nacionalni plan povlači za sobom razvitak sustava odvodnje i pročišćavanja u urbaniziranim aglomeracijama većim od 2000 ES. Identificirano je oko 185 aglomeracija, s ukupnim brojem od oko 3.3 milijuna stanovnika, 70 % ukupnoga broja stanovnika u Hrvatskoj. Predložene lokacije aglomeracija, kao i postojeći sustavi javne vodoopskrbe, sustavi javne odvodnje, pročišćavanja i ispuštanja otpadnih voda navedenih aglomeracija, izrađeni su i prikazani putem GIS alata. Nakon odabira urbanih aglomeracija skica nacrta sustava za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda, uključuje unaprjeđivanje postojećih sustava, koji su izrađeni, uključujući preliminarnu procjenu investicijskih troškova. Skica nacrta i procjena troškova su prikazani u nacionalnom planu upravljanja otpadnih voda, koji su temeljni dokument za realizaciju adekvatnoga sustava za prikupljanje i pročišćavanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda usklađeni su s Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda EU-a. Nacionalni plan uključuje vremenske rokove implementacije plana, temeljem optimalnih odnosa troškova i učinkovitosti, koji utječu na izradu prioritetnih projekata temeljem: (i) najvećeg volumena pročišćenih otpadnih voda s minimalnim troškovima i (ii) ublažavanja najozbiljnijih problema onečišćenja voda.

U sklopu izrade nacionalnoga plana posebno je obrađeno sljedeće:

- Razvitak sustava pročišćavanja otpadnih voda primjerenoga za male aglomeracije, i to onih koji su jednostavni u pogonu i s niskim troškovima.
- Sustavi pročišćavanja otpadnih voda za turistička područja s većim sezonskim fluktuacijama tereta otpadnih voda.
- Minimizacija troškova obrade i dispozicije mulja.

KLJUČNE RIJEČI: primjena EU propisa, Direktiva o POV, aglomeracije, nacionalni plan

1. INTRODUCTION

A large number of cities and villages in Croatia do not have adequate waste water collection and treatment systems. The existing systems are often not functioning adequately and do not serve the entire population of the city or village. Construction of adequate waste water collection and treatment systems, as required by the EU legislation for water pollution control and protection of the environment, has to be carried out in order to achieve that all densely populated and urbanized/ industrialised areas are served by waste water collection and treatment systems that will result in fulfilment of the EU standards for effluent quality and sludge disposal, and in compliance with the locally prevailing regulations for surface water and groundwater quality, and for protection of natural resources.

This paper outlines a master plan for waste water management in Croatia. The objective of this plan is to realise compliance with the requirements of the Urban Waste Water Treatment Directive (91/271/EEC and 98/15/EEC amending 91/271/EEC). As such the plan focuses on urbanised agglomerations of more than 2000 person equivalents (PE).

The UWWT Directive focuses upon the control of water pollution from urban sources, including population, industries and other point sources of water pollution within the urban area's boundaries. In addition the UWWT Directive deals with large agro-food industries, generating waste loads of more than 4000 PE, which may be located outside the urban agglomerations. Other non-urban point sources of water pollution, i.e. other types of industries, large farms, landfills are not covered by the UWWT Directive.

2. EXISTING SITUATION WATER SUPPLY, WASTE WATER COLLECTION, WASTE WATER TREATMENT)

2.1 Public water supply

Approximately 76% of Croatia's population is served by public water supply, of which 90 % is supplied from groundwater sources and 10 % from surface water sources. In 2003 there were 127 public water supply companies in the country.

In 2002 the total quantity of water supplied by the public systems to the end-users amounted to about 365,000,000 m^3. Data on the water supply in the different watersheds are given in Table 2.1.

Table 1 : Quantities of water supplied by the Water Companies and service level in 2002 [7]

Watershed area	Non-domestic (Mm^3/year)	Domestic (Mm^3/year)	Total (Mm^3/year)	Population served (%)
Sava (excl. Zagreb)	36	27	63	55
Drava and Danube	50	25	75	64
Primorski	26	28	54	92
Dalmatia	43	39	82	83
Zagreb	41	50	91	96
Total	196	169	365	76

The average water losses in the public systems amount to 43% of the abstracted water volume.

Own abstraction of water by industries amounts to about 300 Mm^3/a.

Some key figures on public water supply are [2] (data from 115 Water Companies):

- Volume of water consumed: 311,616,000 m^3
- Length of water mains: 7,335 km
- Length of distribution network: 24,792 km
- Number of connections: 988,327

2.2 Waste water loads

A summary of waste water loads from point sources is given in the table below. About 53 % of the domestic waste water volume, from settlements with more than 500 inhabitants, is collected in public sewer systems, but only 9 % of the domestic organic waste load (BOD_5) is actually removed by waste water treatment systems.

Table 2: Point sources of pollution [7]

Watershed area	Waste load from population (t BOD_5/yr)				Industry load (t BOD_5/yr)	Tourism load (t BOD_5/yr)	Total load (t BOD_5/yr)
	Into sewer system	Removed	Not sewered *)	Total			
Sava	22,223	1,648	16,483	37,058	13,362	0	50,420
Drava-Danube	4,540	2,503	10,884	12,921	21,845	0	34,766
Primorski	6,770	1,945	2,769	7,594	2,392	1,998	11,984
Dalmatia	5,731	317	10,277	15,691	647	884	17,222
Croatia	39,264	6,413	40,413	73,264	38,264	2,882	114,392

*) From settlements with population > 500 inhabitants

The loads from non-point sources, i.e. settlements with less than 500 inhabitants, are listed below:

Table 3: Non-point sources [7]

Watershed area	Settlements < 500 inhabitants Waste load (t BOD_5/yr)
Sava	9,735
Drava-Danube	2,839
Primorski	2,218
Dalmatia	2,712
Croatia	17,504

Industries and tourism:

The total waste water volume from industrial sources equals 52,000,000 m^3 per year. 45 % of this volume is collected by public sewerage systems. About 36% of this volume is

discharged after treatment by industrial WWTPs. The remainder volume is discharged without treatment. The estimated annual waste water from industries is estimated at about 38,250 t BOD_5 per year, equal to about 1,750,000 PE [7].

There are data on 11 food industries with a waste load larger than 4000 PE, mainly in the beverages and meat processing sectors.

The estimated waste water load from tourism equals 2,880 t BOD_5 per year, equal to about 130,000 PE [7]. .The discharge of this waste takes mainly place during the months July and August, and is concentrated along the Adriatic Sea coast..

2.3 Waste water collection and treatment

Sewerage coverage is presently estimated at 53% countrywide, and shows considerable regional variation being considerably higher in the Littoral and Istrian river basin, than in any other region of Croatia. Combined sanitary and rainwater systems predominate in the city centres with systems that are more than 50 years old. Only a few smaller cities and residential districts of bigger towns have separate systems. Tables 4..and 5. give data on existing urban sewerage systems and WWTPs.

Some key figures on public sewerage include [2] (data from 115 Water Companies):

- Total volume of wastewater: 250,658,000 m^3
  - Treated wastewater: 160,277,000 m^3
  - Untreated wastewater: 90,381,000 m^3
- Length of sewerage network: 5,996 km
- Length of main sewers: 1,314 km
- Number of connections: 358,719

Table 4: Overview of sewerage systems and existing urban wastewater treatment plants [10]

Watershed	No. of settlements	Population	With sewerage		With WWTP
			Completed	Partial	
Dalmatia	180	< 2000	13	13	5
	49	2000 - 10000	10	14	5
	8	10000 - 50000	4	4	3
	2	> 50000	2	0	0
Primorski	106	< 2000	24	23	31
	25	2000 - 10000	16	8	17
	2	10000 - 50000	2	0	2
	2	> 50000	2	0	2
Sava (incl. Zagreb)	452	< 2000	32	29	17
	70	2000 - 10000	26	10	9
	15	10000 - 50000	15	0	5
	2	> 50000	2	0	0
Drava and Danube	303	< 2000	6	9	2
	45	2000 - 10000	11	9	5
	6	10000 - 50000	6	0	4
	1	> 50000	1	0	0
Croatia	1041	< 2000	75	74	55
	189	2000 - 10000	63	41	36
	31	10000 - 50000	27	4	14
	7	> 50000	7	0	2

Table 5: Overview of existing waste water treatment plants and sewerage systems in Croatia [10]

Watershed	Population	With sewerage	With sewerage and WWTP
Dalmatia	< 2000 2000 - 10000 10000 - 50000 > 50000	15955 43250 80115 122350 261670	3310 6790 42885 0 52985
Primorski	< 2000 2000 - 10000 10000 - 50000 > 50000	28431 70913 19173 190607 309124	22879 53492 19173 190607 286151
Sava	< 2000 2000 - 10000 10000 - 50000 > 50000	33275 92705 288492 600293 1014765	10674 32238 81500 0 124412
Drava and Danube	< 2000 2000 - 10000 10000 - 50000 > 50000	8226 49009 86804 63288 207327	1510 18497 60256 0 80263
Croatia		1792886	543811

Waste water treatment

Industrial wastewater is often discharged into the sewerage system, in many cases without adequate pre-treatment.

At present about 12% of the population is connected to wastewater treatment plants, of which only 4.4% receives secondary treatment[1]. In rural areas wastewater flows to septic tanks.

At present, there are 83 municipal wastewater treatment plants: 22 plants with only preliminary treatment, usually in combination with sea outfalls, 27 plants with primary treatment, 34 with secondary treatment.

3. DEVELOPMENT OF MASTER PLAN FOR COMPLIANCE WITH URBAN WASTE WATER TREATMENT DIRECTIVE

A master plan to achieve compliance with the requirements of the UWWT Directive is prepared. The plan focuses on development of adequate waste water collection and treatment in selected agglomerations with more than 2000 inhabitants. Development of the plan is supported by data processing and reporting through GIS, comprising all required data on existing water and waste water infrastructure, boundaries of the agglomerations, settlements within the agglomerations, industrial and domestic waste water loads, WWTP locations and discharge points, and sensitive and protected areas.

1 Secondary treatment involves biological processes and results in decanted effluents and separated sludge containing microbial mass together with pollutants.

Selection of agglomerations

Identification of the agglomerations have been done by selection of the all urban settlements with a population ≥ 1900 inhabitants from data of the Bureau of Statistics. Subsequently these settlements were marked on maps, and on the basis of the natural drainage patterns in the areas it was studied whether settlements can be combined into agglomerations, in which one central WWTP can serve all settlements, provided with sewerage, within one agglomeration. Cost-effectiveness is the predominant criterion in defining agglomerations, considering that the costs of several smaller WWTPs are usually higher than of one larger WWTP, treating the combined waste water load, as well in terms of investment as operational costs.

Criteria for the selection and formation of agglomerations are:

- Settlements of more than 1900 inhabitants were identified as agglomeration centres;
- Settlements (of any size) with existing or planned sewerage systems, lying within the boundaries of the agglomeration were included;
- From Croatian Waters Katalog agglomerations with more than 2000 inhabitants in areas with (planned) sewerage systems;
- Combination of settlements in one catchment area into an agglomeration if the distance between the settlements is less than 10 km and if it seems feasible to connect the settlements with the central WWTP by gravity or pressure waste water transportation pipes (on the basis of an evaluation of the natural drainage situation in the agglomeration area).

Criteria in this respect are:

- Settlements are located in the same natural drainage catchment area
- Absence of physical obstacles for connecting settlements to each other or of settlements with central WWTP
- Evidence that transportation of waste water from the settlement to a central WWTP is more economical than establishing and operating an independent WWTP for the settlement. .

Data on the selected agglomerations have been elaborated in GIS, as well as data on the receiving water bodies and protected and sensitive.

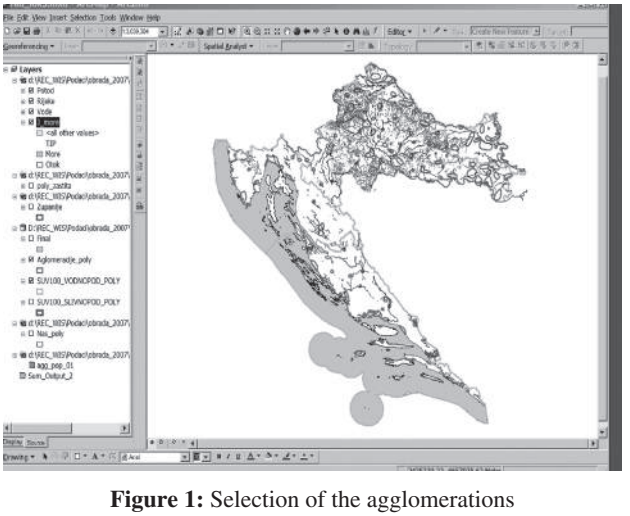


Figure 1: Selection of the agglomerations

Outline design of waste water collection and treatment systems for the agglomerations

The numbers of Person Equivalents (PE) for dimensioning the WWTPs have been determined on the basis of the available population data from the Bureau of Statistics. The industrial waste water loads, and the loads from tourists have been based on the provided data [9].

The estimates of the numbers of PE that need to be connected to a sewerage system have been made on the basis of the data on the existing capacities of the sewerage systems (data of Croatian Waters and the Water Enterprises Survey).

For each agglomeration the indicative costs of development of sewerage systems and waste water treatment plants have been estimated.

Different waste water treatment methods for different situations are considered i.e.:

- Ponds system or reed infiltration bed system for small communities, < 2000 PE, if suitable land is available.
- Conventional activated sludge system for agglomerations < 10000 PE, if local requirements do not indicate a need for further treatment, and for agglomerations > 10000 PE if allowed by local conditions ("normal area").
- Advanced activated sludge treatment with high phosphorus and nitrogen removal rates for agglomerations > 10000 PE near sensitive and protected areas.
- Sequencing batch reactors for agglomerations with high numbers of tourists, with application of different loading rates during summer and winter.

The costs of sewerage systems have been estimated on the basis of the need for expansion of existing systems, or for development of completely new systems if no system exists yet.

The costs of waste water treatment plants have been estimated on the basis of completely new systems, although a WWTP may already exist in one of the settlements within the agglomeration.

Table 6: Overview of agglomerations (see Figure 1)

Catchment area	No. of sub-catchments	No. of municipalities	No. of agglomerations	Population of agglomerations	Total population of catchment area
Drava-Danube river basin	7	134	26		955,783
Sava river basin	14	187	57		2,266,753
Istra	3	69	16		494,343
Dalmatia	10	134	39		1,059,778
Croatia	34	524	138 + 50	3,318,586	4,776,017

Selection of sensitive and protected areas

Sensitive areas are areas which are sensitive for eutrophic conditions. These are in general stagnant water bodies, such as lakes, and slowly flowing rivers and streams, with often already have high concentrations of Nitrogen and/or Phosphorus. Areas, that are characterised by a high infiltration rate should also be considered as sensitive, since the entering of waste water into such areas may result in high concentrations of N and P and other pollutants in the groundwater. All water bodies used for bathing, fishing, shellfish

farming and nature protection are also considered as sensitive.

All existing National Parks, nature protection areas (Natura 2000) and groundwater protection zones are also considered as sensitive areas. Protected zones around drinking water sources cover 18% of the total Croatian territory (producing 80% of the public water supply) .

The Croatian Water Quality Classification of water also governs the selection of protected areas. Class I waters are considered as highly sensitive. Discharge of WWTP effluent is not allowed into these waters or areas (National Water Protection Plan). Class II waters are considered as sensitive, where only tertiary treated effluents are allowed to be discharged into. Class III waters are considered as "normal" areas, into which discharge of secondary treated effluents is allowed.

4. MASTER PLAN IMPLEMENTATION

The master plan for waste water management comprises the following main components:

1. Selected agglomerations (> 2000 PE) with outline design and costs estimates for sewerage systems and waste water treatment plants.
2. Selected sensitive and protected areas.
3. GIS maps with data on agglomerations and protected areas and proposed waste water management measures.
4. Strategic environmental impact assessment.
5. Time frame for plan execution.
6. Terms of reference for plan implementation components.

Plan implementation is executed through the following stages:

1. Preparation of feasibility studies for all agglomerations, including analysis of alternatives, EIA studies (if required), licence preparation and financial and economic analysis.
2. Preparation of the final national waste water management plan (works, financing, legal aspects, organisation, monitoring, reporting)
3. Detailed design and tender procedures
4. Construction works and commissioning

REFERENCES

[1] Analiza stupnja izgrađenosti i stanja postojećih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u republici Hrvatskoj, II faza, Hidroproject - Ing, listopad 2001

[2] Central Bureau of Statistics, available at: http://www.dzs.hr/Eng/Publication/2004/6-1-

[3] Drava River Basin Report, Integrated Regional Environmental Strategy Concept, Water Resources and Wastewater Management Part, Joanneum Research, June 2005

[4] Handbook on the implementation of EC Environmental Legislation

[5] Katalog - Sustava odvodnje i pročišćavanja otradnih voda, radna verzija, srpanj 2006.

[6] Statistical Yearbook of the Republic of Croatia 2002

[7] *Strategy of Water Management*. The draft Strategy dated 6 February 2007 is available from http://www.voda.hr/hr/index.htm

[8] The study for water pollution reduction on the Sava River Basin. Final Report, Japan International Co-operation Agency, August 2001

[9] Urban Waste Water Directive (91/271/EEC)

[10] Vodnogospodarska osnova Hrvatske - VOH - Analiza i prikaz izvor onečišćenja i mjera zaštite voda na području Republike Hrvatske, te prijedlog akcijskog plana mjera - podloge i prilozi, Hidroprojekt - Ing, prosinac 2002

AUTORI:

Hans Bruins, MSc, ,
Carl Bro, a/s, Copenhagen, Denmark, a.vanwely@planet.nl

Gorana Ćosić-Flajsig MSc (Civ.Eng.)
Tehničko veleučilište Zagreb, Hrvatska, Zagreb, Av. V. Holjevca 15, gcflajsig@tvz.hr

Davorin Singer,,BSc.(Geot.Eng.)
GISDATA, Baštijanova 52a Zagreb, Hrvatska, davorin.singer@gisdata.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.05.

DIREKTIVA O ISPUŠTANJU OPASNIH TVARI U VODE

Neven Bujas, Jasmina Antolić, Đorđa Medić, Alena Vlašić

SAŽETAK: Republika Hrvatska ima status zemlje kandidata za članstvo u Europskoj uniji (EU), a pokrenut je i proces pristupnih pregovora. Približavanje zakonodavstva jedinstvena je obaveza članstva u EU. To znači da zemlje koje žele ulazak u EU moraju uskladiti svoje nacionalno zakonodavstvo, pravila i procedure sa pravnim stečevinama EU. U radu prikazan je pravni okvir EU po pitanju ispuštanja opasnih tvari u vode, kao i zahtjevi i ciljevi koji iz njega proizilaze. Naveden je i prikaz nacionalnog zakonodavstva, koji je uspoređen sa pravnim okvirom EU, te navedeni potrebni koraci za implementaciju zakonodavstva EU na području ispuštanja opasnih tvari u vode.

KLJUČNE RIJEČI: opasne tvari, ispuštanje, Direktiva o ispuštanju opasnih tvari u vode (2006/11/ EC)

DIRECTIVE ON POLLUTION CAUSED BY CERTAIN DANGEROUS SUBSTANCES DISCHARGED INTO AQUATIC ENVIRONMENT

SUMMARY: The Republic of Croatia has been granted candidate country status for membership in the European Union (EU), and the process of accession negotiations has been launched. The approximation of legislation is a unique obligation for EU membership. This means that countries which want to join the EU must harmonize their legislation, rules, and procedures with the EU *acquis communautaire*. This paper presents EU's legal framework in terms of discharge of dangerous substances into water, as well as the requirements and objectives resulting there from. The paper also outlines Croatian national legislation compared with the European legal framework, and lists the steps needed for the implementation of EU legislation in the field of discharge of dangerous substances into water.

KEYWORDS: dangerous substances, discharged, Directive on pollution caused by certain dangerous substances discharged into aquatic environment (2006/11/EC)

1. UVOD

Europska zakonska regulativa iz područja zaštite voda obuhvaća preko 20 raznih direktiva i odluka. Okvirna direktiva o vodama (ODV) 2000/60/EC (1.), kao osnovni dokument koji dugoročno određuje vodnu politiku na europskom prostoru stupila je na snagu 2000. godine, a polazište joj je u direktivama, uredbama i standardima u sektoru voda nastalima posljednjih desetak godina na nivou EU. ODV propisuje okvire vodne politike, uvažavanjem načela održivog razvoja i principa integralnog upravljanja vodama. Cilj

okvirne Direktive o vodama je postizanje „dobrog stanja“ svih voda u propisanom roku od 15 godina nakon stupanja Direktive na snagu. Njene odredbe izravno doprinose zaštiti i poboljšanju kakvoće vodenih ekosistema, a u isto vrijeme su preduvjet za održivi razvoj i mogućnost korištenja vodnih resursa. Stanje voda je definirano kroz:

a) stanje površinskih voda (kemijsko i ekološko stanje)

b) stanje podzemnih voda (kemijsko i kvantitativno stanje)

Dodatak V Direktive sadrži elemente kakvoće za klasifikaciju ekološkog stanja i to za rijeke, jezera, prijelazne i priobalne vode. Ekološko stanje, bez obzira na tip vodotoka obuhvaća slijedeće elemente kakvoće: biološke, hidromorfološke, kemijske i fizičko kemijske sa posebnim naglaskom na specifična zagađivala. Pojam specifična zagađivala odnosi se na prioritetne tvari navedene u Dodatku X Direktive i dodatno, tvari koje su relevantne za pojedini sliv, i koje moraju biti identificirane u toku izrade Plana upravljanja vodnim područjem.

2. PRAVNA STEČEVINA EU KOJOM SE REGULIRA ISPUŠTANJE OPASNIH TVARI U VODE

Područje ispuštanja opasnih tvari u vode u EU definirano je Direktivom o ispuštanju opasnih tvari u vode 76/464/EEC (2.), te „direktivama kćerkama“ (3.-8.) i Okvirnom direktivom o vodama.

Opasne tvari, prema ODV, predstavljaju tvari ili grupe tvari koje su toksične, postojane i sklone bioakumuliranju, kao i druge tvari ili grupe tvari koje daju razloga za sličnu zabrinutost. Direktiva o ispuštanju opasnih tvari, sa nizom „direktiva kćeri“, definira granične vrijednosti emisija za pojedinačne opasne tvari i standarde kakvoće okoliša kojima treba udovoljiti. Pojedinačne opasne tvari iz navedene Direktive su obično visoko toksične i štetne kako za ljude tako i za vodeni ekosustav. Na Direktivu o ispuštanju opasnih tvari nekoliko puta su donošeni amandmani, te je u svrhu boljeg razumijevanja materije donesena nova kodificirana Direktiva (2006/11/EC). Osnovni zahtjev Direktive o ispuštanju opasnih tvari je smanjenje i eliminacija direktnih i indirektnih ispuštanja određenih opasnih tvari u vode. Za ispunjenje zahtjeva mogući su pristupi bazirani na uspostavi standarda kakvoće okoliša i graničnih vrijednosti emisija za pojedinačne tvari. Direktiva o ispuštanju opasnih tvari navodi tvari s Liste I i tvari s Liste II. Odredba direktive je prestanak ispuštanja tvari s Liste I i smanjenje ispuštanja tvari s Liste II.

U vrijeme donošenja Direktive 76/464/EEC, Komisija je pripremila listu od 132 tvari koje su bile kandidati za Listu I, sa namjerom da ubrzo donesu i odredbe o graničnim vrijednostima za ispuštanje opasnih tvari u vode i standarde kakvoće okoliša. No zbog opsežnosti problematike, u slijedećih 10-tak godina uspjelo se opsežnije obraditi samo 18 tvari s navedene Liste prijedloga. Te su tvari regulirane u „direktivama kćerkama“ koje uspostavljaju minimum zahtjeva za njihovo ispuštanje (ciljevi kakvoće, emisijski standardi i metode određivanja).

Sva ispuštanja tvari s Liste I moraju biti predmetom zahtjeva za izdavanje dozvole za ispuštanje od nadležne institucije.

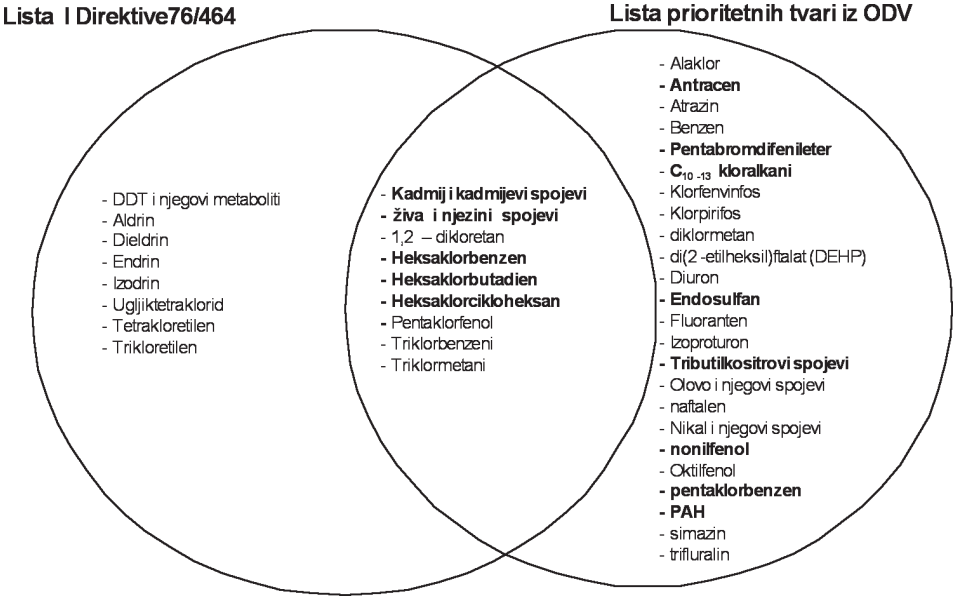
Lista II sadrži grupe tvari koje imaju negativan utjecaj na vodeni okoliš. Također sadrži i tvari s Liste I koje još nisu regulirane na nivou zajednice (kandidate s Liste I osim 18 tvari reguliranih „direktivama kćerkama“).

Sva ispuštanja tvari s Liste II moraju biti predmetom zahtjeva za izdavanje dozvole za ispuštanje od nadležne institucije..

Direktiva o ispuštanju opasnih tvari će biti opozvana 13 godina nakon stupanja na snagu

Okvirne direktive o vodama. Transpozicija ove Direktive u ODV napravljena je kroz članake 10., 16., i 22. Stupanjem na snagu ODV (kroz Dodatak IX) prenesena je Lista I (Slika 1). Taj Dodatak prenosi legalni status graničnih vrijednosti i ciljeva kakvoće za tvari s Liste I, predhodno uspostavljenu kroz Direktivu 76/464/EEC i Direktive kćeri. Popis „kandidati Liste I" iz 1982. godine zamijenjen je Dodatkom X ODV pod nazivom Lista prioritetnih tvari.

Tijekom izrade Planova upravljanja vodnim područjima potrebno je identificirati koje su prioritetne tvari relevantne na određenom području, oslanjajući se na procedure procjene rizika prema uputama Komisije, kao i ciljane ocjene rizika usmjerene specifično na ekotoksičnost ovih tvari za vode i toksičnost za ljude posredstvom vodenog okoliša. Za prioritetne tvari potrebno je poduzeti mjere koje će biti usmjerene na postupno smanjenje ispuštanja, emisije ili gubitaka ovih tvari u okoliš. Osim toga, unutar Liste prioritetnih tvari postoje i prioritetne opasne tvari za koje je potrebno potpuno prekinuti ili postepeno ukidati ispuštanje, emisiju i gubitke.



Slika 1:. *Usporedni prikaz Liste I Direktive 76/464/EEC i Liste prioritetnih tvari prema* Dodatku X ODV (Crvenom bojom su označene prioritetne opasne tvari)

3. NACIONALNO ZAKONODAVSTVO NA PODRUČJU ISPUŠTANJA OPASNIH TVARI U VODE

Uspostavljeni pravni okvir na području ispuštanja opasnih tvari u vode u Republici Hrvatskoj obuhvaća niz zakona, uredbi i pravilnika i u dobroj mjeri slijedi pravne stečevine EU na ovom području. U nekim odredbama nacionalno zakonodavstvo je i „strože" od smjernica EU (zabrana ispuštanja opasnih tvari iz Skupine A Uredbe o opasnim tvarima u vodama). Pretpostavka je da pravna transpozicija odredaba Direktiva neće biti ograničavajući čimbenik za potpuni prijenos zahtjeva iz navedenih Direktiva.

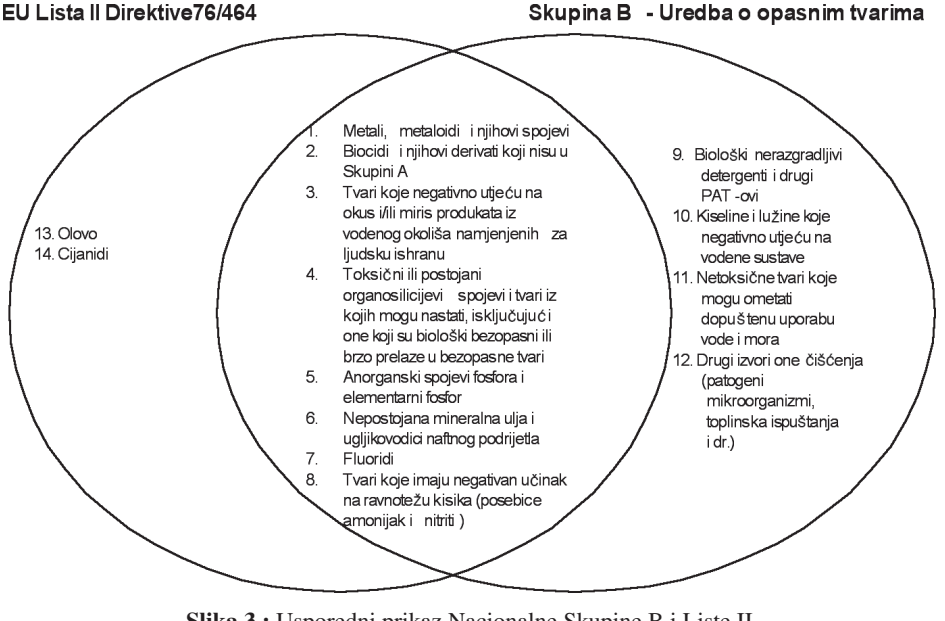
Nacionalno zakonodavstvo koje regulira navedeno područje je slijedeće:

- Zakon o vodama NN 107/95 i 150/05,
- Uredba o opasnim tvarima u vodama NN 78/98
- Uredba o klasifikaciji voda NN 77/98,
- Državni plan za zaštitu voda NN 8/99,
- Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama NN 40/99, 6/01 i 14/01.
- Pravilnik o izdavanju vodopravnih akata NN 28/96,
- Pravilnik o uvjetima koji moraju ispunjavati ovlašteni laboratoriji NN 78/97, 92/97,
- Objava popisa ovlaštenih laboratorija NN 107/00.

Prema nacionalnoj legislativi uspostavljena je Skupina A čije se ispuštanje zabranjuje i Skupina B čije se ispuštanje dozvoljava uz zahtjev za izdavanje dozvole. Granične vrijednosti emisija za tvari iz Skupine B navedeni su u Pravilniku o graničnim vrijednostima opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama, a ciljevi kakvoće za tvari iz Skupine B navedeni su u Uredbi o opasnim tvarima u vodama i Uredbi o klasifikaciji voda.

4. PRIJENOS ODREDABA DIREKTIVA

Nacionalno zakonodavstvo Republike Hrvatske u sektoru voda i vodnog gospodarstva, pa tako i u području ispuštanja opasnih tvari u vode, u značajnoj mjeri usklađeno je s temeljnim načelima koja proizlaze iz pravne stečevine EU na ovom području, a daljnje usklađivanje i proširenje se odnosi na opseg i način zaštite voda i mora kao i vodenih ekosustava.



Slika 3.: Usporedni prikaz Nacionalne Skupine B i Liste II

Pravna transpozicija odredaba Direktiva, na području onečišćenja uzrokovanih ispuštanjem određenih opasnih tvari u vodeni okoliš, u nacionalno zakonodavstvo biti će sustavno provedena donošenjem, odnosno izmjenama i dopunama:

- Uredbe o opasnim tvarima u vodama
- Uredbe o klasifikaciji voda
- Pravilnika o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama
  - za tehnološke otpadne vode prije njihovog ispuštanja u sustav javne odvodnje otpadnih voda
  - za tehnološke i druge otpadne vode koje se izravno ispuštaju u prirodni prijamnik
- Pravilnika o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari za ispuštanje otpadnih voda iz objekata i postrojenja za određene vrste industrija (inventarizacija industrija)
- Pravilnik o izdavanju vodopravnih akata

5. KORACI ZA IMPLEMENTACIJU

Tijekom predpristupnog procesa i priprema za anlitički pregled pravne stečevine (screening-bilateralna faza) koji je održan u svibnju 2006, godine Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva zaduženo je za pravnu transpoziciju i kasniju implementaciju odredaba Direktive o ispuštanju opasnih tvari u vode i „direktiva kćeri“ i Hrvatske vode kao agencija zadužena za provedbu vodnogospodarske politike u Hrvatskoj.

Treba uzeti u obzir i ostale dionike na koje se odredbe Direktiva odnose, prvenstveno gospodarske subjekte. Pri tome je važno pravilno definirati vremenske okvire u kojima će gospodarski subjekti biti u mogućnosti udovoljiti ograničenjima koja će pred njih postaviti primjena odredaba Direktive. Čitav niz aktivnosti odvija se paralelno, što je razumljivo obzirom da je implementacija Direktiva proces koji traje i koji osim vremena zahtjeva dosta rada i financijskih sredstava.

Što se tiče koraka za provedbu odredaba Direktive o ispuštanju opasnih tvari u vode, u tijeku je niz aktivnosti koje su u različitim fazama realizacije. Ovdje posebno ističemo Planove upravljanja vodnim područjima koji će, između ostaloga, sadržavati program mjera za uklanjanje utvrđenih onečišćenja površinskih voda tvarima s Liste I, te program mjera za postupno smanjenje utvrđenih onečišćenja površinskih voda tvarima s Liste II. Osim toga, postojeći monitoring površinskih i podzemnih voda će se kroz Planove upravljanja vodnim područjima preoblikovati i prilagoditi zahtjevima ODV, što uključuje i praćenje eventualnog prisustva prioritetnih tvari.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su zahtjevi EU po pitanju ispuštanja opasnih tvari u vode koji su definirani u ODV, Direktivi o ispuštanju opasnih tvari u vode te „direktivama kćerkama“, kao i trenutno stanje usklađenosti nacionalnog zakonodavstva. Prikazani su i koraci za provedbu odredaba navedenih Direktiva. Jasno da će se do trenutka prijema RH u punopravno članstvo EU navedene aktivnosti svakako provesti, odnosno uskladiti će se zakonodavstvo i prenijeti odredbe Direktiva uvažavajući nacionalne potrebe i mogućnosti.

Pretpostavka je da će se s vremenom zahtjevi Direktiva nadopunjavati i mijenjati, dakle uspostavljeni sustav mora biti fleksibilan i brzo odgovarati na novopostavljene zadaće. Jedna od važnih komponenta koju treba dodatno razvijati je nadzor i kontrola provedbe. Očito je da, potpuna primjena odredaba Direktiva u najvećoj mjeri opterećuje sektor gospodarstva, koji će morati poduzeti niz mjera za zadovoljavanje zahtjeva što traži i vrijeme i značajna financijska sredstva.

POPIS LITERATURE:

1. Okvirna Direktiva o vodama Europske unije (2000/60/EC)
2. Direktiva o onečišćenju uzrokovanom ispuštanjem određenih opasnih tvari u vodeni okoliš Zajednice (76/464/EEC, 2006/11/EC)
3. Direktiva o graničnim vrijednostima i ciljevima kakvoće ispuštanja žive iz industrije kloralkalne elektrolize (82/176/EEC)
4. Direktiva o graničnim vrijednostima i ciljevima kakvoće ispuštanja žive iz ostalih sektora koji nisu industrija kloralkalne elaktrolize (84/156/EEC)
5. Direktiva o graničnim vrijednostima i ciljevima kakvoće ispuštanja kadmija (83/513/EEC)
6. Direktiva o graničnim vrijednostima i ciljevima kakvoće ispuštanja heksaklorocikloheksana
7. (84/491/EEC)
8. Direktiva o graničnim vrijednostima i ciljevima kakvoće ispuštanja nekih opasnih tvari s Liste I dodatka Direktive 76/464/EEC (86/280/EEC)

AUTORI:

mr.sc. Neven Bujas, dipl.inž.kem.teh.,
Jasmina Antolić, dipl.inž.preh.teh.,
Hrvatske vode, Sektor zaštite voda

Đorđa Medić, dipl.inž.kem.,
Alena Vlašić, dipl.inž.bioteh.,
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

mr.sc. Neven Bujas, dipl.inž.kem.teh.
tel. +385 (0)22 354 613; fax. +385 (0)22 354 155; e-mail: neven.bujas@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.06.

PROCES OTVORENOG PLANIRANJA KAO DIO INTEGRALNOG PRISTUPA GOSPODARENJU VODNIM RESURSIMA

Toni Carević, Damir Jukić, Mirjana Švonja

SAŽETAK: Obzirom da proces otvorenog planiranja (Open Planning Process - OPP) predstavlja relativno novi pristup na ovim područjima u radu se isti planira pobliže pojasniti. Navedeno će se obraditi kroz analizu najosnovnijih (teoretskih) principa OPP-a, kao i kroz analizu iskustava dobivenih u radu na konkretnom projektu, koji je rađen u suradnji sa nizozemskim stručnjacima (case study). Uz primjere iz rada na pilot projektu *Prijedlog plana upravljanja slivnim područjem rijeke Krke*, bit će dana usporedba dosadašnjeg (tradicionalnog) pristupa izradi planova (tzv. Sektorski pristup) i postulata otvorenog planiranja koji je nezaobilazan dio procesa Integralnog pristupa. Sukobi mišljenja, koncepcija i interesa su nezaobilazna činjenica kod procesa planiranja u svakom sektoru, a proces otvorenog planiranja nam daje smjernice kako te sukobe svesti na minimum pravodobnim involviranjem (po mogućnosti) svih zainteresiranih strana - stakeholdera.

KLJUČNE RIJEČI: otvoreno planiranje (OPP), dionik, integralni pristup, procesni menadžer,, osnovni razvojni scenarij

OPEN PLANNING PROCESS AS A PART OF INTEGRATIVE APPROACH IN WATER MANAGEMENT

SUMMARY: Considering that Open Planning Process (OPP) is relatively new approach on these areas, the aim of this article is to describe OPP closer. We will try to do it by analyzing basic principles of OPP, and through experiences gained on common work on case study with Dutch experts. By examples from project Krka River Basin Management Plan, we will try to compare nowadays traditional approach (so-called sector approach) and OPP principles which are important part of Integrative approach. Different attitudes due to different concepts, interests, are facts in OPP in any sector, and OPP will give us directions how to minimize misunderstandings by involving all possible stakeholders.

KEYWORDS: Open Planning Process (OPP), stakeholder, integrative approach, process manager, baseline scenario

1. OPĆENITO

Postupak Otvorenog planiranja (eng. Open Planning Process - OPP) predstavlja relativno nov pristup u planiranju na području Hrvatske, no u razvijenijim zemljama je u primjeni duže vrijeme zbog dobrih rezultata. Postupak otvorenog planiranja je sastavni i nezaobilazni dio Integralnog pristupa, koji je također u sve većoj primjeni na ovim područjima. Uprošteno rečeno, bit otvorenog planiranja je involviranje šireg kruga zainteresiranih strana (eng. stakeholdera) u proces donošenja odluka (decision making), u svrhu postizanja što kvalitetnijeg rješenja. Iza ove naočigled jednostavne definicije, krije se relativno složena procedura koju ćemo u nastavku teksta nastojati pobliže pojasniti.

Ključni pojam vezan uz otvoreno planiranje je zainteresirana strana - „stakeholder". Predmetni pojam se na hrvatski jezik prevodi i kao „dionik". U svakom slučaju „stakeholder" je onaj koji realizacijom predmetnog plana može realizirati dobit, ali i štetu. U tom smislu je prvi korak u postupku otvorenog planiranja postupak identifikacije dionika. Naime, svi potencijalni dionici nemaju jednak „težinski" utjecaj na postupak donošenja odluka, pa se tako razlikuju ključni, primarni i sekundarni dionici. Ključni dionici imaju direktan utjecaj na uspjeh/neuspjeh projekta (procesa donošenja odluka), primarni dionici su oni koji su direktno „pogođeni" donošenjem odluke (pozitivno ili negativno), dok su sekundarni dionici preostale zainteresirane strane u procesu donošenja odluka i implementacije istih.

Obzirom na različite tipove dionika, ne uključuju se svi na jednak način i u isto vrijeme. Nažalost, ne postoji „recept" koji bi propisivao na koji način i kada uključiti pojedinog dionika, ali to je jedna od važnijih zadaća procesnog menadžera (process manager) u postupku izrade projekta/donošenja odluka.

Svaki proces planiranja trebao bi započinjati vizijom jer je postojanje vizije vitalno važan korak u planiranju. Vizualiziranje budućnosti omogućava konkretizaciju nužnih koraka i otpočinjanje radova na projektu. Stoga je viziju prijeko potrebno podijeliti sa dionicima, kao prvi konkretni korak u zajedničkom radu. Činjenica je da se dionici međusobno znatno razlikuju, te stoga u procesu otvorenog planiranja imaju različite uloge, ali predmetna podjela vizije sa svim dionicima je nezaobilazan korak. Slijedom navedenog, prve „povratne informacije" od dionika je moguće dobiti već prilikom izlaganja vizije. Naravno, procesni menadžer od samog početka procesa otvorenog planiranja mora usmjeravati raspravu na način da svaki dionik sudjeluje u okviru svoje uloge, jer u protivnom se rasprava „razvodnjava"i gubi se svaka mogućnost konstruktivnog doprinosa. Nažalost, takve situacije su vrlo česte u praksi i treba ih nastojati izbjeći od samog početka. Znači, na prvom sastanku sa inicijalnim krugom dionika, nakon iznošenja vizije i međusobnog upoznavanja dionika, objašnjavaju im se razlozi zašto su baš oni odabrani kao dionici, te im se objašnjava njihova uloga, odnosno što se od njih očekuje. To je u prvom redu izmjena informacija i zajednički rad na zajedničkom proizvodu - planu. U prethodnom dijelu teksta upotrijebljen je termin „inicijalni krug dionika" iz razloga toga što popis dionika nikako nije konačan. Proces otvorenog planiranja je interaktivni proces, te je moguće uključenje novih dionika tijekom kompletnog trajanja procesa, u ovisnosti o novim spoznajama do kojih se dolazi tijekom procesa otvorenog planiranja.

Pravovremenim uključenjem svakog pojedinog dionika postižemo nužnu transparentnost, pristup raznim korisnim informacijama, odnosno u konačnici, znatno smanjenje rizika od loših procjena i pretpostavki. U nastavku teksta će se na konkretnom primjeru (case study) pilot projekta Krka pobliže pojasniti metodologija otvorenog planiranja.

2. OTVORENO PLANIRANJE PRILIKOM IZRADE PILOT PROJEKTA „KRKA“

Obzirom da proces otvorenog planiranja predstavlja novi pristup planiranju na našim područjima, od znatne pomoći je bila pomoć nizozemskih stručnjaka iz konzultantske kuće DHV. Prvi korak je stoga bilo zajedničko generiranje inicijalne liste dionika, pri čemu smo morali elaborirati razloge za uvrštavanje svakog pojedinog dionika. Tu se postavilo pitanje širine obuhvata. Naime, širi krug dionika bi po logici stvari osiguravao bolju podršku (support base), međutim, široki krug dionika također predstavlja opasnost za konzistentnost rasprave i postupka, te time otežava poziciju procesnog menadžera. Stoga je od iznimne važnosti bilo pronaći „pravu mjeru“ kako po pitanju broja dionika, tako i po pitanju termina uključenja. Strani partneri su prihvatili našu argumentaciju i strahove od neučinkovitih rasprava, te je dogovoreno da se inicijalni sastanak održi sa predstavnicima slijedećih dionika: NP "Krka", Županije ŠI-KN, Županijskog zavoda za prostorno uređenje, Grada Šibenika, Knina i Drniša, te Centra za poduzetništvo Županije ŠI-KN. Razlozi za navedeni sastav su uglavnom prilično jasni: poštovanje temeljnog fenomena NP „Krka“ je imperativ kod svakog planiranja na predmetnom području, lokalna samouprava treba biti informirana o aktivnostima na njenom području, kao i prostorni planeri, a Centar za poduzetništvo je odabran na preporuku lokalne samouprave, jer je isti uspješno sudjelovao pri izradi nekolicine strateških razvojnih dokumenata kao npr. Master plan turizma Šibensko-kninske županije, Regionalni operativni program (ROP) 2004.-2010. i sl. Nakon međusobnog upoznavanja, dionicima je prezentirana naša vizija projekta, a to je održiv plan upravljanja, koji bi s jedne strane apsolutno respektirao temeljne fenomene nacionalnog parka, a s druge omogućio održivo korištenje voda nužno za razvoj toga područja, respektirajući sva realna ograničenja. Jednako tako, prezentirano im je i naše viđenje načina međusobne suradnje, odnosno pobliže im je pojašnjena njihova uloga u projektu.

Na sastanku je također zaključeno da se krug dionika, zbog ustanovljene prirode problema, proširi i to za stručnjake iz područja gospodarenja morskim vodama i poljoprivrede, odnosno da se uključe slijedeće institucije: Županija - UO za pomorstvo, promet, otočni i područni razvoj i Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu - poljoprivreda. Razlozi za uključenje predstavnika Županije leže u činjenici da se prema Okvirnoj direktivi [1], more treba promatrati integralno sa ostalim vodama, dok se odredbe Zakona o vodama odnose na more samo u aspektu zagađenja mora s kopna. Upravo iz razloga predmetnog usklađenja nadležnosti odlučeno je da se uključi i predstavnik Županije, odnosno odjela nadležnog za more. Razlozi za uključenje dionika iz područja poljoprivrede, leže u činjenici da je ta privredna grana najveća nepoznanica po pitanju planiranja, jer postojeću poljoprivredu na tom području karakterizira apsolutno odsustvo ikakvih sustavnih pristupa, tako da je prilično teško definirati ulogu u mjesto poljoprivrede u planu upravljanja. Stoga je odabir Hrvatskog zavoda za poljoprivrednu savjetodavnu službu (HZPSS), odnosno njihove šibenske ispostave, kao dionika, bio opravdan potez. Jednako tako, ustanovljena je potreba i za uključenjem HEP-a, obzirom na HE „Jaruga“, HE „Miljacka“ i HE „Krčić“, te na planiranu izgradnju, ali je sa konzultantom dogovoreno da se zbog složenosti problematike biološkog minimuma unutar NP "Krka" po tom pitanju održi poseban sastanak zainteresiranih strana. Ovdje je bitno napomenuti da je glavnina prijedloga za uključenjem novih dionika potekla od strane pozvanih dionika, čime je već u startu polučen pozitivan efekt predmetnog pristupa.

Druga direktna korist od sastanka sa dionicima je prikupljanje raznih strateških dokumenata (ROP, Master plan turizma, Županijski prostorni plan i sl.), koji su bili od

vitalne važnosti za slijedeću fazu projekta, a to je izrada Osnovnog razvojnog scenarija (Baseline scenario).

3. OSNOVNI RAZVOJNI SCENARIJ

Izrada predmetnog scenarija predstavlja temeljnu odrednicu Plana upravljanja, jer o realnosti procjene budućeg razvoja analiziranog područja, ovisi i predloženi način „servisiranja“ budućih potreba. Drugim riječima, onoliko koliko je realan razvojni scenarij, toliko su realne i mjere predviđene Planom upravljanja. U tom smislu su kod izrade predmetnog scenarija, a što je bila obveza stručnog tima, korišteni prikupljeni strateški dokumenti, te ostale informacije dobivene od dionika.

Osnovni razvojni scenarij je koncipiran na način da se procjena budućih privrednih kretanja na području županije obradi kroz tri osnovna aspekta: industrija, turizam i poljoprivreda, a pod pojmom "ostalo" obrade ostali aspekti kao što su uzgoj riba i školjaka, nautičke lučice, hidroenergija i eksploatacija kamena. Navedena obrada je provedena i po teritorijalnom principu i to za šibensko, drniško i kninsko područje, kao i za preostalo područje zagore. Najdetaljnije je obrađen aspekt turizma, obzirom da se na tom polju očekuju najveći pomaci, prvenstveno kroz daljnje osmišljavanje i prilagođavanje ponude, što bi neizostavno trebalo rezultirati (između ostalog) produljenjem sezone, odnosno boljoj i ravnomjernijoj iskoristivosti kapaciteta. Industriju također očekuje prestrukturiranje uz koncentraciju iste u prostornim planovima određenim zonama, koje moraju biti opremljene svom potrebnom infrastrukturom (odvodnja i tretman otpadnih voda). Slijedom navedenoga, doći će do daljnjeg razvoja industrije, ali procjene su da to neće rezultirati povećanim potrebama za vodom, iz razloga toga što će se voda u tehnološkom procesu koristiti racionalno, obzirom na trendove kretanja cijene vode za privredu.

Kao što je prethodno rečeno, za aspekt poljoprivrede je postojalo najmanje raspoloživih dokumenata, temeljem kojih bi se mogao predvidjeti razvojni scenarij. Na osnovu raspoloživih informacija, procijenjeno je da nije realno očekivati znatniji „zamah“ poljoprivrede na predmetnom području, jer postoji niz ograničavajućih čimbenika (veličina parcele, educiranost i organiziranost poljoprivrednika, i sl.).

Tijekom izrade scenarija, stručni tim je zaključio da za naredni sastanak sa dionicima, krug istih treba povećati za predstavnike "Vodovod-a i odvodnje" Šibenik, kao i "Rad-a" Drniš (predstavnik Grada Knina je "pokrivao" i komunalu). Svim dionicima upućen je prijedlog Osnovnog razvojnog scenarija na očitovanje, te se od istih zahtijevalo davanje primjedbi u pisanoj formi i to prije narednog sastanka. Dionici su se pozivu odazvali te smo dobili korisne i konstruktivne primjedbe koje smo uglavnom i prihvatili.

Temeljem prihvaćenog Osnovnog razvojnog scenarija, definirane su potrebe za vodom, mjere zaštite od štetnog djelovanja voda te pritisci, ciljevi i mjere zaštite površinskih voda (planski period do 2020. godine), te je izrađen "materijal za raspravu" koji je odaslan svim dionicima, kao osnova za raspravu na narednom sastanku sa dionicima. Na predmetnom sastanku (2. po redu) je izvršeno upoznavanje novih četvero dionika, te je provedena rasprava, sukladno pripremljenim materijalima. Izvršena je detaljnija analiza postojećih trendova potrošnje vode, te su temeljem navedenog prognozirane buduće potrebe za vodom za predmetno područje. Jedan od bitnijih zaključaka je da, premda potrebe šibenskog područja za vodom još ne uvjetuju uključenje vodozahvata kraj Visovca (unutar NP) u sustav, već sada je potrebno sustavno provoditi mjere na zaštiti budućeg vodozahvata, prvenstveno ugradnjom mjera zaštite u planske dokumente prostornog uređenja unutar slivnog područja Visovca. Također je zaključeno da treba stvoriti i institucijski okvir

za održivu vodoopskrbu, a to se u prvom redu odnosi na okrupnjavanje vodoopskrbnih poduzeća i to u prvoj fazi na razini županije, a kasnije na razini regije. Druga bitna mjera za održivost vodoopskrbe je ispravna politika cijena, odnosno uvođenje stvarne obveze plaćanja amortizacije čime će se osigurati sredstva za nužne i sustavne intervencije na sustavu.

Što se tiče aspekta zaštite od štetnog djelovanja voda, predložene su mjere i aktivnosti za svaki vodotok na promatranom području, koje su također prihvaćene od strane dionika.

Aspekt određivanja pritisaka, ciljeva i mjera zaštite površinskih voda, zahtijevao je malo detaljniju obradu od strane stručnog tima. To se naročito odnosi na određivanje vodnih cjelina (u skladu sa Okvirnom direktivom o vodama [1]). Zbog kompleksnosti problema, predmetno određivanje je u potpunosti odradio stručni tim bez participacije dionika, te je istima samo prezentiran konačni rezultat uz prateću argumentaciju. Vezano za spomenuto određivanje pritisaka, ciljeva i mjera za svaku od novoustanovljenih vodnih cjelina, ograničavajući čimbenik je, pored zakonske direktive koja nije usklađena sa regulativom Europske unije, bio neadekvatni dosadašnji monitoring kakvoće voda. Uslijed navedenih nedostataka nismo bili u stanju dovoljno pouzdano definirati potrebne mjere. Za vodne cjeline za koje nije bilo odgovarajućeg monitoringa, mjere zaštite voda definirat će se naknadno u skladu s rezultatima predviđenog monitoringa i zahtjevima postizanja traženog standarda vode. Slijedom navedenoga, jedan od zaključaka je da treba poraditi na poboljšanju monitoringa, za što je posebno zainteresiran bio predstavnik NP „Krka“, te je čak i otvorena mogućnost zajedničkog programa monitoringa.

4. BIOLOŠKI MINIMUM UNUTAR NP „KRKA“

Sastanak na kome se raspravljalo o biološkom minimumu unutar NP „Krka“ je održan u užem krugu, zbog specifičnosti teme, a istome su prisustvovali predstavnici NP "Krka", "Vodovoda i odvodnje" Šibenik, HEP-a, i tvrtke Hidro-Watt (vlasnik MHE "Roški slap"). Na predmetnom sastanku je shodno predviđenome vođena rasprava o modalitetima određivanja biološkog minimuma unutar područja NP "Krka", obzirom na potrebe za vodom postojećih korisnika. Zaključeno je da se predmetni biološki minimum treba odrediti stručno i argumentirano, multidisciplinarnim pristupom, te je zaključeno da će se oformiti zajednički stručni tim od predstavnika HV, NP i vodovoda, dok su HEP i Hidro-Watt izrazili želju da se očituju na konačni prijedlog biološkog minimuma. Također je zaključeno da se predmetni biološki minimum treba odrediti u sklopu izrade Plana upravljanja NP "Krka", za što je nadležan NP "Krka", uz aktivno učešće predstavnika HV-a. Na predmetnom sastanku se raspravljalo i o problematici međusobne razmjene podataka, kao i uspostave boljeg i učinkovitijeg monitoringa, te je postignut relativno visok stupanj suglasnosti oko navedenih pitanja.

5. INFORMIRANJE JAVNOSTI

Sukladno prethodno postavljenom konceptu Otvorenog planiranja-a, odlučeno je da će se javnost, odnosno predstavnici nevladinih udruga o učinjenom informirati tek kada prijedlog plana bude dovršen (radna verzija). Stoga je odlučeno da se na posljednji sastanak sa dionicima, krug istih proširi za nevladine ekološke udruge s predmetnog područja. Naravno i kod generiranja liste nevladinih udruga, isključivo smo se koristili sugestijama dionika, obzirom da stručni tim nije poznavao niti jednu udrugu na predmetnom području. Pozivu za sudjelovanje na prezentaciji plana, odazvale su se ekološke udruge „Morza“ iz Šibenika

i „Krka“ iz Knina. Na posljednjem sastanku, svim dionicima je prezentiran kompletan plan, kao i mjere i aktivnosti koje proizlaze iz plana. O navedenome je provedena rasprava, koja je na kraju rezultirala prihvaćanjem radne verzije plana. Strani konzultanti, koji su prisustvovali svim sastancima s dionicima, izrazili su iznimno zadovoljstvo razinom kooperativnosti svih dionika.

6. ZAKLJUČAK

Na izradi predmetnog plana upravljanja slivnim područjem rijeke Krke, po prvi put je primijenjena metodologija otvorenog planiranja i stava smo da je polučila dobre rezultate. Odabir pojedinih dionika, kao i termina njihova uključenja se pokazao ključnim za ishod procesa otvorenog planiranja. Dionike smo pri tome nastojali ne opterećivati više negoli je to stvarno potrebno, ali smo sustavno inzistirali na konstruktivnim primjedbama i prijedlozima. Smatramo da smo dionicima pokazali da ih uvažavamo kao partnere, te rezultat nije izostao.

Slijedom svega prethodno navedenoga, zaključak je da se proces otvorenog planiranja treba prihvatiti kao nužan uvjet kod izrade daljnjih planova, uključujući i plansku dokumentaciju najvišeg ranga (Strategija). Navedenim pristupom drastično se smanjuje mogućnost krivih procjena, jer je pristup znatno sveobuhvatniji, što je u potpunosti u skladu sa općeprihvaćenim principima integralnog planiranja.

LITERATURA:

1. Europski Parlament i Vijeće, (2000.): Okvirna direktiva o vodama. 2000/EC

2. Hrvatske vode - VGO Split, (2006): Plan upravljanja slivnim područjem rijeke Krke,

AUTORI:

Mr.sc. Toni Carević,
Hrvatske vode VGO Split, Vukovarska 35, Split,
tel.: +38521309436, e-mail: toni.carevic@voda.hr

Dr.sc. Damir Jukić
Hrvatske vode VGO Split, Vukovarska 35, Split,
tel.: +38521309440, e-mail: damir.jukic@voda.hr

Mr.sc. Mirjana Švonja
Hrvatske vode VGO Split, Vukovarska 35, Split,
tel.: +38521309439, e-mail: mirjana.svonja@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.07.

HIDROLOŠKA SURADNJA REPUBLIKE HRVATSKE SA SUSJEDNIM ZEMLJAMA NA VODOTOCIMA OD ZAJEDNIČKOG INTERESA

Ksenija Cesarec, Sandra Jurela

SAŽETAK: Slivovi glavnih rijeka koji se dijelom protežu teritorijem Republike Hrvatske, počinju se formirati a neki i završavaju u susjednim zemljama. U slučaju rijeke Drave i njenog glavnog pritoka Mure, oni se prostiru duž četiri države - Austrije, Slovenije, Mađarske i Hrvatske. Pri tome one čine granicu između dviju država, bilo da ona dijelom ide sredinom vodotoka ili ga presjeca. Uzvodno od ušća Mure, Drava je u potpunosti hidroenergetski iskorištena izgradnjom hidroelektrana, dok se Mura i nizvodni dio Drave trebaju zajednički štititi od poplava i erozije korita. U cilju postizanja što boljih rezultata, stručnjaci susjednih zemalja u okviru međudržavnih komisija, potkomisija i stručnih grupa dogovaraju opseg godišnjih ili višegodišnjih aktivnosti. Aktivnosti vezane za hidrološke probleme sastoje se od razmjene i usklađivanja hidroloških parametara: vodostaja, temperature i kvalitete vode, protoka i suspendiranog nanosa, a sve u cilju izračuna točnih vodnih bilanca, zaštite od poplava i hidroloških prognoza. Ulaskom susjednih zemalja u Europsku uniju, otvaraju se nove mogućnosti suradnje na interregionalnim projektima, koji daju velike mogućnosti za međudržavnu suradnju. U radu su iznesena iskustva kao i svi vidovi suradnje s hidrolozima susjednih zemalja, s naglaskom na zajednički rad u cilju poboljšanja točnosti i jedinstvenosti hidroloških podataka.

KLJUČNE RIJEČI: međunarodna suradnja, usklađivanje, Mura, Drava, vodostaji, protoci

THE HYDROLOGICAL COLLABORATION OF REPUBLIC OF CROATIA AND THE NEIGHBOURING COUNTRIES ON THE RIVERS OF MUTUAL INTEREST

SUMMARY: The basins of major rivers which run along the territory of the Republic of Croatia form, and some end in the neighboring countries. In the case of the Drava river and it's major tributary Mura, they stretch through four states - Austria, Slovenia, Hungary and Croatia. In doing so they form a border between two states that either partially runs in the middle of the river or cuts the river. Upstream from the Mura river mouth, Drava is completely hydro used for hydroelectric power plants, while Mura and the downstream part of Drava should be commonly protected from floods and river bed erosion. With a goal of achieving better results, experts of these neighboring countries, within a framework of interstate commissions, sub commissions and expert groups, arrange the scope of annual and multiannual activities. Activities related to hydrological problems consist of exchange

and coordination of the following hydrological parameters: water level, temperature, water quality, water flow and suspended sediment, and all with an aim of achieving exact water balances, flood protection and hydrological forecasting. With the entry of neighboring countries into the European Union, new opportunities for collaboration on interregional projects arise. This paper provides experiences and all means of collaboration with the hydrologists in the neighbouring countries, with a special emphasis on the mutual activities and a goal of improving accuracy and unity of hydrological data.

KEYWORDS: international collaboration, harmonizing, Mura, Drava, water levels, discharges

GLOBALNA PERSPEKTIVA VODNIH RESURSA U 21. STOLJEĆU

Voda je naslijeđe koje moramo dijeliti, pa je kao takova predmet kooperacije u zajedničkim interesima. Sada, više nego ikada ranije, prevladava mišljenje da međunarodni vodni putevi služe kao katalizatori za suradnju. Bili narodi u dobrim ili lošim odnosima, zagađenost vodnog sustava će pogoditi oba. Podsjetimo se, da je voda ograničeni resurs. Ona je egzistencija u posebnom obliku. Ona je potreba ljudi i prirode i mora joj se dati prednost. Drugi svjetski forum o vodi "World Water Vision Forum" održan u Haagu 2000. godine, imao je snažan utjecaj na svjetsku perspektivu gospodarenja vodom kao i na razvoj aktivnosti koje su slijedile zaključke toga foruma:

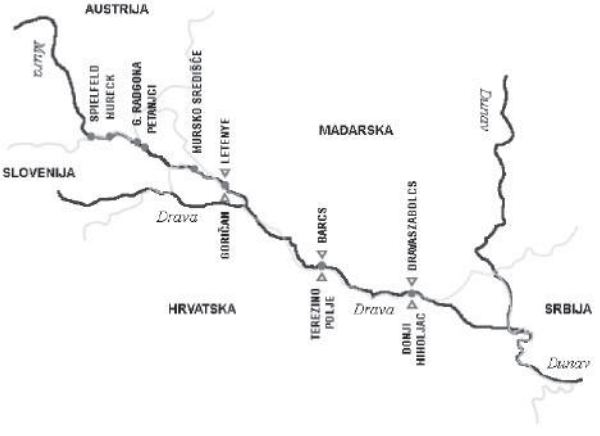
- do 2015. godine treba smanjiti nestašicu vode u onim dijelovima svijeta u kojima je ona posebno izražena
- traži se donošenje strategije upravljanja vodama na nacionalnoj i lokalnim razinama
- povećati produktivnost uz upotrebu iste količine vode
- donijeti mjere kojima će se na pojedinim slivovima osigurati efikasna obrana od poplava

Treći svjetski forum održan u Kyoto-u u ožujku 2003. godine, dao je poseban naglasak na strategiju zajedničkog razvoja, jer će sve naše akcije odrediti našu budućnost. Danas je u svim dijelovima svijeta prihvaćena činjenica da se klima mijenja i da nepravilnosti u klimatskim procesima izazivaju nepredviđene promjene u hidrološkim ciklusima. Stoga je neophodno praćenje svih relevantnih parametara koji sudjeluju u formiranju otjecanja i njihovo usklađivanje na svim dijelovima jednog slivnog područja, bilo da se radi o području nacinalnog ili višenacionalnog karaktera.

SURADNJA SA SUSJEDNIM DRŽAVAMA NA VODOTOCIMA OD ZAJEDNIČKOG ZNAČAJA

Naša država je ispresijecana mrežom većih i manjih vodotoka koji dijelom dolaze i završavaju u susjednim državama. Nakon osamostaljenja, Hrvatska graniči s državama koje su bile članice bivše Jugoslavije, pa sa njima ima više ili manje uspješnu političku, a tako i stručnu suradnju. Za razliku od navedenoga, sa susjednom Mađarskom naši vodoprivredni stručnjaci uspješno surađuju od 1956. godine na rijeci Dravi i njezinom najvećem pritoku Muri. Granica između dviju država formira se duž oba vodotoka, za razliku od Republike Slovenije gdje državna granica uglavnom presijeca zajedničke vodotoke. U prvom slučaju, gdje rijeka Drava na svom duljem toku čini granicu između Hrvatske i Mađarske, morala se razviti prisnija suradnja jer su susjedne zemlje trebale pronaći zajednička rješenja u iskorištenju vodnih snaga, konstrukciji hidrotehničkih i regulacijskih objekata, održavanju

i zaštiti od poplava, zaštiti voda i o vodi ovisnih ekosustava. U drugom slučaju treba na graničnim hidrološkim stanicama usuglasiti i razmijeniti hidrološke parametre neophodne za izradu vodne bilance i hidrološke prognoze. Ovdje veliki značaj imaju zagađenja i njihove koncentracije, jer su svakako u lošijoj poziciji nizvodnije države koje su obično i inicijatori suradnje. Na slici 1. su prikazani položaji stanica čije je usklađivanje podataka opisano u ovom radu.



Slika 1: Shematski prikaz rijeka Mure, Drave i Dunava s pograničnim hidrološkim stanicama

SURADNJA S REPUBLIKOM MAĐARSKOM

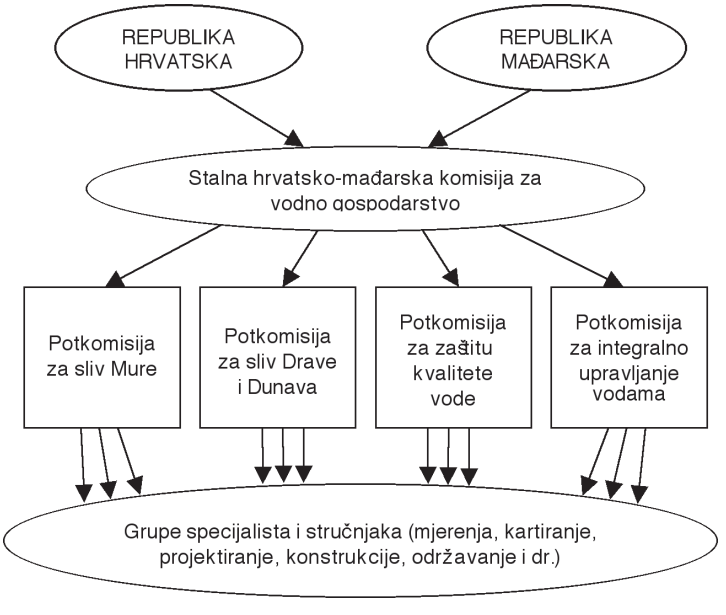
Zajednički interesi i oblici suradnje

Zajednički interes suradnje vezan je uz tri rijeke: Dunav, Dravu i Muru, te njihove pritoke s pripadajućim slivnim područjem. Glavni interes je zaštita od poplava koje ugrožavaju to područje, kao i zaštita voda i o vodi ovisnih ekosustava. Budući da su one često okovane ledom, u tim situacijama svi raspoloživi kapaciteti s jedne i druge strane sudjeluju u njegovom lomljenju i čišćenju. Značajan je posao na zaštiti od erozije korita, sigurnosti cestovnog prometa i održavanju postojećih nasipa. Dunav i dio Drave imaju važnost kao plovni putevi, te kao takovi zahtijevaju kvalitetno održavanje za osiguranje plovnosti. Značajno onečišćenje Mure i nešto manje Drave u Austriji i Sloveniji zahtijeva budno praćenje količina zagađenja obiju strana i pravovremeno obavještavanje. Do 1990. godine Mađarska i Hrvatska su imale iste interese i zajednička rješenja na održavanju i eksploataciji rijeka. Prema našim saznanjima Mađarska za sada nije zainteresirana za daljnje korištenje vodnih snaga, za razliku od Hrvatske koja ostaje pri svojim prvotnim zamislima, ali u isto vrijeme traži kvalitetna rješenja u zaštiti i očuvanju okoliša. Za postizanje ovih ciljeva potrebne su podloge kojima se definira vodni režim kao i praćenje morfoloških promjena duž toka. Tijekom 2005. godine izdan je Hidrografski atlas rijeke Drave kao rezultat zajedničkog rada mađarskih i hrvatskih stručnjaka, a aktualizirao je podatke iz atlasa objavljenog 1972. godine. Rezultati dosadašnje zajedničke suradnje mogu se podijeliti u dvije grupe:

1. suradnja na održavanju postojećih nasipa, regulacijskih objekata, pumpnih stanica i kontroli vodostaja
2. suradnja na višenamjenskim objektima

U prvoj grupi zacrtani su ciljevi postignuti. U skladu s potrebama i mogućnostima obiju država u održavanju postojećih objekata, vrše se redovita praćenja potrebnih parametara. U tu grupu spada mjerenje kvalitete vode, protoka i vodostaja u određenim poprečnim profilima. U drugu grupu spadaju projekti čija realizacija je više ili manje uspješna.

Suradnja se od 1956. godine odvija putem stalne komisije za vodno gospodarstvo. U početku je to bila jugoslavensko-mađarska, a od 1990. godine hrvatsko-mađarska komisija. Komisija se sastaje najmanje jednom godišnje, a sadržava četiri potkomisije za određena područja kao što je vidljivo iz slike 2.



Slika 2: Shematski prikaz ustroja stalne hrvatsko-mađarske komisije

Tu treba spomenuti, da u slučajevima opasnosti od leda i poplava na Dunavu, obje zemlje neformalno uključuju i susjednu Republiku Srbiju.

U okviru potkomisija su angažirane grupe stručnjaka koje u pojedinim područjima razmjenjuju mjerene i opažane podatke i dogovaraju suradnju u cilju dobivanja što kvalitetnijih podloga za održavanje i iskorištavanje ovih vodotoka.

Usklađivanje hidroloških podataka

Ovdje će se prikazati suradnja na području hidrologije, čiji stručnjaci rade u okviru potkomisije za sliv Mure, i sliv Drave i Dunava. S hrvatske strane u hidrološkoj grupi su angažirani hidrolozi iz DHMZ-a, a s mađarske strane iz instituta Vituki iz Budimpešte, te stručnjaci koji vrše mjerenja i opažanja na spomenutim slivovima. Međusobno se usklađuju podaci s tri para hidroloških stanica, gdje svaki par čini jedna hrvatska i jedna mađarska stanica:

- Goričan i Letenye, na rijeci Muri
- Terezino Polje i Barcs, na rijeci Dravi
- Donji Miholjac i Dravaszabolcs, na rijeci Dravi

Na slici 1. prikazan je položaj tih stanica. Zadatak hidroloških grupa je uskladiti zajednička vodomjerenja, opažene vodostaje, protočne krivulje i protoke.

1. Usklađivanje zajedničkih vodomjerenja

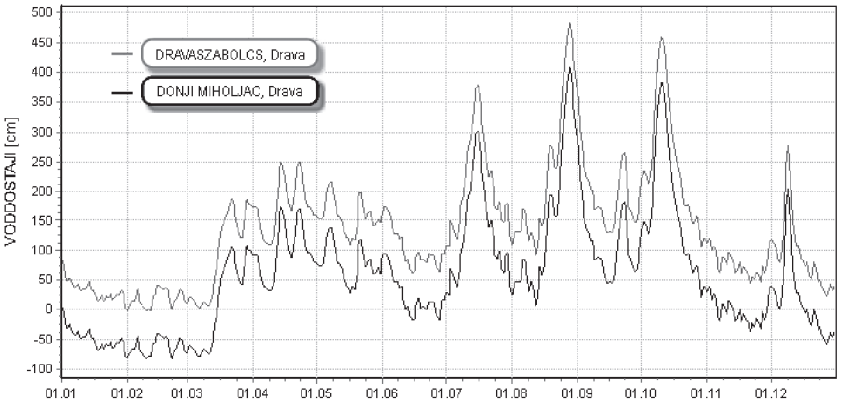
Krajem tekuće godine stručnjaci dogovoraju vremenski raspored 10 vodomjerenja za narednu godinu, od veljače do studenoga, za svaki navedeni par hidroloških stanica. Nakon uspostavljenog plana, hrvatska i mađarska ekipa istovremeno mjeri protok svaka u svom poprečnom profilu. U slučaju rijeke Mure to je praktički isti profil, dok su profili za parove stanica na Dravi nešto udaljeniji. Od 2004. godine na Dravi, te od 2005. na Muri, protoci se mjere ADCP-om. Takav način mjerenja je daleko brži, točniji i jednostavniji u odnosu na mjerenje hidrometrijskim krilom. Usporedna mjerenja omogućuju jednostavnije otkrivanje razloga većih međusobnih odstupanja, koje stručnjaci godinama ispituju. U skladu s teorijom slučajnih pogrešaka, dozvoljene razlike istovremenih mjerenja smiju se kretati u granicama od ±5%. Veće razlike ispituju se usporedbom parametara ispisanih u rezultatima mjerenja. U tablici 1. dan je prikaz paralelnih mjerenja na stanicama Donji Miholjac i Dravaszabolcs za 2005. godinu.

Tablica 1: Usporedba vodomjerenja na D.Miholjcu i Dravaszabolcsu za 2005. godinu

Red. broj	Datum vodomj.	VODOSTAJI				PROTOCI		RAZLIKA VODOMJERENJA	
		Hrvatska		Mađarska		Hrvatska	Mađarska	$\Delta Q=Q_H-Q_M$	
		H_H	T_H	H_M	T_M	Q_H	Q_M	ΔQ	$\frac{\Delta Q*100}{Q_H}$
		cm	h : min	cm	h : min	m^3/s	m^3/s	m^3/s	%
1.	10.III.05	-76	10:49	8	10:06	253	259	-6	-2,4
2.	14.IV.05	176	11:43	252	9:31	755	749	6	0,8
3.	12.V.05	82	11:10	157	9:43	545	553	-8	-1,5
4.	09.VI.05	30	9:27	110	12:02	435	442	-7	-1,6
5.	14.VII.05	245	10:33	323	11:19	911	932	-21	-2,3
6.	11.VIII.05	35	10:29	123	10:18	449	452	-3	-0,7
7.	08.IX.05	117	11:01	201	10:26	624	623	1	0,2
8.	06.X.05	159	11:42	238	10:07	738	725	13	1,8
9.	10.XI.05	-20	10:49	67	10:15	332	338	-6	-1,8

2. Usklađivanje opaženih vodostaja

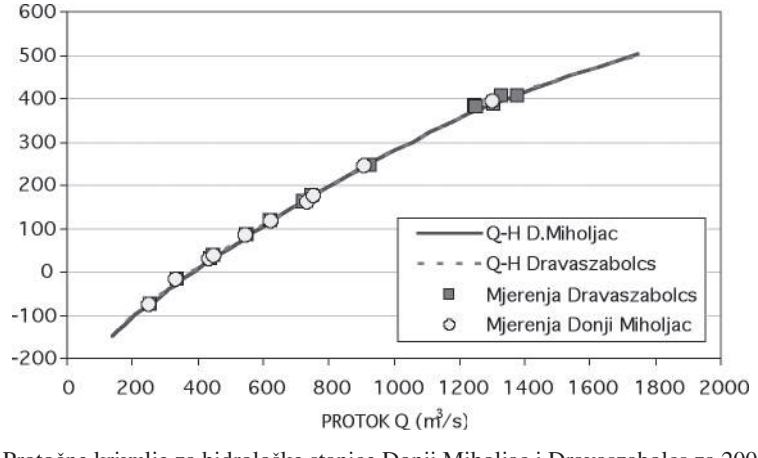
Uspoređivanje vodostaja je prvi korak u analizi ispravnosti podataka. Razlike se analiziraju, utvrđuje se čiji je podatak neispravan i on se dogovorom ispravlja. Mnoge pogreške su rezultat neispravnog rada instrumenta ili posebnih uvjeta kao pojava leda i sl. Na slici 3. prikazan je godišnji hod vodostaja na Donjem Miholjcu i Dravaszabolcsu za 2005. godinu. Budući da Hrvatska i Mađarska imaju različite geografske koordinatne sustave, vodostaji su prikazani u relativnim vrijednostima.



Slika 3: Usporedni prikaz vodostaja na Donjem Miholjcu i Dravaszabolcsu za 2005. g.

3. Usklađivanje protočnih krivulja

Pogranične stanice na rijekama Muri i Dravi osnovane su prije stotinjak godina. Obzirom na česte morfološke promjene korita, protočne se krivulje, Q=f(H), mijenjaju gotovo svake godine. Stručnjaci na osnovu zajedničkih vodomjerenja izrađuju krivulje, svaki za svoje stanice, te veće razlike koje se odražavaju na konačne vrijednosti protoka analiziraju i dogovorno usklađuju. Na slici 4. dan je primjer usklađenih krivulja za par stanica Donji Miholjac - Dravaszabolc 2005. godine. U svrhu uočavanja razlika u vodomjerenjima i protočnim krivuljama, vodostaji mađarske strane su svedeni na vodostaje hrvatske strane.



Slika 4.: Protočne krivulje za hidrološke stanice Donji Miholjac i Dravaszabolcs za 2005. godinu

4. Usklađivanje protoka

Nakon prethodno spomenutih usklađivanja, konstruira se godišnji hidrogram koji je osnova za izračun izvedenih veličina koje služe za usklađivanje: srednji, minimalni i maksimalni mjesečni protoci, te godišnji ekstremi. Dopušteno odstupanje parova vrijednosti dviju

paralelnih stanica je ±5%. Nakon usklađivanja, rezultati se daju tablično kao što je prikazano u tablici 2. na primjeru Donjeg Miholjca i Dravaszabolcs za 2005. godinu.

Tablica 2.: Odstupanja srednjih, minimalnih i maksimalnih mjesečnih protoka na stanicama Donji Miholjac i Dravaszabolcs za 2005. godinu

SREDNJACI	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	Q_{SR}	
Donji Miholjac	303	277	415	593	550	439	666	724	620	755	385	426	513	m^3/s
Dravaszabolcs	300	273	409	585	545	432	667	723	627	757	379	416	509	m^3/s
$\Delta Q=Q_{DM}-Q_{DR}$	3	4	6	8	5	7	-1	1	-7	-2	6	10	3,3	m^3/s
$\Delta Q*100/Q_{DM}$	1,0	1,4	1,4	1,3	0,9	1,6	-0,2	0,1	-1,1	-0,3	1,6	2,3	0,9	%

MINIMUMI	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**APS**	**DATUM**
Donji Miholjac	237	232	237	451	430	335	414	381	451	402	308	271	232	22.II.
Dravaszabolcs	230	227	232	435	422	333	413	382	454	407	305	265	227	10.II.
$\Delta Q=Q_{DM}-Q_{DR}$	7	5	5	16	8	2	1	-1	-3	-5	3	6	5,0	m^3/s
$\Delta Q*100/Q_{DM}$	3,0	2,2	2,1	3,5	1,9	0,6	0,2	-0,3	-0,7	-1,2	1,0	2,2	2,2	%

MAKSIMUMI	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**APS**	**DATUM**
Donji Miholjac	420	322	629	763	687	597	1082	1385	1062	1303	512	841	1385	28.VIII.
Dravaszabolcs	407	322	622	754	683	596	1070	1370	1060	1290	503	823	1370	28.VIII.
$\Delta Q=Q_{DM}-Q_{DR}$	13	0	7	9	4	1	12	15	2	13	9	18	15	m^3/s
$\Delta Q*100/Q_{DM}$	3,1	0,0	1,1	1,2	0,6	0,2	1,1	1,1	0,2	1,0	1,8	2,1	1,1	%

Suradnja na interregionalnim projektima

Ulaskom Mađarske u EU otvorile su se mogućnosti za realizaciju projekata iz različitih područja uvjetovanih suradnjom sa susjednim državama. Izradu jednog od tih interreginalnih projekata su mađarski vodoprivredni stručnjaci dogovorili s "Hrvatskim vodama". Detaljno se prikazuje stanje na vodotocima u slivu Dunava i Drave s naglaskom na opremi stanica za mjerenje kvalitete voda i opažanje vodostaja, kvalitetu prikupljenih podataka i kriterije, kao i dalje potrebe u cilju što efikasnijih rezultata. Tu je dan naglasak na što opsežnije informiranje javnosti i dostupnost mjerenim podacima, kao i uvažavanje njihovih primjedbi i potreba.

SURADNJA S REPUBLIKOM SLOVENIJOM I POSREDNO S REPUBLIKOM AUSTRIJOM

Usklađivanje hidroloških podataka s Republikom Slovenijom

Suradnja sa Slovenijom ostvaruje se usklađivanjem podataka na rijekama Savi, Dravi, Muri i Kupi. U ovom radu prikazano je usklađivanje na Muri jer ona povezuje četiri države: Austriju, Sloveniju, Hrvatsku i Mađarsku. Duž svojeg toka presijeca granicu između Austrije i Slovenije, a nešto nizvodnije i granicu između Slovenije i Hrvatske. Suradnja je ostvarena kroz rad hrvatsko-slovenske komisije. Godišnje se usklađuju podaci

o protocima; minimalni, maksimalni, te srednji mjesečni i godišnji.

Slika 1. prikazuje tok rijeke Mure sve do ušća u rijeku Dravu, s položajem svih stanica čiji se podaci koriste prilikom usklađivanja. Austrija sudjeluje sa stanicama Spielfeld i Mureck kao dvijema najnizvodnijim austrijskim stanicama. Slovenija s Gornjom Radgonom i Petanjcima, a Hrvatska s Murskim Središćem i Goričanom. Budući da su podaci sa stanica Goričan i Letenye prethodno usklađeni tijekom hrvatsko-mađarskog usklađivanja hidroloških podataka, oni su kontrola točnosti podataka usklađenih na slovenskim i austrijskim stanicama.

Između susjednih stanica formiran je međusliv, pa se podaci usklađuju na temelju poznavanja veličine slivova stanica. Princip usklađivanja baziran je na sljedećoj toleranciji,

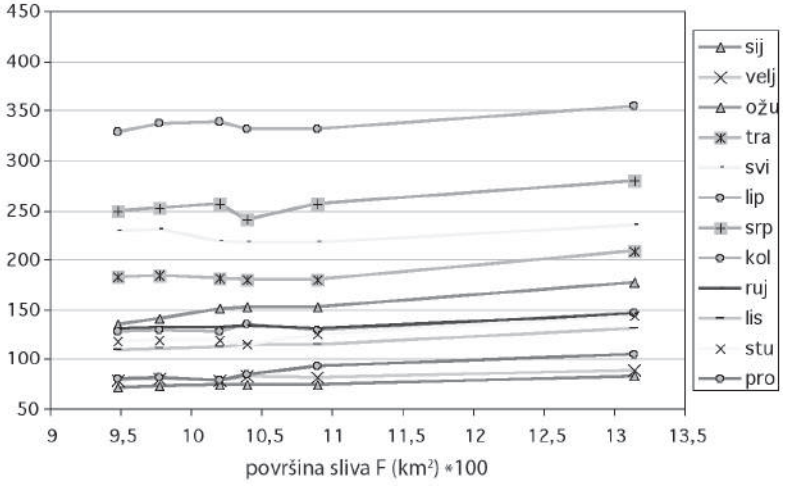
$$\Delta Q_D = \Delta F \pm K\,; \qquad \Delta F = \frac{F_{UZV} - F_{NIZ}}{F_{UZV}}$$

ΔQ_D(%) je dozvoljeno odstupanje protoka između uzvodne i nizvodne stanice; ΔF(%) je razlika površina slivova uzvodne i nizvodne stanice; K(%) je slučajna pogreška mjerenja, a iznosi ± 5% za srednje protoke, te ± 8% za male i velike.

Nakon usklađivanja podataka prikazuje se odnos srednjih mjesečnih protoka i pripadnih površina slivova kao na slici 5. Rezultati su dobiveni usklađivanjem podataka na rijeci Muri za 2004. godinu.

Izrada hidrološke studije rijeke Mure

Prilikom rekonstrukcije obrambenih nasipa na pograničnom dijelu rijeke Mure između Hrvatske i Slovenije uspostavilo se da obje strane imaju značajne razlike u kotama vodnih lica, što dovodi do razlika u potrebnim visinama nasipa. Stručnjaci su predložili izradu jedinstvene hidrološke studije, kojoj su cilj jedinstveni i usaglašeni podaci na zajedničkom potezu Mure od Austrije do Hrvatske. Relevantne ranije spomenute međudržavne komisije složile su se sa prijedlogom i trebaju odobriti usvojenu metodologiju.



Slika 5.: Odnos srednjih mjesečnih protoka i površina slivova na stanicama duž Mure za 2004. godinu

ZAKLJUČAK

Zagađenje, iskorištavanje vodnih resursa i opasnost od poplava su tranzicijski problemi pograničnih rječnih slivova. Donošenje odluka u gospodarenju vodama kao i prognoziranje protoka u cilju obrane od poplava, zahtijeva uvid u trenutačno stanje, odnosno u takozvani "real time" podatak kao i u dugoročne nizove povijesnih podataka na hidrološkim stanicama uzduž vodotoka. Budući da veće rijeke protječu kroz nekoliko država, neophodna je suradnja koju smo prikazali na našim primjerima. Pri tome, političke prilike ne bi smjele biti prepreka u ostvarivanju uspješne međunarodne suradnje na području voda. U skladu s klimatskim promjenama za očekivati je promjenu distribucije padavina. Hidrološke službe moraju omogućiti pristup svojim bazama podataka koje su osnova za donošenje odluka na raznim nivoima. Treba osigurati monitoring na nivou zemlje i kroz globalne baze podataka treba naći okvir za koordinaciju i usklađivanje postojećih programa članica UN-a, te steći prednost od sinergije, steći čvršću međunarodnu poziciju i povećati mogućnosti za vanjska financiranja. U Europi treba očekivati unificiranje sistema opažanja podataka i metoda procjene. Na međunarodnom planu, cilj mora biti usklađivanje sistema i standardiziranje metoda u cilju formiranja kompatibilnih baza podataka. Tradicionalno je voda tretirana kao besplatan resurs po principu "tko prvi njegova je". No, ekonomski pristup vodi je spoznati njene prave vrijednosti i osigurati maksimum benefita direktnog ili indirektnog. To je jedini put na kojem će interesi sadašnjih i budućih generacija ostati sačuvani.

AUTORICE:

mr.sc. Ksenija Cesarec
Državni hidrometeorološki zavod
Grič 3, 10000 Zagreb, Hrvatska
tel: +385 1 4882 664
fax: +385 1 4882 886
cesarec@cirus.dhz.hr

Sandra Jurela, b.sc.
Državni hidrometeorološki zavod
Grič 3, 10000 Zagreb, Hrvatskael: +385 1 4882 669
fax: +385 1 4882 886
jurela@cirus.dhz.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.08.

POTENCIJALNI PRITISCI OD GOSPODARSKIH DJELATNOSTI I NJIHOV UTJECAJ PREMA WFD

Daria Čupić i Alena Vlašić

SAŽETAK: U radu se analiziraju potencijalni pritisci od gospodarskih djelatnosti i njihov utjecaj na podzemne vodne cjeline na slivu Kupe koncipirane prema studiji Instituta za geološka istraživanja - Zagreb; Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju , 2005. godine pod nazivom „Karakterizacija vodnih cjelina na crnomorskom slivu u okviru implementacije okvirne direktive o vodama EU“.

Geološka građa područja sliva Kupe opisana je datim litostratigrafskim jedinicama i strukturno tektonskim odnosima. Također dane su hidrogeološke karakteristike različite za krški i ravničarski dio područja kroz hidrogeološke jedinice prema propusnosti. Izdvojene su i karakterizirane podzemne vodne cjeline prema zahtjevima EU WFD (2000/60/EC), sa različitim pristupom karakterizacije u ravničarskom od krškog područja. Na temelju raspoloživih podataka izrađena je karta prirodne ranjivosti cjelina podzemnih voda u slivu Kupe. Izdvojeni su potencijalni pritisci od gospodarskih djelatnosti i to:

- Točkasti (industrija, odlagališta, stanovništvo)
- Raspršeni (poljoprivreda, prometnice)
- Iznenadna onečišćenja (naftovod)

Na temelju svih dostupnih podataka napravljena je analiza i data je procjena rizika na podzemne vodne cjeline u slivu Kupe.

KLJUČNE RIJEČI: podzemne vodne cjeline, karakterizacija podzemnih voda, ranjivost, gospodarska djelatnost, pritisci, utjecaji

POTENTIAL PRESSURES AND IMPACTS OF ECONOMIC ACTIVITIES IN ACCORDANCE WITH WFD

SUMMARY: The paper analyses potential pressures from economic activities and their impact on groundwater bodies in the Kupa River basin, based on a study under the title of “Characterisation of water bodies in the Black Sea basin in the context of implementation of the EU Water Framework Directive” prepared in 2005 by the Croatian Geological Survey, Department of Hydrogeology and Engineering Geology, Zagreb.Geological composition of the Kupa River basin area is described with presented lithostratigraphic units and structural-tectonic features. Hydrogeological characteristics of karst and lowland parts of the basin area are presented through hydrogeological units in terms of their permeability. Groundwater bodies have been selected and characterised in accordance with the requirements of the EU WFD (2000/60/EC), and characterisation approach in the

lowland area differs from the one applied in the karst area. A map of natural vulnerability of groundwater bodies in the Kupa River basin has been prepared on the basis of available data. The following potential pressures from economic activities have been selected:

- point (industry, waste dumps, population),
- diffuse (agriculture, roads), and
- accidental pollution (oil pipeline)

On the basis of all available data analysis has been performed and assessment of risks to groundwater bodies in the Kupa River basin has been made.

KEYWORDS: groundwater bodies, characterisation of groundwater, vulnerability, economic activity, pressures, impacts

UVOD

U današnje vrijeme sve većeg antropogenog zagađenja, kako zbog porasta populacije, tehnološkog razvitka, modernog načina življenja, u cilju zaštite voda svijet je postao jedno globalno selo sa devizom misli globalno, djeluj lokalno. Stoga i primjena europskih direktiva na podzemne vode nalaže karakterizaciju podzemnih voda radi ocjene njihove uporabe i rizika, kako bi se spriječio ili ograničio unos zagađivala u podzemne vode u svrhu uspostavljanja dobrog općeg kvalitativnog i kvantitativnog stanja. Saznanje o količinama i kakvoći vode temeljni je dio upravljanja vodnim resursima, posebice u uvjetima održivog razvoja što je i temelj Okvirne direktive o vodama EU.

Kao reprezentativan primjer gdje bi se demonstrirali svi pripadajući pritisci od gospodarskih djelatnosti i njihov utjecaj na kvalitetu podzemne vode u slivu Save izabran je podsliv Kupa. Cilj je bio na malom području koje sadrži dvije sasvim različite geomorofloške i geološke jedinice Panonskog bazena i krškog područja prikazati pripadajuće pritiske i njihov odraz na kvalitetu podzemnih voda.

RAZRADA TEME

Sliv rijeke Kupe u krškom području sastoji se od slivova četiri rijeke: Kupe, Dobre, Mrežnice i Korane, koje se spajaju u jednu rijeku kod Karlovca na prelasku iz krškog u ravničarsko područje Panonskog bazena. Osnovna karakteristika sliva je komplicirana geološka građa u kojoj prevladavaju okršeni karbonatni vodonosnici, tokovi podzemnih voda ispod navučenih vodonepropusnih kompleksa naslaga i pojave krških izvora širokog raspona istjecanja. Od Slovenije do Bosne se proteže oko 120 km dug niz antiklinalnih struktura s jurskim dolomitima u jezgri, koji predstavljaju potpunu barijeru i prisiljavaju podzemne vode na svom toku prema sjeveru da izbijaju na nizu od 12 stalnih izvora s minimalnom izdašnošću između 0,1 i 1 m3/s. Ti izvori formiraju vodotoke (Ogulinsku Dobru, Zagorsku Mrežnicu, Dretulju, Ličku Jasenicu i povremeno jezero Begovac) koji potpuno poniru čim prođu dolomitnu podlogu a podzemna se voda ponovo javlja na novom, nižem nizu od 12 snažnih stalnih izvora pojedinačnih minimalnih izdašnosti 0,1 - 0,9 m3/s gdje stvara stalne, neponiruće vodotoke: Kupu, Čabranku, Dobru, Mrežnicu, Koranu, njihove pritoke, te Plitvička jezera. Na taj način su nastale dvije prostrane krške hidrogeološke stepenice. Linija nižih izvora ujedno predstavlja i granicu između visokokrškog i fluvio-krškog djela. U hidrogeološkom smislu u području krša zaključno imamo dvije osnovne cjeline i to visoko planinsko područje specifičnog krškog režima

i zaravnjeni krški plato, tzv. plitki krš. Najveći površinski vodotok Kupa probija se kanjonom kroz visoko planinsko područje, dok njene glavne pritoke započinju krškim izvorima na kontaktu planinskog područja i platoa.

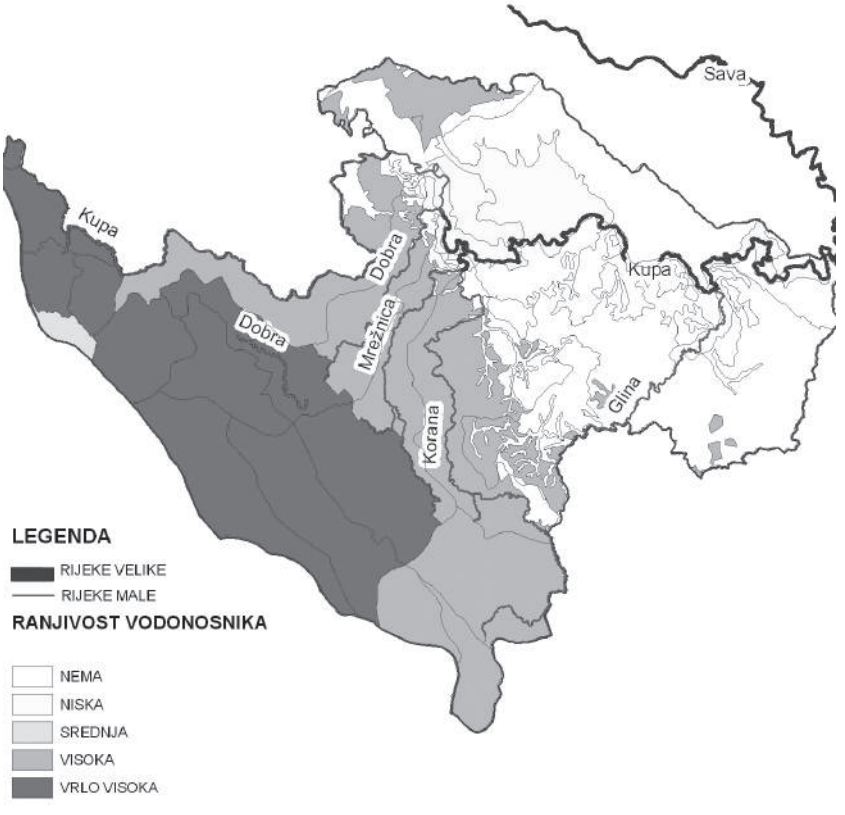
Iz hidrogeološke karte slivnog područja vidlljivo je područje Vanjskih Dinarida izgrađeno karbonatnim naslagama mezozoiske starosti s izmjenama od slabe do visoke propusnosti, te područje Unutrašnjih Dinarida unutar Panonskog bazena koji sadrži međuzrnske, kvartarne naslage srednje propusnosti do praktički nepropusnih pretkvartarnih naslaga.

Izdvajanje podzemnih vodnih cjelina na području sliva Kupe provedeno je korištenjem studije Instituta za geološka istraživanja - Zagreb „ Karakterizacija vodnih cjelina na crnomorskom slivu u okviru implementacije okvirne direktive o vodama EU“, Osnovne geološke karte RH 1:100.000 , Hidrogeološke karte 1:200.000 i Hidrogeološke karte 1:300.000, te dostupnih podataka svih dosadašnjih istraživanja. Osnova za izdvajanje cjelina podzemnih voda bila je analiza siljedećih elemenata: hidrogeološke granice i strukture, hidraulička svojstva vodonosnika, tok podzemne vode, te povezanost površinskih i podzemnih voda.

Cjelina podzemnih voda obuhvaća i pokrovni sloj, dok je donja granica vodne cjeline T=20^0 C ili 1000 mg/l. Okvirna direktiva za vode (WFD-2000/60/EC) predviđa izdvajanje svih cjelina podzemne vode iz kojih može crpiti više od 10 m^3/dan. Na taj je način, izdvojeno 96 cjelina podzemnih voda od kojih su sve svrstane u kategoriju jednog vodonosnika u vertikalnom razrezu. Inicijalna karakterizacija vodnih cjelina temelji se na geološkim i hidrualičkim svojstvima vodnosnika, pri čemu razlikujemo vodonosnike s međuzrnskom, pukotinskom poroznošću i krške vodonosnike. Budući da se prema WFD-u monitoring podzemnih voda mora uspostaviti u svakoj izdvojenoj cjelini podzemne vode, te da su ekološki ciljevi sprečavanja daljnjeg pogoršanja, te zaštite i unapređenje dobrog statusa podzemnih voda, napravljena je optimalna grupacija prema modelu iz UK s obzirom na mogućnost korištenja i onečišćenja podzemnih voda.

Na području Kupe na temelju postojeće metodologije podjelili smo sliv u 3 tipa vodonosnika i to na osnovne, sekundarne i neproduktivne, te fokusirali se obzirom na korištenje podzemne vode na osnovne (iz kojih se ostvaruje značajno korištenje podzemne vode i vrlo su bitni za održavanje ekosustava podzemne vode) i sekundarne vodonosnike (imaju važnu ulogu u opskrbi podzemnom vodom, ali zbog svojih hidrogeoloških i hidrauličkih svojstava mogu se dovesti do pre-eksploatacije).Na slivu je izrađena karta tipova vodonosnika. Osnovnim vodnosnicima pripada aluvijalni vodonosnik Kupe i njezinih pritoka kod Karlovca integranularne poroznosti visokih hidrauličkih svojstava iz kojeg se odvija glavnina javne vodoopskrbe, te karbonantni vodonosnici pukotinsko-kavernozne poroznosti i visoke propusnosti u zonama viskog krša sa izvorima velikih izdašnosti.

Nakon analize litološkog sastava krovinskih naslaga, njihove debljine, te izrade karte povoljnosti krovinskih naslaga za zaštitu vodonosnika napravljena je karta ranjivosti. Područja vrlo visoke ranjivosti su otvoreni karbonatni vodonosnici pukotinsko-kavernozne poroznosti i visoke propusnosti u zonama visokog krša.. Dok s druge strane područja koja nemaju ranjivosti su područja s neproduktivnim vodonosnicima, a odnose se na nepropusne stijene koje su pretežito u sjeveroistočnom djelu sliva Kupe.



Slika 1:. Ranjivost vodonosnika na slivu Kupe

Identifikacija pritisaka s obzirom na kvalitetu podzemnih voda uključila je slijedeće:

- opterećenja od točkastih izvora onečišćenja (stanovništvo,industrija, odlagališta,)
- opterećenja od rasrpšenih izvora onečišćenja (poljoprivreda, prometnice)
- iznenadna onečišćenja (naftovod)

Analiza pritisaka obuhvatila je sljedeće aktivnosti: procjenu onečišćenja iz točkastih izvora, procjenu onečišćenja iz raspršenih izvora uključujući i pregled korištenja zemljišta, te analizu ostalih utjecaja ljudskih djelatnosti na stanje voda. Budući da je u konačnici za analizu pritisaka potrebno niz parametara od točne kvantifikacije pritiska, topologije terena, geologije, litološkog sastava i debljine krovinskih naslaga, ako se radi o aluvijalu, ili u slučaju krša dubini do podzemne vode, te o bogatstvu ponora, jama, te pedolškom sloju, vegetaciji, povezanosti sa površinskim vodama, i još nizu parametara, odlučili smo da je jedini sigurni parametar za kvantifikaciju pritiska kvaliteta podzemnih voda.

Glavni točkasti izvori onečišćenja dolaze od stanovništva i to su komunalne otpadne vode i industrijske aktivnosti. Baza onečiščivaća uključila je manji broj industrijskih ispusta otpadnih voda u površinske vode koje su uvijek potencijalna opasnost za podzemne vode. Prehrambena industrija dominantna je djelatnost unutar sliva. Postoji 15 industrija. Identificirani su korisnici, sistematizirani po djelatnostima koji svoje otpadne vode ispuštaju u prirodne recipijente i sustave javne odvodnje.

Tablica 1.: Podjele industrije po djelatnostima

Food industries	Oil and gas	Pharmaceutical	Metal	Textiles	Other
Gavrilović - Meat	INA Sisak	Pliva-Hrvatski Leskovac	Kordun-lav	Pamučna industrija Duga Resa	Opća bolnica Ogulin
PPK - Meat		Veterina	Tvornica plinskih turbina	Lola Ribar	Specijalna bolnica Duga Resa
MM Klaonica, prerada i prodaja mesa - Meat-slaughterhouse			ŽE-ČE		HOC Bjelolasica
KIM - Dairy					
Karlovačka pivovara - Brewery					
Jamnica - mineral water					
Jamnica - spring water and non-alcoholic beverages					

ispust u sustav javne odvodnje ispust u prirodni recipijent

Trenutno je djelomično izgrađeno 18 sustava odvodnje mješovitog tipa na koje je priključeno 27% stanovništva dok se ostala odvodnja vrši putem sabirnih ili septičkih jama. Od ukupnog broja sustava javne odvodnje na slivu pet direktno ima ispuste u podzemlje i predstavljaju izravan pritisak na podzemne vode.

Tablica 2.: Sustava javne odvodnje sa direktnim ispustima u podzemlje

SUSTAV JAVNE ODVODNJE	BROJ STANOVNIKA SUSTVA ODVODNJE	BROJ NASELJA U SUSTAVU	BROJ PRIKLJUČENIH STANOVNIKA	% PRIKLJUČENIH STANOVNIKA	RECIPIJENT
Delnice	6.836	135	2.100	31	podzemlje
Vrbovsko	3.454	54	150	4	podzemlje
Ravna Gora	1.869	1	602	32	podzemlje
Mrkopalj	923	1	70	8	podzemlje
Brod Moravice	408	1	80	20	podzemlje

Septičke jame razmatrali smo kao raspršene izvori onečišćenja i na slici je vidljivo njihovo rasprostiranje. Naravno septičke jame treba promatrati u odnosu na pokrovne slojeve, odnosno procjenu ranjivosti krovinskih slojeva. Detektiran je i direktni ispust u podzemlje, što je izravni pritisak na podzemne vode primjerice opća bolnica Ogulin čije se otpadne vode pročišćavaju na biološkom uređaju i ispuštaju u upojni bunar. Na području sliva organizirano odlaganje otpada obuhvaća 14 glavnih velikih odlagališta i veći broj manjih lokalnih odlagališta. Budući da ta odlagališta otpada uglavnom nisu građena prema higijensko-sanitarnim zahtjevima, ako se uz to pogleda i ranjivost naslaga, predstavljaju potencijalan pritisak. Najveća opasnost su divlja odlagališta otpada za koja baza podataka ne postoji.

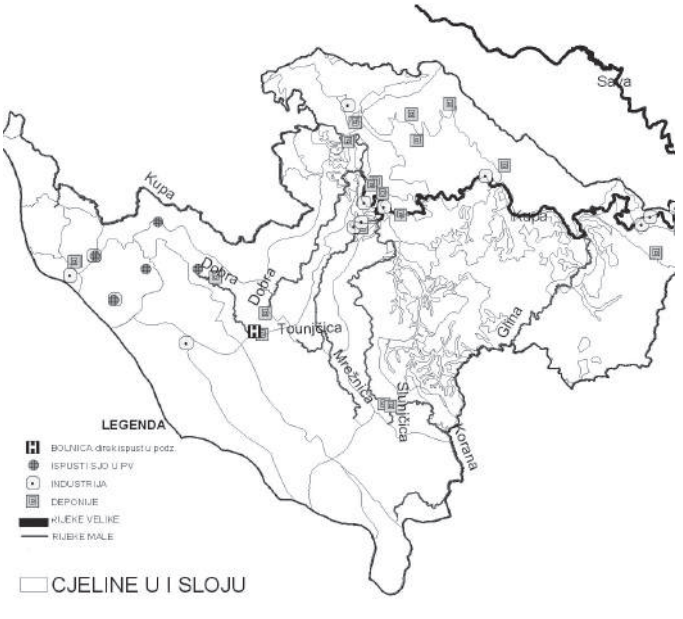
Tablica 3.: Osnovni podaci o deponijama otpada u slivu Kupe

Oznaka odlagališta	Grad-Općina -uža lokacija	Naziv deponije	Površina deponije m^2	Maksimalni kapacitet m^2	Prikupljanje procijednih voda	Obrada procijednih voda	Prisutnost vodocrpilišta	U vodozaštitnoj zoni	Poplavnost područja	Organizirano dovoženje(komunalna služba)
K-G-01	Karlovac	Ilovac-Pojatno	240.000	1.200.000	-	-	-	-	+	+
K-G-02	Karlovac	Donje Pokuplje	200.000	1.000.000	-	-	-	-	+	+
K-G-03	Karlovac	Lemić brdo	10.000	80.000	-	-	-	-	-	+
K-G-04	Ogulin	Sodol	29.250	2.866.500	-	-	-	+	-	+
K-G-05	Ozalj	Bajeri	18.617	90.000	-	-	-	-	-	+
K-G-06	Slunj	Debelo brdo	10.000	20.000	-	-	?	?	?	+
K-L-01	Duga Resa	Mrežnički Novaki	4.140	16,56	-	-	-	-	+	+
K-L-02	Duga Resa	Jarče Polje	5.373	20	-	-	-	-	-	+
K-L-03	Žakanje	Šelebajka	6.128	30,64	-	-	-	-	-	-
Z-G-07	Jastrebarsko	Božičke	9.455	57.600	?	?	-	+	-	+
Z-G-01	Zagreb	Jakuševec	800.000	8.000.000	-	-	-	-	-	+
Z-G-02	Velika Gorica	Mraclin	46.700	250.000	+	+	-	-	-	+
SM-G-07	Sisak	mulj zeljezare	20.000	50.000						
SM-G-08	Petrinja	Taboriste	20.000	200.000						
PG-G-11	Delnice	Sovica Laz 1	12.000	121.000						
PG-G-12	Delnice	Sovica Laz 2	2.000	30.000						
PG-G-13	Čabar	Petrokov Laz	19.526	293.000						
PG-L-03	Vrbovsko	Cetin	800	19.000						
UKUPNO			1.453.989	14.277.167						

Svi navedeni točkasti pritisci promatrani su u odnosu na ranjivost pokrovnih naslaga i u konačnici analizirani sa kvalitetom podzemne vode.

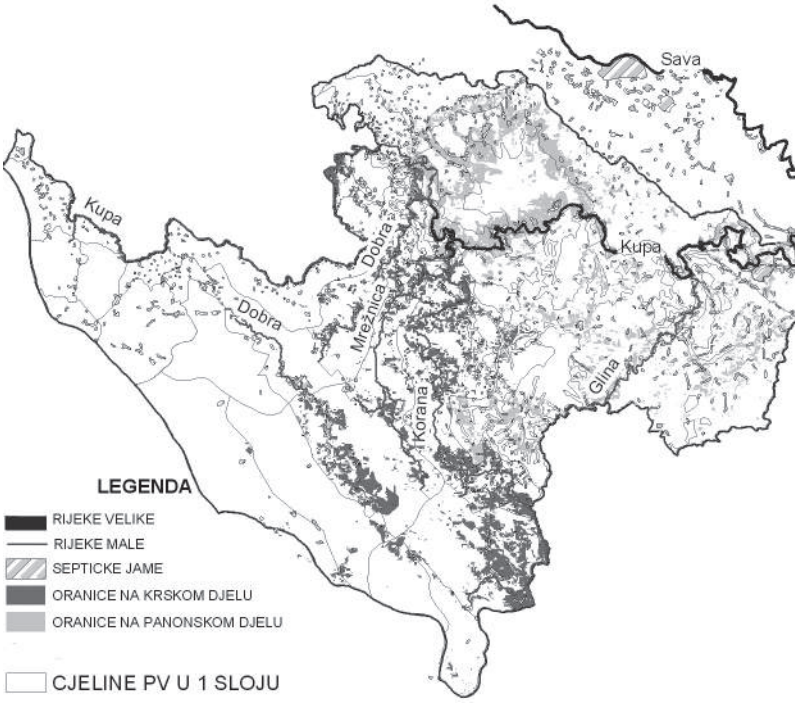
Za raspršene izvore onečišćenja koristili su se podaci o pokrivenosti terena poljoprivrednim površinama (oranicama) i njihovom opterećenju dušikom, kalijem i fosforom, kao produktom uporabe hranjiva za uzgoj različitih poljoprivrednih kultura. Najmanje količine opterećenja tim elementima odnose se na krško područje sliva. Površine su preklopljene preko izdvojenih cjelina podzemnih voda i svakoj cjelini podzemne vode je pridružena površina koju zahvaća jedan od korisnika prostora izražena u postotku. Prema europskim iskustvima, cestovni promet čini preko 90% svih emisija onečišćenja od prometa, dok ostale vrste prometa (željeznica, avio prometa, brodski promet, morski i unutarnji) generiraju oko 10%. Udio ukupnog tereta onečišćenja od prometa je mali u usporedbi s ostalim izvorima onečišćenja. Autocesta prolazi kroz najranjivija područja sliva ali je definiran zatvoreni

sustav odvodnje sa mastolovima i upuštanjem pročišćene vode u podzemlje izvan visokih zona zaštite. Potrebno je uspostavit sustav monitoringa i kontrole rada sustava odvodnje. Procijenjen je značajan pritisak onečišćenja od prometa u zaštićenim područjima (posebice: krški izvori pitke vode, nacionalni i parkovi prirode). Na prometnicama postoji mogućnost nezgoda i izlijevanja goriva u podzemlje ali i akcidenata specijalnih vozila koja prevoze naftne derivate ili druge opasne tekućine. Karlovačka županija je tranzitno područje i čvorište. Potencijalno značajan izvor onečišćenja je naftovod. Naftovod prolazi gotovo istom trasom kao i autocesta. Izgrađen je osamdesetih godina prošlog stoljeća i do sada nisu zabilježene značajnije i akcidentne situacije koje bi se mogle i evidentirati na izvorištima pitke vode. Dio dionice cjevevoda Jadranskog naftovoda prolazi osjetljivim područjem plitkog krša, gdje mogućim havarijama naftovod predstavlja stalnu (potencijalnu) opasnost ne samo za površinske vode velikih rijeka čija korita presijeca i koje su od presudnog značaja za vodoopskrbu stanovništva - bilo direktno površinskim zahvatima otvorenih vodotoka (Dobra kod Novigrada, Mrežnica kod Generalskog stola) ili posredno napajanjem zahvaćenih vodonosnika (aluvij Korane na karlovačkim vodocrpilištima), već i za podzemne vode krških vodonosnika svih nizvodnih slivnih područja kojima prolazi. Zapadno od karlovačke županije naftovod zalazi u dubokokrški dio sliva Dobre odakle se mogućem zagađenju naftom otvaraju putevi daljnjeg širenja u krške prostore županije južno od naftoovda - podzemno (predisponiranim smjerovima od ponora kod Ravne Gore) i površinski (Ogulinskom Dobrom prema Ogluinu i Đulinu ponoru).



Slika 2.: Točkasti izvori zagađenja

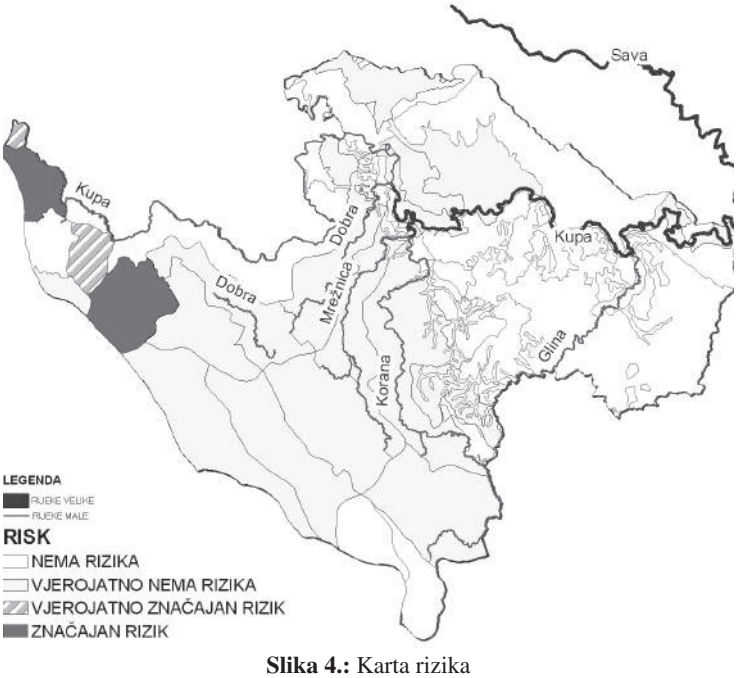
Nakon detekcije pritisaka i definiranja prirodne ranjivosti vodonosnika pristupilo se analizi kakvoće podzemne vode, posebno za cjeline podzemne vode koje su svrstane u kategoriju vrlo visoke ranjivosti. Prema zakonskoj regulativi praćenje kakvoće podzemnih voda obvezno je na svim crpilištima uključenim u javnu vodoopskrbu, no taj opseg rijetko zadovoljava kriterije propisane Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti



Slika 3.: Raspršeni izvori zagađenja

voda za piće (NN 46/1994). Kakvoća vode opaža se samo na crpilištima koje se koriste za javnu vodoopskrbu i to uglavnom na zahvatnim objektima (zdenac ili sam izvor). Za inicijalno kemijsko stanje podzemih voda i stanje kakvoće odabrani su slijedeći pokazatelji iz sadašnjeg monitoringa: temperatura podzemne vode, redoks uvjeti u podzemnim vodama, mineralizacija/salinitet, stanje kiselosti podzemne vode (alkalitet, ph), sadržaj hranjivih soli N (NO3-,NO2-,NH3) i P (uk. P, ortofosfati)- antropogeni utjecaj (poljoprivreda, industrija, domaćinstvo,odlagališta otpada itd.), teške kovine - Fe - pokazatelj prirodnog i antropogenog onečišćenja, kemijska potrošnja kisikom, kloridi - dokazi utjecaja poljoprivrede i korištenja mineralnih i prirodnih gnojiva, otpadnih voda s prometnica, domaćinstva, poljodjelstva, te drugi pokazatelji - suspendirana kruta tvar, mutež, mikrobiološki pokazatelji, sadržaji mineralnih ulja. Aritmetička sredina vrlo dobro odražava opće stanje pojedine cjeline podzemnih voda i odraz tog stanja koji ne prelazi više od 50% područja cjeline, ali ukoliko se radi o jednoliko distribuiranim mjestima opažanja. No nepouzdana je u slučaju neravnomjernog onečišćenja kod lokalnog ili difuznog izvora, ili pak u vodnosnicima pukotinsko-kavernozne poroznosti. No bez obzira ona je za početak odabrana za inicijalnu karakterizaciju cjelina podzemnih voda. Kakvoća podzemnih voda iz karbonatnih vodonosnika iznimno je dobra, budući da su većinom smješteni u gorskim područjima pokrivenim šumama, pa u njihovom priljevnom području nema izvora onečišćenja. Krški vodonosnici su vrlo visoko prirodno ranjivi, ali ukoliko se isključe antropogeni utjecaji može se prirodna kakvoća podići na najvišu kategoriju. U gronjem dijelu sliva rijeke Kupe izvori su izdvojeni s obzirom na porjeklo podzemnih voda koje dreniraju, uvjete napajanja i izmjenu voda u vodonosniku, te antropogenog opterećenja. Izmjereni pokazatelji onečišćenja i iz njih izračunate aritmetičke sredine upućuju na

činjenicu da su jedino izvori rijeke Kupe i Kupari u potpunosti bez antropogenog utjecaja i njihovo kemijsko stanje i stanje kakvoće prema WFD je vrlo visoko. Koncentracije nitrata, ortofosfata i vrijednosti kemijske potrošnje kisika karakteristični su za čiste vodnosnike dinarskog krša. Aritmetičke sredine vrijednosti promatranih pokazatelja na izvorima Zamost, Velika Belica, Mala Belica, Kupica i Zeleni Vir pokazuju nešto slabije kemijsko stanje i stanje kakvoće, a iz postojećih podataka je očito da se radi o povremenom bakteriološkom onečišćenju, zatim pojavi mineralnih ulja na izvoru Kupice, Maloj Belici i Zelenom Viru. Glavnina pojava onečišćenja vezana je za septičke jame domaćinstava naselja u slivu i nekontrolirana odlagališta otpada. Tijekom hidrološki viših voda obilnije padaline i vlažnije sezone pogoduju većem onečišćenju i dok se u potpunosti ne rješi problem kanalizacijske infranstrukture i postojanje nekontroliranog odlaganja otpada u slivu onečišćenja spomenutih izvora je nemoguće spriječiti. Podzemna voda koja istječe na izvoru Žižići bakteriološki je onečišćena što joj ugrožava stanje kakvoće, dok je kemijsko stanje obzirom na promatrane pokazatelje vrlo dobro. Podaci o kakvoći izvorskih voda ostalih izvora Skrad-stara kaptaža, Skrad I, Skrad II, Skrad - željeznička stanica, Frankopan, Gločevac, Jazbina Mrzlica, Veliki Žljeb upućuju na povremeno loše stanje kakvoće zbog visoke kemijske potrošnje kisika, odnosno nazočnosti organskog onečišćenja. Izvori Korito i Lokve-Mihićevo su nešto boljeg kemijskog statusa, ali raspoloživi podaci su nedostatni za procjenu kemijskog stanja i stanja kakvoće razmatranih izvorskih voda.



Slika 4.: Karta rizika

ZAKLJUČAK:

Konačan produkt ovog rada bila je ocjena rizika na izdvojene cjeline podzemnih voda. Napravljena je na temelju hidrogeoloških karakteristika, dostupnih podataka o količinskom stanju podzemnih voda, analize točkastih, odnosno raspršenih izvora onečišćenja i na temelju raspoloživih podataka o kakvoći podzemne vode u pojedinim cjelinama. Karta

procjene rizika za svaku cjelinu podzemne vode predstavlja konačan rezultat provedenih analiza i upućuje na potrebu mjera za uspostavu dobrog kvantitavinog i kvalitativnog stanja podzemnih voda. Optimalan način kategorizacije rizika izabran je onim koji je proveden u Velikoj Britaniji.

Na slivu Kupe sve izdvojene cjeline podzemnih voda dijele se na 4 kategorije: značajan rizik, vjerojatno značajan rizik, nema rizika i vjerojatno nema rizika. U značajan rizik svrstane su cjeline podzemne vode u kojima je na temelju podataka o razinama podzemnih voda i kakvoći podzemne vode, utvrđeni stvarni negativni utjecaj na podzemne vode. Na krškom području u značajan rizik svrstane su dvije cjeline podzemne vode u Gorskom kotaru (Čabranka, Kupica) u kojima je utvrđen utjecaj od otpadnih komunalnih voda obližnjih naselja.U kategoriji „vjerojatno značajan rizik“ spadaju cjeline koje sadrže osnovne vodnosnike slabo zaštićene krovinskim naslagama, na kojima ima značajnijih pritisaka (opterećenja) od korištenja prostora, a negativan utjecaj na kakvoću podzemne vode nije jako izražen. Kategorija „nema rizika“ uglavnom se odnosi na cjeline koje sadrže neproduktivne stijene, ali i na cjeline koje sadrže uglavnom sekundarne vodonosnike na kojima nema značajnijih pritisaka od korištenja prostora, a negativan utjecaj na kakvoću podzemne vode nije utvrđen. Izuzetak je vodna cjelina izvora Kupe gdje, iako se radi o cjelini vrlo visoke ranjivosti, nema potencijalnih onečišćivaća u zaleđu, budući se gotovo cijelo područje cjeline nalazi unutar granica Nacionalnog parka Risnjak, te je ova cjelina izdvojena kao cjelina gdje nema rizika.Cjeline podzemne vode svrstane u kategoriju „vjerojatno bez rizika“ uglavnom se odnose na cjeline koje sadrže osnovne i sekudnarne vodonosnike koji se koriste za vodoopsrkbu i koji su zaštićeni dobro krovinskim naslagama, a negativan utjecaj na kakvoću podzemne vode nije bilo moguće utvrditi zbog nedostataka podataka, ali pretpostavlja se da ga nema.

LITERATURA:

1. Institut za geološka istraživanja-Zagreb, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju (1996), Vodnogospodarska osnova Republike Hrvatske: Hidrogeologija I. faza
2. Institut za geološka istraživanja-Zagreb, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju (2005), Karakterizacija vodnih cjelina na crnomorskom slivu u okviru implementacije okvirne direktive o vodama EU,
3. Okvirna Direktiva o vodama Europske unije (2002),
4. Rudarsko-geološko-naftni fakultet (2000) , Projekt EGPV: Popunjavanje podacima sliva Kupe, moduli: uži sliv Kupe i sliv Korane, sliv Mrežnice i Dobre

AUTORI

Daria Čupić dipl.ing.geol.
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

Alena Vlašić dipl. ing.bioteh.
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.09.

PRIHODI I RASHODI HRVATSKIH VODA - USKLADA SA EU DIREKTIVAMA

Ružica Ćurić-Batan, Tomislav Madžar

SAŽETAK: Izmjenama i dopunama Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva iz konca 2005. godine uveden je novi sigurniji i transparentniji sustav financiranja vodnoga gospodarstva. U 2006. godini učinjen je kvalitetan iskorak u ostvarenju prihoda Hrvatskih voda u iznosu od preko 2 milijarde kuna, od čega na izvorne prihod otpada 71,35 %. Izvorni prihodi Hrvatskih voda osiguravaju se iz vodnih naknada koje plaćaju korisnici vodnog sustava i onečišćivači voda sukladno Okvirnoj direktivi o vodama Europske unije. Procjenjujemo da će učešće izvornih prihoda u ukupnim prihodima rasti u narednim godinama uz zadržavanje financiranja iz Državnog proračuna. Sve izloženo ukazuje da je u 2006. godini učinjen kvalitetan iskorak vodnoga gospodarstva uspješnim uvođenjem novog sustava financiranja. Dubinsko snimanje vodnog zakonodavstva ukazalo je na dobru usklađenost hrvatskih propisa i većine ključnih propisa Europske unije. Proces prilagodbe Okvirnoj direktivi o vodama Europske unije ocjenjujemo da će biti uspjeno proveden u 2007. godini.

KLJUČNE RIJEČI: Financiranje vodnoga gospodarstva, Hrvatske vode, Okvirna direktiva o vodama EU, usklada.

REVENUES AND EXPENDITURES OF HRVATSKE VODE - HARMONIZATION WITH EU DIRECTIVES

SUMMARY: The Act on the Amendments and Modifications of the Water Management Financing Act, adopted at the end of 2005, provides a new, safer, and more transparent water management financing system. 2006 saw a significant step forward in the realization of revenues of Hrvatske vode in the amount of over HRK 2 billion, 71.35% of which belongs to original revenues. The original revenues of Hrvatske vode are collected from water charges paid be the users of water system and polluters of water, in accordance with the EU Water Framework Directive (WFD). We estimate that the share of original revenues in the total revenues will increase in the coming years, retaining at the same time the financing from the state budget. Everything mentioned above indicates that significant progress was made in water management in 2006 by the introduction of a new financing system. The screening of water-related legislation points to good harmonization of Croatian regulations with the majority of key EU regulations. We expect that the process of adjustment with the EU Water Framework Directive will be successfully carried out in 2007.

KEYWORDS: water management financing, Hrvatske vode, EU Water Framework Directive, harmonization

1. UVOD

Zakonom o vodama (NN 107/95, 150/05) osnovane su Hrvatske vode - pravna osoba za upravljanje vodama u Republici Hrvaskoj. Zakonom je utvrđena i djelatnost Hrvatskih voda, a najznačajniji poslovi su: priprema vodnogospodarskih planova kojima se ostvaruje upravljanje vodama, investitorski i drugi poslovi kojima se realizraju planovi, poduzimanje mjera za racionalno korištenje voda, zaštita voda od onečišćenja, te mjere zaštite od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda.

Poslovi i zadaci Hrvatskih voda na planiranju i prikupljanju sredstava za financiranje aktivnosti na upravljanju vodama uređeni su Zakonom o financiranju vodnoga gospodarstva (NN 107/95, 19/96,88,98 i 150/05). Istim Zakonom utvrđena su osnovna načela na kojima se zasniva financiranje vodnoga gospodarstva:

- sredstva za financiranje vodnoga gospodarstva osiguravaju se iz vodnih naknada koju plaćaju korisnici vodnog sustava odnosno onečišćivači voda,
- sredstva vodnih naknada mogu se koristiti samo namjenski sukladno Zakonu,
- sredstva vodnih naknada koriste se solidarno prema prvenstvu u potrebama na području cijele Republike Hrvatske,
- sredstva naknade za korištenje voda i naknade za zaštitu voda dodjeljuju se nepovratno isporučiteljima komunalnih usluga (opskrba pitkom vodom i pročišćavanje otpadnih voda).

Vodne naknade su javna davanja i to: [1]

1. vodni doprinos,
2. naknada za korištenje voda,
3. naknada za zaštitu voda,
4. naknada za vađenje pijeska i šljunka,
5. naknada za uređenje voda,
6. naknada za melioracijsku odvodnju,
7. naknada za melioracijsko navodnjavanje.

Citiranim Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva donesenim koncem 2005. godine, uvedene su nove vodne naknade: vodni doprinos, naknada za uređenje voda, naknada za melioracijsku odvodnju i navodnjavanje, a ostale vodne naknade su prenesene iz starog sustava.

Vodni doprinos plaća se na gradnju novih građevina po prostornom metru. Naknadu za korištenje voda plaćaju korisnici za zahvaćanje i korištenje voda. Obveznici naknade za zaštitu voda su pravne i fizičke osobe koje ispuštaju otpadne vode, te stavljaju u promet ili za vlastite potrebe uvoze mineralna gnojiva i sredstva za zaštitu bilja. Naknada za uređenje voda (u ranijem sustavu slivna vodna naknada) plaća se na poslovni i stambeni prostor, izgrađeno i neizgrađeno građevinsko zemljište, šume i šumsko zemljište i zemljište pod prometnicama po četvornom metru. Naknadu za melioracijsku odvodnju plaćaju vlasnici poljoprivrednog zemljišta na području županije u kojoj je izgrađen melioracijski sustav odvodnje u njezinom vlasništvu. Naknadu za melioracijsko navodnjavanje plaćaju korisnici melioracijskog sustava.

1: članak 3. Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva

(NN 150/05)

Vodne naknade od rednog broja 1. do 5. su prihod Hrvatskih voda, a redni broj 6 i 7. su prihod proračuna Županije. U prijelaznom razdoblju od tri godine (2006., 2007 i 2008. godina) i te naknade su prihod Hrvatskih voda.

Ovim radom želimo analizirati ostvarenje prihoda i rashoda Hrvatskih voda u proteklom desetljeću, posebno u 2006. godini, te analizirati moguću uskladu sa Europskom pravnom stečevinom i praksom.

2. ANALIZA OSTVARENJA PRIHODA

Prema priloženoj Tablici ostvarenja prihoda i rashoda Hrvatskih voda od 1997. do 2006. godine, prihodi su strukturirani na:

- prihode iz proračuna
- izvorne prihod (prihodi iz vodnih naknada) i
- ostali prihodi

HRVATSKE VODE
PRIHODI I RASHODI OD 1997. DO 2006. GODINE **U mil.kuna**

R.br.	NAZIV	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.
1.	PRIHODI I Z PRORAČUNA	121	356	484	480	398	493	439	495	503	438
2.	IZVORNI PRIHODI	991	918	798	831	920	963	1.038	1.085	1.085	1.457
3.	OSTALI PRIHODI	99	127	95	139	100	153	198	112	115	147
4.	**UKUPNI PRIHODI**	**1.211**	**1.401**	**1.367**	**1.450**	**1.418**	**1.609**	**1.675**	**1.690**	**1703**	**2.042**
5.	MATERIJALNI TROŠKOVI	515	528	542	654	627	697	747	738	736	1.056
6.	TROŠKOVI ZA ZAPOSLENIKE	55	71	81	86	81	80	81	88	95	102
7.	NEMATERIJALNI TROŠKOVI	-	40	36	28	21	21	31	23	19	24
8.	TRANSFERI ZA INVESTICIJE	358	461	436	465	472	478	586	619	659	693
9.	IZDACI ZA INVESTICIJE	220	257	176	129	105	159	163	166	96	121
10.	OSTALI RASHODI	58	41	57	63	56	59	42	428	38	36
11.	**UKUPNI RASHODI**	**1.206**	**1.398**	**1.328**	**1.422**	**1.362**	**1.494**	**1.650**	**1.676**	**1.643**	**2.032**

IZVOR: Temeljni financijski izvještaji Hrvatskih voda od 1997. do 2006. godine

Ukupni prihodi su imali kontinuirani rast od ostvarenja u iznosu 1.211 milijuna kuna u 1997. godini do 1703 milijuna kuna u 2005. godini. 1998. godine ukinut je vodni doprinos

koji su plaćali svi poslodavci u Republici Hrvatskoj u iznosu 0,76 % na bruto plaću za financiranje državnih voda. Zamijenjen je sredstvima iz Državnog proračuna koji je iz godine u godinu stalno umanjivan od 280 mil. kuna 2000. godine na 79 mil.kuna u 2006. godini.

U 2006. godini ostvaren je ukupan prihod u iznosu od 2042 milijuna kuna što je povećanje za 20 % u odnosu na ostvarenje u 2005. godini. Tako značajan porast ostvarenja prihoda u 2006. godini je utemeljen na izmjenama i dopunama Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva donešenim koncem 2005. godine i uvođenjem novog sustava financiranja vodnoga gospodarstva opisanog u uvodu.

Od ukupno ostvarenog prihoda od 2.042 milijuna kuna, na prihode iz Proračuna odnosi se 438 milijuna kuna ili 21,45 %.Iz Državnog proračuna ostvaren je prihod od 384 milijuna kuna, a iz proračuna jedinica lokalne i regionalne samouprave 54 milijuna kuna.

Izvorni prihodi ostvareni u iznosu 1.457 milijuna kuna iznose 71,35 % u odnosu na ukupne prihode. Porast izvornih prihoda u 2006. godini u odnosu na ostvarenje u 2005. godini ostvareno je za 34,28 % rezultat je promjene sustava financiranja i velikog zalaganja zaposlenika Hrvatskih voda na razrezu i naplati izvornih prihoda. Provedbeni akti novog sustava (Uredbe i Pravilnik) za obračun novih vodnih naknada doneseni su tek u travnju 2006. godine.

Od ukupno 1.457 milijuna kuna izvornih prihoda u 2006. godini, ostvareni su prema slijedećoj strukturi: [2]

- naknada za korištenje voda	285 mil.kn
- naknada za zaštitu voda	271 mil.kn
- naknada za vađenje šljunka i pijeska	11 mil.kn
- vodni doprinos	320 mil.kn
- naknada za uređenje voda	551 mil.kn
- naknada za melkoracijsku odvodnju	19 mil.kn

2: Izvor: Temeljni financijski izvještaji Hrvatskih voda za 2006. godinu

Naknada za korištenje voda od 285 milijuna kuna i naknada za zaštitu voda od 271 milijuna kuna učestvuju sa 19,56 % odnosno 18,59 % u odnosu na ukupne izvorne prihode.

Novo uvedeni vodni doprinos ostvaren sa 320 milijuna kuna učestvuje sa 21,94 % u strukturi ukupnih izvornih prihoda. Vodni doprinos (bivša slivna vodna naknada) sa ostvarenih 551 milijun kuna i dalje ima najveće učešće u izvornim prihodima od 37,79 %.

Ostali prihodi u iznosu od 147 milijuna kuna učestvuju sa 7,19 % u odnosu na ukupno ostvaren prihod u 2006. godini. Ostali prihodi ostvareni su: 40 milijuna kuna od refundacija za otplatu kredita komunalnih trgovačkih društava i jedinica lokalne samouprave, te 107 milijun kuna prihoda od suinvestitora, kamata, dividendi, prodaje dionica, najamnine i prenesenog viška prihoda iz 2005. godine.

Iz izloženog se može zaključiti da je prvi put u povjesti Hrvatskih voda ostvaren ukupan prihod u iznosu većem od dvije milijarde kuna, a pri istom ostvarenju, izvornih prihoda učestvuje sa više od 70 %.

3. ANALIZA OSTVARENJA RASHODA (IZDATAKA)

Ostvarenje rashoda (izdataka) u proteklom desetogodišnjem radzoblju je usklađeno sa ostvarenim prihodima. Višak prihoda nad rashodima u tekućoj godini prenosi se u narednu poslovnu godinu. U ovom radu detaljnije ćemo analizirati samo ostvarene rashode u 2006. godini. [3]

Materijalni troškovi odnosno izdaci za redovitu djelatnost Hrvatskih voda u 2006. godini ostvareni su u iznosu 1.056 milijuna kuna i učestvuju sa 51,96 % u ukupnim rashodima.

Od ukupnih materijalnih troškova na usluge se odnosi 1.043 milijuna kuna sa slijedećom strukturom:

- izdaci za redovno održavanje i obnavljanje regulacijskihi zaštitnih vodnih građevina i vodnoga dobra 755 milijuna kuna
- izdaci za redovno održavanje i obnavljanje melioracijskih građevina na području županija 93 milijuna kuna
- tehnički poslovi od općeg interesa za upravljanje vodama 53 milijuna kuna
- obrana od poplava 30 milijuna kuna
- obračun i naplata naknada 65 milijuna kuna
- ostali izdaci poslovanja 47 milijuna kuna

3: Izvor kao pod 2.

Troškovi za zaposlene u iznosu od 102 milijuna kuna iznose 5,01 % u odnosu na ukupne izdatke. Od ukupno 763 zaposlenika sa visokom i višom spremom je 65 % zaposlenika.

Prosječna plaća u 2006. godini iznosila je 6.505,00 kuna.

Nematerijalni troškovi u iznosu od 24 milijuna kuna odnose se na naknade i dotacije zaposlenicima, naknade šteta u vodnom gospodarstvu, osiguranje imovine, članarine udruženjima, provizije bankama itd.

Transferi za investicije i izdaci za investicije u ukupnom iznosu 814 milijuna kuna učestvuju sa 40,05 % u ukupnim izdacima. Transferi za investicije od 693 milijuna kuna sastoje se od:

- ulaganja u obnovu i razvitak vodoopskrbe 259 milijun kuna
- ulaganja u objekte zaštite voda i mora od zagađenja 299 milijuna kuna
- navodnjavanje 3 milijuna kuna
- otplata glavnice kredita 132 milijuna kuna

Od ukupnih izdataka za investicije u iznosu od 121 milijun kuna na ulaganje u sustave i objekte zaštite od štetnog djelovanja voda uloženo je 89 milijuna kuna, u vodoopskrbu Istočne Slavonije 5 milijuna kuna i 27 milijuna kuna u poslovni prostor, zemljište i raznu opremu.

Od ostalih rashoda u iznosu od 36 milijuna kuna, najveći iznos od 31 milijun kuna odnosi se na kamate po kreditima.

Višak prihoda u iznosu od 10 milijuna kuna prenosi se u 2007. godinu.

4. USKLADA SA DIREKTIVAMA EUROPSKE UNIJE

„Problematika upravljanja vodama sve se više globalizira i internacionalizira, što pred nacionalne institucije koje upravljaju vodama stavlja veće i složenije obveze koje sve

4 - Strategija upravljanja vodama - Nacrt, str. 155

više utječu na politiku i planove upravljanja vodama u Hrvatskoj. Stoga, treba utvrditi i odgovarajuće procjeniti preuzete i očekivane zadatke, te se adekvatno organizirati kako bi se pravovremeno moglo odgovoriti na preuzete obveze.“ [4]

Prvi zadatak je usklada vodnog zakonodavstva Republike Hrvatske sa zajedničkim pravnim stečevinama Europske unije. Proces usklade zakonodavstva je započeo prošle godine i nastavit će se u 2007. i 2008. godini. Analizom je utvrđena relativno dobra usklađenost našeg vodnoga zakonodavstva sa ključnim propisima Europske unije. Integralno upravljanje vodama i teritorijalna podjela na vodna i slivna područja sukladno je Okvirnoj direktivi o vodama Europske unije.

Reformom sustava financiranja vodnoga gospodarstva uvedenom u 2006. godini učinjen je veliki korak u ostvarenju postavljenog cilja, iz Nacrta strategije upravljanja vodama, da se godišnji budžet vodnoga gospodarstva približi iznosu od 3.000 milijuna kuna do 2020. godine Ostvarenjem ukupnog prihoda u iznosu od 2.042 milijuna kuna u 2006. godini na tragu je postavljenog cilja.

Okvirnom direktivom o vodama EU je obveza uvođenja ekonomske cijene vode i punog povrata troškova vodnih usluga uključujući troškove zaštite okoliša i resursa. Zemlje članice obvezuju se da politikom cijena vode potiču korisnike na učinkovito korištenje vodnih resursa, odgovarajući doprinos raznih korisnika (industrija, domačinstava, poljoprivreda), uz načela „korisnik plaća“ i „zagađivač plaća“. Zemlje članice trebaju pri uvođenju ekonomske cijene vode voditi računa o društvenim, ekološkim i ekonomskim učincima povrata troškova. Obzirom da je u Hrvatskoj cijena vode od 2,50 kuna do 16,00 kuna po m^3 uvođenje ekonomske cijene i ujednačavanja iste na području Države biti će složen proces koji se treba uvesti postupno. Napominjemo da je unutar cijene vode iznos od 1,70 kuna/m^3 naknada za zaštitu voda i naknada za korištenje voda koju je potrebno zadržati. Sanacija velikih gubitaka u distribuciji pitke vode je prioritetan zadatak kao i okrupnjavanje distributera najmanje na nivou županije.

Izvan cijene vode financira se zaštita od štetnog djelovanja voda, melioracijska odvodnja i melioracijsko navodnjavanje u Republici Hrvatskoj i većini Europskih zemalja. Poznata su tri osnovna modela financiranja zaštite od štetnog djelovanja voda:

1. po načelu „opće solidarnosti“ iz Državnog proračuna,
2. iz vodnih naknada prema ciljanim kategorijama obveznika uz načelo „korisnik plaća“ i korektivno načelo „skupne solidarnosti“ i
3. mješoviti model.

Novelama Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva uvedene su nove vodne naknade u 2006. godini, opisane u Uvodu ovog rada prema načelima: „ korisnik plaća“ i „skupne solidarnosti“.

Strateškim odrednicama iz Nacrta strategije upravljanja vodama predviđeno je zadržavanje koncepta „Integralnog upravljanja vodama“ pri planiranju građenja i održavanja javnog vodnog dobra i vodnih građevina na razini vodnih područja i Države. Financiranje izgradnje sustava zaštite od štetnog djelovanja voda potrebno je nastaviti iz Državnog proračuna, a održavanje sustava financirati iz uvedenih vodnih naknada uz primjenu opisanih načela.

5. ZAKLJUČAK

Izmjenama i dopunama Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva iz konca 2005. godine uveden je novi sigurniji i transparentniji sustav financiranja vodnoga gospodarstva. U 2006. godini učinjen je kvalitetan iskorak u ostvarenju prihoda Hrvatskih voda u iznosu

HRVATSKE VODE

PRIHODI I RASHODI OD 1997. DO 2006. G0DINE

U mil. kuna

R.br.	NAZIV	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.
1.	PRIHODI I Z PRORAČUNA	121	356	484	480	398	493	439	495	503	438
2.	IZVORNI PRIHODI	991	918	798	831	920	963	1.038	1.085	1.085	1.457
3.	OSTALI PRIHODI	99	127	95	139	100	153	198	112	115	147
4.	**UKUPNI PRIHODI**	**1.211**	**1.401**	**1.367**	**1.450**	**1.418**	**1.609**	**1.675**	**1.690**	**1703**	**2.042**
5.	MATERIJALNI TROŠKOVI	515	528	542	654	627	697	747	738	736	1.056
6.	TROŠKOVI ZA ZAPOSLENIKE	55	71	81	86	81	80	81	88	95	102
7.	NEMATERIJALNI TROŠKOVI	-	40	36	28	21	21	31	23	19	24
8.	TRANSFERI ZA INVESTICIJE	358	461	436	465	472	478	586	619	659	693
9.	IZDACI ZA INVESTICIJE	220	257	176	129	105	159	163	166	96	121
10.	OSTALI RASHODI	58	41	57	63	56	59	42	428	38	36
11.	**UKUPNI RASHODI**	**1.206**	**1.398**	**1.328**	**1.422**	**1.362**	**1.494**	**1.650**	**1.676**	**1.643**	**2.032**

od preko 2 milijarde kuna, o čega na izvorne prihode otpada 71,35 %.

Izvorni prihodi Hrvatskih voda osiguravaju se iz vodnih naknada koje plaćaju korisnici vodnog sustava i onečišćivači voda sukladno Okvirnoj direktivi o vodama Europske unije. Procjenjujemo da će učešće izvornih prihoda u ukupnim prihodima rasti u narednim godinama uz zadržavanje financiranja iz Državnog proračuna.

Izdaci Hrvatskih voda su godinama pa tako i u 2006. godini usklađeni sa prihodima. Sredstva se koriste namjenski sukladno Zakonu o vodama i godišnjim planovima upravljanja vodama.

Od osamostaljenja Republike Hrvatske povećana je vodoopskrbljenost stanovništva sa 63 % na 76 % uz saniranje ratnih šteta. Priključenost stanovništva na javne sustave odvodnje u naseljima većim od 10.000 stanovnika veća je od 70 %. U 2006. godini Hrvatske vode, temeljem odluka Vlade Republike Hrvatske, započele su realizaciju regionalnih projekata vodoopskrbe i odvodnje uz višegodišnje sufinanciranje Proračuna Republike Hrvatske, Fonda za regionalni razvoj, komunalnih trgovačkih društava, gradova i županija.

Izrađen je Nacrt strategije upravljanja vodama u Republici Hrvatskoj koji je sukladan

direktivi o vodama Europske unije i njegovo usvajanje u Saboru očekujemo u 2007. godini.

Sve izloženo ukazuje da je u 2006. godini učinjen kvalitetan iskorak vodnoga gospodarstva uspješnim uvođenjem novog sustava financiranja. Dubinsko snimanje vodnog zakonodavstva ukazalo je na dobru usklađenost hrvatskih propisa i većine ključnih propisa Europske unije. Proces prilagodbe Okvirnoj direktivi o vodama Europske unije ocjenjujemo da će biti uspješno proveden u 2007. i 2008. godini.

POPIS LITERATURE

1. Nacrt strategije upravljanja vodama, Hrvatske vode 2006. godine
2. Okvirna direktiva o vodama Europske unije, direktiva 2000/go/ec
3. Temeljni financijski izvještaji hrvatskih voda od 1997. do 2006. godine
4. Zakon o vodama (NN 107/95 i 150/05)
5. Zakon o financiranju vodnoga gospodarstva (NN 107/95, 19/96, 88/98 i 150/0

PRIVITAK

Tablica Prihodi i rashodi od 1997. do 2006. godine

AUTORI

Ružica Ćurić-Batan, dipl.oec. - Hrvatske vode, Zagreb
mr.sc. Tomislav Madžar, dipl.oec. - Hrvatske vode, Zagreb

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.10.

CASE STUDY: REMEDIATION AND PREVENTION OF CONTAMINATED WATER DISCHARGING INTO A TIDAL WATERWAY AT TEMPE, NSW

Katarina David, Ross Best

ABSTRACT: Tempe Lands site includes an area of around 40 hectares in the south-eastern Sydney which was used as a landfill site for over 90 years. Remediation works were undertaken to control landfill leachate entering Alexandra Canal, a tidal waterway which discharges into the Botany Bay.

A number of piezometers were installed on the site over the years and a monitoring program developed to target water levels and water quality on site. This was important for the later design of remediation and containment system.

Remediation works consisted of on-site containment of leachate with a compacted capping layer over the site and a construction of cut-off wall along the edge of Alexandra Canal and part of the north-east and south-west site boundaries. In addition, the remediation included collection of leachate using a leachate collection and drainage system along the Alexandra Canal and treatment in a treatment plant for disposal to sewer. A wetlands system was created on site to provide the natural treatment of contaminated water and for re-use of treated water within the site.

A thorough hydrogeological appraisal of conditions proved significant in the development of an effective geotechnical solution to the control of leachate migration. Groundwater monitoring was a critical component in the validation and performance monitoring of the completed containment system. Groundwater within the site responded to tidal variations in water level within Alexandra Canal. This tidal response provided a useful means for assessing the effectiveness of the installed cut-off wall.

KEYWORDS: Landfill, remediation, hydrogeology investigation

STUDIJA SLUČAJA: SANACIJA ODLAGALISTA OTPADA I ZASTITA OTJECANJA ZAGAĐENE VODE U KANAL KOD TEMPE, NSW

SAŽETAK: Tempe Lands područje uključuje površinu od oko 40 ha u jugoistočnom Sydney te se koristi kao odlagaliste otpada vec preko 90 godina. Radovi na sanaciji su poduzeti da bi se sprijecilo izlijevanje otpadnih voda u Alexandra Canal te posredno u Botany Bay.

Veliki broj piezometara su instalirani na odlagalištu otpada tokom duljeg vremena te je uspostavljen program za praćenje visine i kvalitete podzemne vode. Ovo je bilo vazno za kasniji dizajn sistema za sanaciju.

Sanacijski radovi su obuhvacali izradu kompaktnog pokrovnog sloja preko odlagalista te kostrukciju zaštitnog pregradnog zida po duljini Alexandra Canal i dijela sjeveroistočne i jugozapadne strane terena da bi se zadrzala kontaminirana otpadna voda unutak odlagališta. Uz to sanacija je ukljucivala i izvedbu odvodnog sistema za sakupljanje otpadne vode te njezino procišćavanje. Sistem močvara je takoder bio sagrađen da bi osigurao prirodno procišćavanje vode.

Detaljno hidrogeološko istraživanje se je pokazalo jako vaznim za odabir geotechnickog rjesenja za kontrolu zagađene vode. Praćenje kretanja razine podzemne vode je bila vazna komponenta za provjeru izvedbe sanacije. Utjecaj plime i oseke na podzemnu vodu je bilo koristan faktor u procjeni kvalite izvedbe sanacije.

KLJUČNE RIJEČI: Odlagaliste otpada, sanacija, hidrogeološka ispitivanja

INTRODUCTION

Remediation of a former landfill located in the south Sydney area was carried out to contol leachate seeping to the adjacent Alexandra Canal (see Figure 1) a waterway which flows to Botany Bay.. The groundwater quality within the former landfill was above the ANZECC (2000) guidelines for heavy metals, hydrocarbon compounds , and ammonia. In 2000, the then New South Wales Environment Protection Authority considered that the leachate originating from the site presented a significant risk of harm to adjoining Alexandra Canal and declared the site a remediation site.

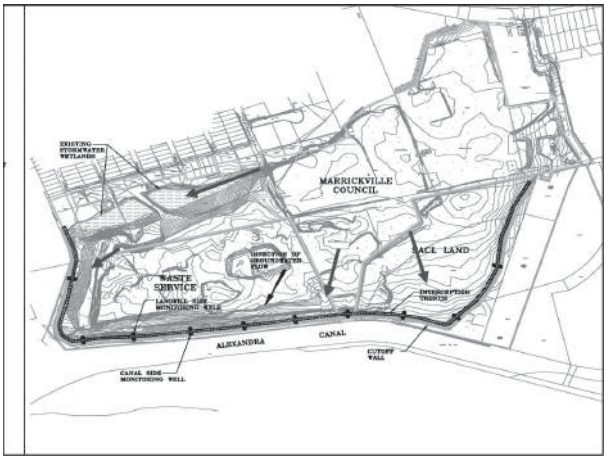


Figure 1: Site location map, piezometer location and interpreted groundwater flow direction and cut off wall location

The site was operated as a shale quarry in early 1900s. Following completion of quarrying activities, the site was used as a landfill from about 1910. During this time it has received waste from a wide range of sources including domestic refuse, industrial waste, liquids and hazardous waste and general council waste. The site was more recently filled (since the mid 1970s) with substantial quantities of construction waste including sandstone, concrete, bricks and steel, and some minor areas of garbage refuse.

The surface topography within the site area has been significantly modified by the clay/ shale extraction, major filling operations with placement of up to 17m depth of filling over the last 90 years and the redirection of Alexandra Canal in 1967. The elevation is currently about 10m to 15m above the Alexandra Canal.

Several different options and remediation methods for this site are discussed in this paper. An extensive site investigation was carried out to assess the most appropriate option for site remediation.

GEOLOGY AND HYDROGEOLOGY

Site stratigraphy is as follows: Quaternary alluvial deposits and Ashfield Shale of the Triassic age generally underlie site. Close to the Canal and directly underlaying the alluvium are the marine sediments generally sandy clays. The alluvium generally consists of sandy clay, silty clay, clayey sand and sand containing shells and organic material.

A northwest trending ridgeline is apparent in the shale bedrock and is intersecting the site along its northern boundary. South-east of this ridgeline, the site is underlain by alluvial clays and sands overlying the Ashfield Shale. Underlying the Ashfield Shale is Hawkesbury Sandstone of Triassic age. Both the Ashfield Shale and Hawkesbury Sandstone have low primary or matrix permeability to groundwater. However, both formations can have appreciable localised secondary permeability owing to the presence of fractures, joints and other defects. The fill material is heterogeneous in nature and will undergo continued consolidation settlement with time. The voids are present in the fill and between two fill layers. This intermediate layer is generally less than 0.5m thick, predominantly granular cover layer; identified in a number of boreholes and test pits (see Figures 2a and 2b).

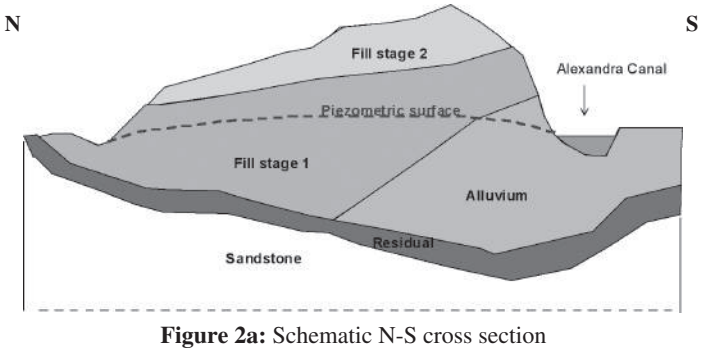


Figure 2a: Schematic N-S cross section

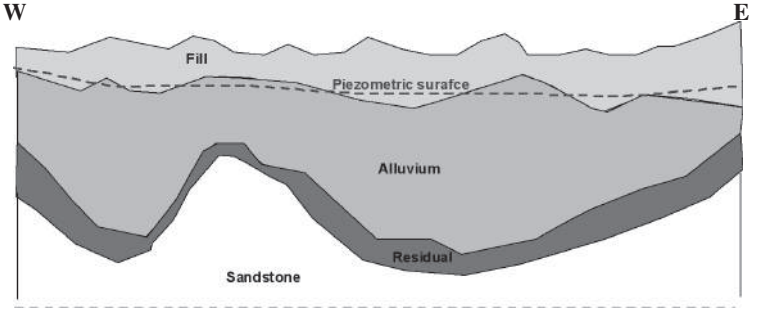


Figure 2b: Schematic W-E long section

Across the site, groundwater flows south-east towards the Alexandra Canal with some flow across the north-eastern boundary of the site coupled with drainage from the wetland areas at the southern end of the site. The interpreted gradient of groundwater flow towards the canal is 2m in 350m at the highest point. Prior to remedial works, tidal influence on groundwater levels at Tempe applies to the area along the Alexandra Canal but does not appear to extend further than about 40m inland from the canal.

The measured range of permeability varies across site from a low of 0.4 m/day to a high of 6.7m/day. Permeability within the landfill material is assessed as approximately 3m/day based upon the results of falling head testing. Generally, the landfill material has a higher permeability than the alluvium and the underlying residual sandstone and residual shale.

METHODS

Three remediation options were investigated:

1. Construction of several production bores within the centre of the landfill with groundwater extraction. Pumping would reverse existing groundwater gradients at the site boundaries and prevent off-site migration.
2. Installation of a "deep" groundwater cut-off barrier to within the residual clay overlying basement sedimentary rock in combination with a sub-surface drainage trench that would control groundwater level
3. Installation of a low permeability "shallow" cut off wall to a base level within the alluvial sediments in combination with a sub-surface drainage trench that would control groundwater level.

The installation of 18 piezometers across the site in the first stage of work was undertaken to assess the groundwater conditions on site. Such a dense network of piezometers was required due to high heterogeneity of the material in the landfill. The piezometers were equipped with data loggers which continuously measured the water levels across site.

To assess the potential for control of leachate migration using only extraction bore along the centre of the landfill a test extraction bore was constructed in the middle of the site and pumped for 5 days. The test extraction well was drilled to the depth of 18.5m using a combination of air hammer and mud rotary drilling methods. Slotted 6m length of 200mm diameter PVC screen was placed inside the steel perforated casing to a depth of 16m. PVC screen was extended by another meter to 17m depth with blank casing for sump. The annulus between the PVC and steel screen was filter packed with sand to 4m above the screen and sealed with concrete to surface. The bore was developed by surging and airlifting.

A short step test was carried out to assess a suitable pumping rate for the pumping test. An initial pumping rate of 0.2 L/s was set. During the five day pump test well yield gradually decreased to about 0.1L/s and remained at that rate for the remainder of the test (Coffey Geosciences, 2003a).

During pumping drawdown was observed in two nearby piezometers and in the production well. Following the pumping test the water level recovery was monitored in pumping well as well as in both monitoring wells. Due to low pumping rate the response was seen only in the closest monitoring well located 15m from the test bore. The pumping test data were analysed by Jacob and Cooper nonequilibrium method. The results indicated transmissivity of 20 m^2/day interpreted from response at the extraction bore and 28 m^2/day interpreted from the response recorded in the nearby piezometer.

These results were considered to be reasonably consistent with the minor differences attributed to the variability of the material within the landfill.

In order to increase the yield of the test extraction bore, a further pumping trial was carried out for a period of six hours with vacuum was applied within the bore casing. This increased well yield up to 0.3 L/s, three times higher than the yield achieved by pump testing without vacuum assistance. However was considered too low to provide a practicable means of control of leachate migration from the site and this approach (Option 1) was abandoned due to low yield achieved during pump testing and due to highly heterogeneous material.

Options 2 and 3 involved the construction of a vertical leachate cut-off wall system around a portion of the site in conjunction with a leachate collection drainage system so that the leachate may be collected and treated. Use of a deep cutoff wall (Option 3) penetrating the alluvial to the sandstone/shale rock or to a low permeably clay horizon was adopted over use of a shallow cutoff to provide a higher level of groundwater control. Under this arrangement leachate from the site would continue to be controlled during periods when the leachate collection system was not operational (for maintenance or other reasons). Figure 3 illustrates the adopted system.

The primary parameters affecting the selection of cut-off wall type were its hydraulic conductivity, resistance to pollutants, strength, practicality of installation and cost (Coffey Geosciences, 2003b). Initially several options were investigated: driven steel sheet piles, installation of high density polyethylene (HDPE) geomembrane in a supported trench and a slurry trench cut off wall. The latter was selected as the preferred option as it offered a durable low permeability wall using well established methods which allowed variation of the depth of the wall to conform with the variable rock level. Austress Freyssinet, the selected contractors, constructed a soil/bentonite wall using a bentonite slurry to support the wall excavation during construction. Excavation was carried out using a long reach excavator which allowed construction to a depth of up to 20m.

A separate trench was also excavated for the installation of the leachate collection drain. For the construction of the collection drain the approximate seepage flow rate from the landfill was calculated.

The infiltration rate was calculated based on the measured groundwater profiles across the site. This yielded infiltration rates ranging from 0.06 mm/day to 0.14 mm/day, which is well below the average rainfall rate of approximately 3.5mm/day indicating that a high proportion of rainfall over the site is lost to runoff or evapotranspiration.

The rate of discharge to Alexandra Canal was based upon an interpretation of groundwater gradient along the south eastern boundary of the site. The gradients toward the canal of 1 in 250 were measured prior to remediation. Allowing a transmissivity of 25 m^2/d (based on the results of the test pumping) an outflow rate of $75m^3/d$ is obtained for a wall length along Alexandra Canal of 750m. This is comparable to the assessment of total infiltration to the landfill. It is expected that groundwater flow onto the site across the upstream boundary makes up a small proportion of the site water balance given the low permeability of the shale rock upgradient from the site. Post remeadiation leachate extraction was reasonably consistent with this assessment. Variation in leachate generation rate occurs in response to changes in rainfall rate.

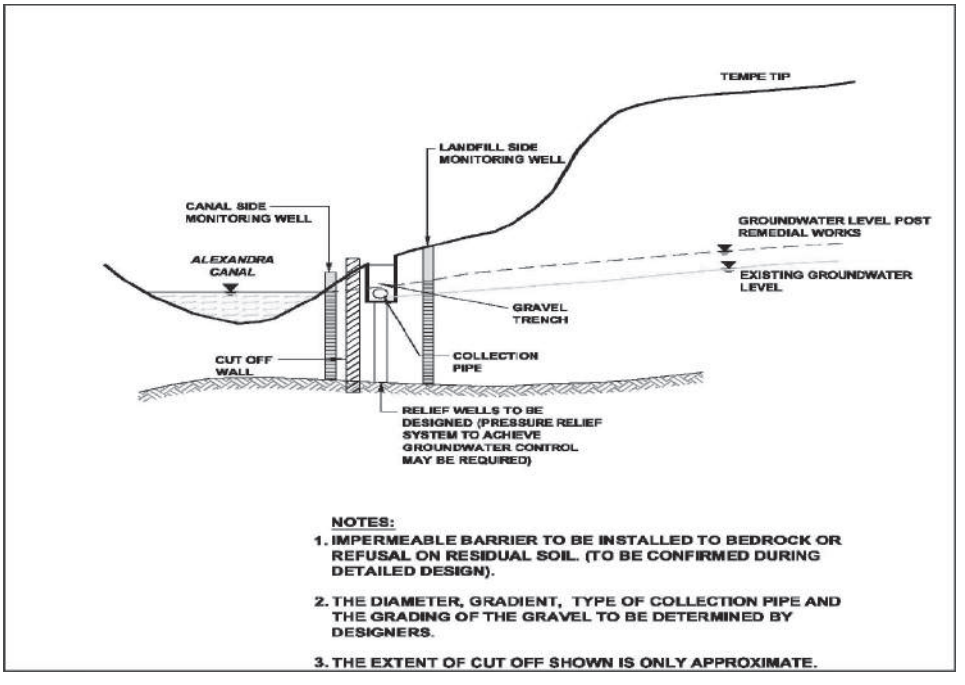


Figure 3: Schematic representation of impermeable barrier and collection system

Following the construction of slurry cutoff wall the system performance was monitored by recording the amplitude of tides along the wall on its inside and outside. This was achieved by the installation of a series of piezometers where the response was monitored on a continuous basis using electronic data loggers. In addition, regular water quality monitoring is undertaken to assess the changes in the water quality as compared to the baseline study.

Figure 4 shows the results of monitoring in a pair of piezometers located on the outside and inside of the wall.

DISCUSSION

The selection of a design for the remedial option on a Tempe site followed an extensive site investigation, involving a groundwater and geotechnical assessment. A novel approach for leach control using a series of pumping wells to reverse the groundwater gradient and pump out the leachate was not adopted because of limitation of the capacity able to be achieved from extraction wells and uncertainties in the character of the material in the landfill.

The construction of a cutoff wall as a preferred option was strictly controlled by the performance testing involving laboratory permeability testing, small scale box testing and ongoing water level monitoring. A low permeability capping placed over the landfill surface was achieved through placement of compacted fill which has proven beneficial in reducing rainfall infiltration to the landfill as demonstrated by reduced response of piezometric level to rainfall events. Leachate flowing to the cutoff wall is collected in a sub-surface drain and treated on-site to remove ammonia allowing reuse on site for irrigation.

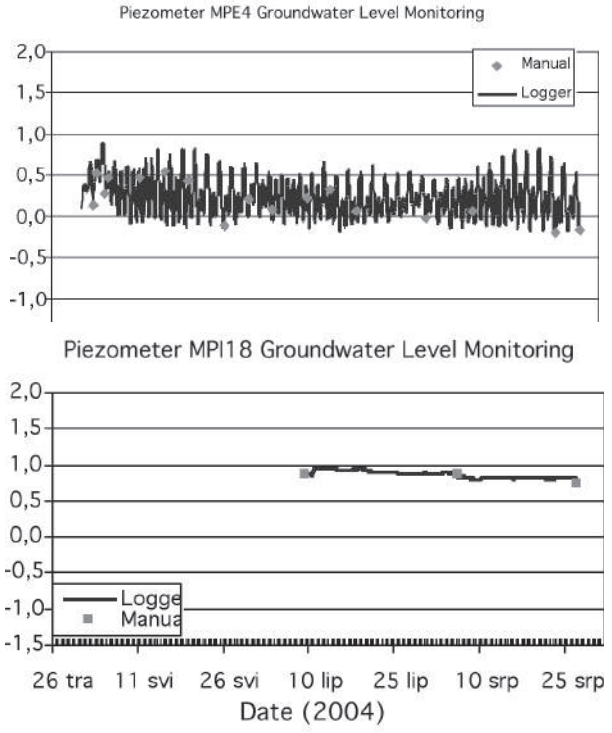


Figure 4: Water level monitoring results in pair of piezometers located inside (MPI18) and outside of the wall (MPE4)

CONCLUSION

Groundwater within the landfill originates predominantly from rainfall infiltration through the fill forming a mound which discharges toward the Alexandra Canal, Tempe Reserve and the wetland area at the western end of the site. Groundwater is of low quality and contaminated with ammonia, heavy metals and hydrocarbons.

Lateral flow takes place predominantly through the fill and alluvial material. Permeability testing has indicated that permeability within the fill is somewhat higher than the underlying alluvial materials.

Three options for site remediation were investigated, installation of a bore field with the aim of inducing groundwater gradients towards the wells and pumping the water out, and two options for installation of a slurry cutoff wall. The first option was abandoned as the well yield was poor due to highly heterogenous aquifer material.

The soil/bentonite wall was constructed below the level of the stiff to hard residual clays that act as a low permeability layer. Construction performance was tracked using a quality control/quality assurance program, including field and laboratory testing, the soil/bentonite cut off wall and leachate collection system which demonstrated that the wall was constructed in general accordance with the design specification requirements. A

small scale box test involving dewatering of a cell enclosed by a cutoff wall carried out to assess wall permeability was not definitative in assessing wall hydraulic performance but did show the permeability of the soil/bentonite wall was within a range which covered the target permeability value. Groundwater level monitoring provided a valuable means for evaluating the performance of the wall. It showed a significant decrease in tidal amplitude on the landfill side of the wall compared with external piezometers. The collection system is proving effective in collecting leachate for treatment.

Water quality monitoring is being undertaken on a quarterly basis for the first two years following the construction of a cut off wall. Continuous water level recording was initially undertaken on a monthly basis. This will be reduced to annual if the monitoring and data assessment confirm that the cut-off wall is performing as designed.

The results indicate that the remedial works achieved the performance criteria with flow through or underneath the wall controlled to acceptable limits.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the support of Marrickville Council for allowing publication of results of this project.

REFERENCE

ANZECC (2000) Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and National Health and Medical Research Council. *Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters.*

Coffey Geosciences (2003a) Tempe Lands Remediation and Development Groundwater Report , Marrickville Council, rep. no. S21090.4-au

Coffey Geosciences (2003b) Geotechnical Investigation Report , Marrickville Council Remediation and Development of Tempe Lands, Reference 164CSA001 LSM Projects, rep no S21090.4-at, Tempe, NSW.

AUTHORS:

Katarina David
Parsons Brinckerhoff, GPO Box 5394, Sydney, NSW 2000, Australia.

Ross Best
Coffey Geotechnics, 8/12 Mars Road, Lane Cove West, NSW 2066, Australia.

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.11.

BOLONJSKI STUDIJI I NASTAVA HIDROTEHNIKE NA GRAĐEVINSKOM FAKULTETU U RIJECI

Aleksandra Deluka -Tiblja, Barbara Karleuša, Nevenka Ožanić

SAŽETAK: Na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci se od ak.god. 2005./06. provode studiji reformirani po načelima Bolonjske deklaracije. Uvedeni su novi ciklusi studiranja, ECTS bodovi kao mjera opterećenja studenata, a uspostavljen je i sustav osiguravanja kvalitete koji jamči uspješno studiranje te obrazovanje kadra prepoznatljivog i prihvaćenog od tržišta rada. Reforma je u cijelosti obuhvatila sveučilišni i stručni studij čije su osnovne značajke prezentirane u ovome radu. Fakultet je reformu prepoznao i kao mogućnost za intenzivnije uključivanje vanjskih korisnika (poslodavaca) u kreiranje i evaluiranje određenih segmenata studija na svim razinama. Uobičajeni su oblici nastavne djelatnosti tako postali terenski obilasci hidrotehničkih objekata, suradnja sa stručnjacima iz privrede, a u ak.god. 2005./06. su studenti hidrotehničkog usmjerenja dodiplomskog studija uspješno promicali svijest o značenju vode i u drugim odgojno-obrazovnim ustanovama. U radu se obrađuju navedeni aspekti provedene reforme studija sa naglaskom na nastavu hidrotehničke grupe predmeta. Prezentiraju se i određeni interesantni i mjerljivi pokazatelji vezani za studij usmjerenja hidrotehnike u širem smislu.

KLJUČNE RIJEČI: Bolonjska deklaracija, reforma, studij građevinarstva, hidrotehnika

REFORMED STUDIES AND HYDROTECHNICAL ENGINEERING COURSES AT THE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING - RIJEKA

SUMMARY: On the Faculty of Civil Engineering at the University of Rijeka since the academic year 2005./06. study programmes based on the Bologna declaration principles are organised. New cycles of studying, ECTS credits as a measure of students work-load, the quality assurance system, that grants successful studying and education of professionals recognised and excepted form the work market, were introduced. The reform involved both the University and the Vocasional study. Their basic characteristics are presented in this work. The Faculty recognised in this reform the opportunity for more intensive involvement of stakeholders in creating and evaluating certain segments of studies on all levels. Field classes (visitation of hydrotechnic structures), collaboration with experts that work in practise and collaboration with other institutions (like the example of student's project of promoting the importance of water) became usual forms of teaching and learning. In this paper the most important aspects of the reform with emphasis on hydrotechnical engineering courses and some interesting and measurable indicators related to these courses are presented.

KEYWORDS: Bologna declaration, reform, civil engineering study, hydrotechnical engineering

1. UVOD

Osnovna načela Bolonjske deklaracije na kojima se temelji reforma visokog obrazovanja u Hrvatskoj provedena 2005. godine jesu [1]:

- prihvaćanje sustava lako prepoznatljivih i usporedivih stupnjeva,
- prihvaćanje sustava temeljenog na dvama glavnim ciklusima (preddiplomskom i diplomskom),
- uvođenje ECTS bodova kao mjere opterećenja studenata,
- promicanje europske kvalitete u osiguravanju kvalitete i
- promicanje europske dimenzije u visokom školstvu.

Uvođenje navedenih načela je u domeni studijskih programa dok se provođenje načela temelji na promjenama u samom nastavnom procesu što uključuje nove nastavne metode, aktivniji rad studenata na nastavi, pojačani samostalni rad studenata izvan nastave i slično.

Očekivani rezultat je da studenti kroz studij savladaju ne samo temeljna i stručna znanja već i da steknu određene opće kompetencije koje se potiču i kroz europske obrazovne sustave te u konačnici po završetku studija budu osposobljeniji za rad, ali i spremni za daljnje obrazovanje i usavršavanje. Na razini Europskog parlamenta se kao neophodne kompetencije osim stručnih znanja ističu razvijena sposobnost učenja, poznavanje vlastitog i jednog stranog jezika, matematike, poduzetništva, socijalne vještine u multikulturalnom okruženju te uljudno ponašanje. S obzirom da se radi o temeljima europske obrazovne politike neophodno je ugrađivanje istih i u naš visokoškolski sustav u kojem se moraju prepoznavati svi navedeni elementi.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci kroz pokretanje novih studijskih programa, u kojima se može prepoznati interdisciplinarnost, razvijanje općih kompetencija kroz uvođenje općih kolegija (npr. osnove jezične kulture) te nastojanja da se studentima što više približi graditeljska praksa (obilasci gradilišta, rješavanje problema iz prakse i sl.) nastoji djelovati u navedenom pravcu. U tom smislu je i u programima iz područja hidrotehnike došlo do izvjesnih promjena koje će se ukratko opisati u ovom radu.

U radu se neće detaljnije govoriti o stručnim studijima i nastavi hidrotehnike na tim studijima jer je položaj i razvoj stručnih studija unutar sveučilišta trenutno, s obzirom na važeću regulativu, vrlo neizvjestan.

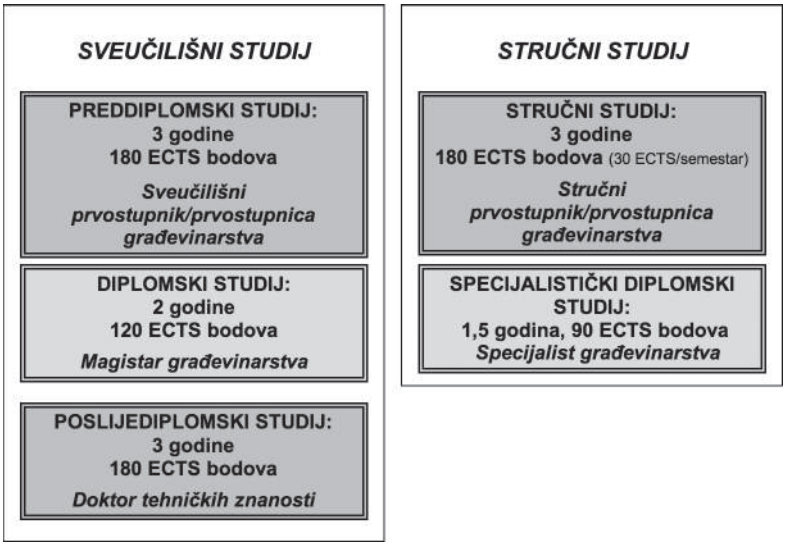
2. REFORMA STUDIJA NA NAČELIMA BOLONJSKE DEKLARACIJE NA GRAĐEVINSKOM FAKULTETU SVEUČILIŠTA U RIJECI

Reformirani studijski programi provode se na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci od ak.god. 2005./06. Fakultet provodi sveučilišni i stručni studij, a osnovna shema studijskih programa je vidljiva na Slici 1.

2.1. Sveučilišni studij

Usvojena shema studijskih programa za sveučilišni studij «3+2+3» jasno se vidi na Slici 1 [2]. Trogodišnji preddiplomski studij je prvi stupanj obrazovanja na sveučilišnom studiju i na njemu student stječe 180 ECTS bodova i titulu sveučilišnog prvostupnika/prvostupnice građevinarstva. U ovom je dijelu studija predviđen najveći dio temeljnih predmeta koje studenti slušaju na postojećem programu (kolegiji matematike, mehanike, statike i sl.) te

uvodni kolegiji u ono što se popularno naziva «strukom», a koji prevladavaju u slijedećem stupnju obrazovanja, diplomskom studiju. Preddiplomski studij daje temeljna znanja za nastavak studija građevinarstva ili nekog drugog tehničkog studija, a završetkom ovog studija je moguć ulazak i u svijet rada u smislu suradnika na projektiranju, građenju ili nadzoru nad objektima jer su stručna znanja nedovoljna za samostalni rad. Završetkom slijedećeg stupnja obrazovanja, dvogodišnjeg diplomskog studija, stječe se akademska titula magistra građevinarstva [3]. Ovaj studij je koncipiran tako da studentu nudi mogućnost odabira 12 različitih smjerova i stjecanje minimalno 120 ECTS bodova. Završetkom studija student postaje ekspert u određenom području građevinarstva. Osmišljavanjem smjerova i kolegija na ovom studiju nastojalo se program osvježiti novim i atraktivnim sadržajima koji se temelje na posljednjim znanstvenim i stručnim dostignućima pa su osim postojećih smjerova (hidrotehnički, konstruktorski i prometni) predviđeni i novi smjerovi: geotehnika, inženjersko modeliranje i urbano inženjerstvo. Moguća je i kombinacija različitih područja kroz predmete organizirane u module čime se postiže interdisciplinarnost unutar područja građevinarstva.



Slika 1: Usvojena shema sveučilišnog i stručnog studija na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci

Završetkom diplomskog studija student je osposobljen samostalno projektirati, organizirati građenje i nadzirati građenje različitih složenih građevinskih objekata. Student je isto tako osposobljen za produbljivanje stečenih znanja što mu se nudi na trećem stupnju obrazovanja, poslijediplomskom-doktorskom studiju. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci je 2006. godine započeo sa izvođenjem poslijediplomskog-doktorskog studija iz područja konstrukcija, hidrotehnike i geotehnike.

2.2. Vrednovanje i samovrednovanje studija

Na razini Fakulteta je tijekom 2006. godine u sklopu projekta financiranog od Nacionalne zaklade za znanost provedena unutarnja i vanjska evaluacija studija [5].

Unutarnja evaluacija je provedena kroz različite oblike istraživanja: anketiranjem

studenata o kvaliteti nastave i stručnih službi, anketiranjem nastavnika o nastavnim metodama i metodama ispitivanja te analiziranjem prolaznosti na studiju i kroz studij. Sva su istraživanja rađena sa ciljem unaprjeđenja kvalitete studiranja na instituciji.

Vanjska evaluacija je provedena kroz ispitivanje poslodavaca i završenih studenata, a nastojala se utvrditi njihova procjena osposobljenosti studenata koji diplomiraju na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeka za rad u praksi. Anketirani su poslodavci koji se bave različitim poslovima u graditeljstvu, od građenja i projektiranja do konzaltinga, a anketa se odnosila na njihove zaposlenike koji su sa radom započeli u posljednjih 5 godina.

Osposobljenost diplomiranog inženjera građevinarstva za rad u struci ocijenjena je prosječnom ocjenom 3,62 dok je osposobljenost inženjera ocijenjena sa 3,27. Poslodavci posebno ističu osposobljenost studenata za korištenje računala i računalnih programa dok su ocjene za samostalnost u radu i sposobnost rješavanja praktičnih problema značajno niže (Tablica 1).

Tablica 1: Ocjene poslodavaca za završene studente Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci po istaknutim obilježjima

Obilježja	**Dipl.ing.građ.**	**Ing.građ.**
Praktična znanja i vještine	3,00	2,75
Korištenje računala	4,09	3,78
Korištenje računalnih programa (Word, ACAD, …)	4,27	3,67
Samostalnost u radu	2,92	2,78
Sposobnost rješavanja praktičnih problema iz graditeljstva	2,83	1,78
Osposobljenost za timski rad	3,67	3,56
Motivacija za rad	3,83	3,78
Motivacija za daljnju edukaciju	3,75	4,00

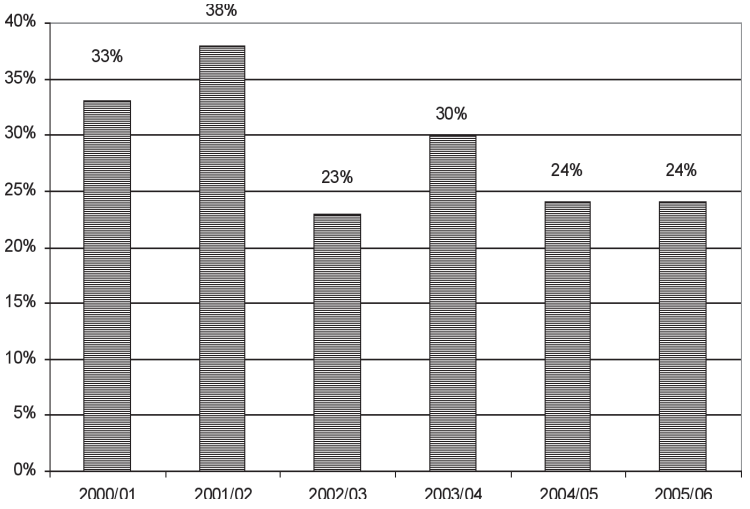
Anketirani završeni studenti ističu nedostatnost praktičnih (lako primjenjivih) znanja. Ovaj bi se uočeni nedostatak studija novim programima, kod kojih do izražaja dolazi upravo razvijanje samostalnosti i praktičnog djelovanja, morao ublažiti jer je jedan od temeljnih načela provedene reforme zapošljivost završenih studenata te njihova što jednostavnija i brža prilagodba na rad.

3. NASTAVA IZ PODRUČJA HIDROTEHNIKE

3.1. Nastava iz područja hidrotehnike na sveučilišnom dodiplomskom studiju (do 2005.g.)

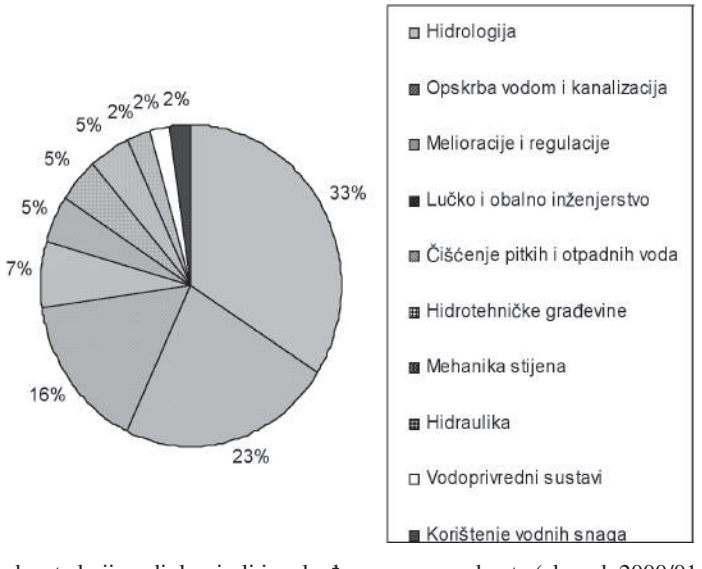
Na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci od ak.god. 1998./99. studenti pri upisu 4. godinu dodiplomskog studija izabiru željeno usmjerenje, a nude se usmjerenja hidrotehničko, kontruktorsko i prometno.

Od ukupnog broja studenata koji upišu 4. godinu sveučilišnog studija u prosjeku oko 28% studenata upiše hidrotehničko usmjerenje, prema analizi za period ak.god. 2000./01.-2005./06. što se vidi na Slici 2.



Slika 2: Broj studenata na hidrotehničkom usmjerenju u odnosu na ukupan broj studenata upisanih na 4. godinu sveučilišnog studija izražen u % po ak.god.

Struktura broja diplomata po grupama predmeta iz kojih su diplomirali od početka ak.god. 2000./01. do kraja ak.god. 2005./06. jasno se može vidjeti iz Slike 3.



Slika 3: Broj studenata koji su diplomirali iz određene grupe predmeta (ak.god. 2000/01-2005/06)

3.2. Nastava iz područja hidrotehnike na reformiranim studijima (od 2005.g.)

Ustrojavanjem preddiplomskog i diplomskog studija, kao dva osnovna ciklusa obrazovanja, došlo je do izvjesnih promjena u nastavi hidrotehnike u smislu strukture predmeta, a

možda još više u smislu izvedbe samih predmeta. Raspored, odnosno struktura i izbor predmeta, na pojedinim godinama prikazana je u Tablici 2 usporedbeno za dodiplomski studij te preddiplomski i diplomski studij.

Tablica 2: Usporedba hidrotehničkih predmeta starog i novog programa sveučilišnog studija

Program	**Studij**		**Predmeti**	
			Obavezni	**Izborni**
do 2005.	DODIPOMSKI STUDIJ Hidrotehničko usmjerenje		Hidrologija1 Hidromehanika Lučko i obalno inženjerstvo1 Hidraulika Opskrba vodom Hidrologija 2 Lučko i obalno inženjerstvo2	Vodoprivredni sustavi Odvodnja Čišćenje pitkih i otpadnih voda Hidrotehničke melioracije Regulacije vodotoka Korištenje vodnih snaga Hidrotehničke građevine Hidrosustavi u kršu
od 2005.	PREDDIPLOMSKI STUDIJ		Hidrologija Hidromehanika Osnove hidrotehnike Osnove obalnog inženjerstva	
	DIPLOMSKI STUDIJ	Modul hidrotehnike	Vodoopskrba i kondicioniranje voda Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda Hidrotehničke građevine Inženjerska hidrologija Regulacije i melioracije Inženjerstvo obalnih građevina	Hidraulika Eksperimentalna hidraulika Gospodarenje vodama Hidrosustavi u kršu Gospodarenje otpadom Modeliranje u hidrotehnici Korištenje vodnih snaga
		Modul urbanog inženjerstva		Urbani vodni sustavi

Nakon završenog diplomskog studija studenti mogu upisati doktorski studij. Program doktorskog studija realizira se kroz dva studijska smjera: *Hidrotehnika i geotehnika*, te *Mehanika konstrukcija*. Od hidrotehničkih predmeta na doktorskom studiju mogu se upisati slijedeći predmeti:

- Odabrana poglavlja iz napredne hidrologije,
- Modeliranje hidrodinamičkih procesa,
- Obalni procesi i inženjerstvo,
- Primjena daljinskih istraživanja,
- Hidrologija krša,
- Odabrana poglavlja iz gospodarenja hidromelioracijskim sustavima,
- Modeliranje ekosustava,
- Modeliranje transportnih procesa i miješanja u morskim sredinama i
- Ekohidrologija.

U svim novim programima uočava se da su respektirane i specifičnosti područja na kojima

Fakultet djeluje pa je tako npr. istaknuta specifičnost projektiranja i građenja na krškom području. Na Fakultetu djeluje grupa nastavnika koja je svojim znanstveno-stručnim aktivnostima vezana za problematiku građenja u kršu, problematiku gospodarenja i zaštite vodnih resursa te graditeljskim ostvarenjima na tom vrlo osjetljivom području. Stoga je i razvojni koncept našeg Fakulteta usmjeren na to da se usporedno s tradicionalnim graditeljskim znanstveno-stručnim disciplinama njeguju i znanstvene discipline koje uvažavaju specifičnosti priobalnog krškog područja na kojem Fakultet djeluje, a i za kojega se većim dijelom i obrazuje inženjerski kadar.

Treba također reći da je na Fakultetu posebno pažnja posvećena terenskoj nastavi. Studenti hidrotehničkog usmjerenja u prosjeku imaju 10-tak stručnih izleta tijekom akademske godine. U sklopu terenske nastave studente se upoznaje sa značajnim hidrotehničkim građevinama na području Hrvatske, kao i sa metodologijom mjerenja meteoroloških i hidroloških parametara korištenjem raznih instrumenata u cilju sakupljanja podataka koji su potrebni za rješavanje problema u području hidrotehnike (npr. korištenje hidrometrijskog krila). S obzirom na važnost povezivanja teoretskog i praktičnog znanja, terenska nastava je integrirana i u nove programe studija.

3.2. Primjer dobre prakse suradnje sa institucijama izvan Sveučilišta

Afirmacija hidrotehnike u širem smislu nastoji se postići kroz formalizirane oblike rada sa studentima, ali isto tako i uključivanjem studenata u neformalne oblike nastave kakvim se može smatrati i projekt suradnje Fakulteta sa dječjim vrtićem Galeb (Grad Rijeka) tijekom ljetnog semestra ak.god. 2005/06. Studenti 4. godine studija, hidrotehničkog usmjerenja sudjelovali su u edukaciji mališana o problematici odvodnje otpadnih voda, te o pročišćavanju istih, u cilju razvijanja dječje svijesti o važnosti očuvanja okoliša i vlastite uloge u tome.

Iako je osnovna ideja krenula od odgojiteljice iz vrtića koja se Fakultetu obratila preko foruma na Fakultetskim web-stranicama, studenti i nastavnik predmeta koji pokrivaju navedenu problematiku (Odvodnja i Čišćenje pitkih i otpadnih voda) su se rado odazvali. Osmišljen je plan za organiziranje radionice-igraonice i definiran termin njenog održavanja. Studenti su osmislili izradu slikovnica i kompjutorske prezentacije vezane uz navedenu problematiku te izradu makete pojednostavljenog sustava odvodnje i uređaja za pročišćavanje. Studenti su u slobodno vrijeme izradili sve što je bilo planirano te uz pratnju nastavnika na dan 28. travnja 2006 održali radionicu u prostorima vrtića. Radionica je bila vrlo uspješna i donijela je veliko zadovoljstvo svim uključenima: prvo mališanima jer su kroz igru, slikovnice, prezentacije i korištenje makete naučili puno novina, zatim tetama jer su djeca na „stručniji“ način dobila odgovore na svoja pitanja, nakon toga studentima jer su se osjećali društveno korisnima i pri tom razvili niz kompetencija kao i nastavniku jer je uspio u razvijanu istih kod studenata na interesantnom zadatku znatno drugačijem od tradicionalnih predavanja i vježbi.

4. ZAKLJUČAK

Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci reformu prema Bolonjskoj deklaraciji prepoznao je i kao mogućnost za intenzivnije uključivanje vanjskih korisnika (poslodavaca) u kreiranje određenih segmenata studija na svim razinama što se dijelom provodi kroz vanjsku evaluaciju studija.

U novom programu, uzevši u obzir sve predmete koje studenti tijekom sveučilišnog studija mogu upisati, broj sati predavanja se u odnosu na stari program smanjio za 10-tak %, broj

sati vježbi uvećao za 50-tak %, a broj sati seminarske nastave udvostručio. Na ovaj način su u studijske programe implementirani oblici nastave koji jamče sudjelovanje i pojačanu aktivnost studenata tijekom savladavanja određenog kolegija što je jedna od osnovnih postavki Bolonjskog procesa.

Uobičajeni su oblici nastavne djelatnosti također postali terenski obilasci hidrotehničkih objekata, suradnja sa stručnjacima iz privrede, a u ak.god. 2005./06. su studenti sa hidrotehničkog usmjerenja dodiplomskog studija uspješno promicali svijest o značenju vode i u drugim obrazovnim ustanovama u sklopu suradnje sa dječjim vrtićem.

Nastavnici hidrotehnike na Građevinskom fakultetu u Rijeci niz godina nastoje osuvremeniti svoju nastavu korištenjem informatičke tehnologije, aktivnim uključivanjem studenata u nastavni proces i organizacijom terenskih obilazaka hidrotehničkih objekata čime su se unaprijed pripremili za zahtjeve koje je sa sobom donosi Bolonjski proces. Izmijenjene uloge nastavnika i studenata, inovativni oblici poučavanja i ocjenjivanje studenata kroz sve njihove aktivnosti trebalo bi u konačnici rezultirati njihovim boljim uspjehom na studiju što je ujedno glavni cilj provedene reforme.

POPIS LITERATURE:

[1] Prema društvu znanja - Integracija Sveučilišta u Rijeci u europski prostor visokog obrazovanja, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2001.

[2] Plan i program sveučilišnog preddiplomskog studijskog programa građevinarstva, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, lipanj, 2005.

[3] Plan i program sveučilišnog diplomskog studijskog programa građevinarstva, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, lipanj, 2005.

[4] Plan i program stručnog studijskog programa građevinarstva, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, lipanj, 2005.

[5] Praćenje i unaprjeđenje kvalitete studiranja na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci - Interna publikacija rezultata, Građevinski fakultet u Rijeci i Nacionalna zaklada za znanost, visoko školstvo i tehnologijski razvoj Republike Hrvatske, Rijeka, listopad 2006.

AUTORI:

Doc.dr.sc. Aleksandra Deluka-Tibljaš

Doc.dr.sc. Barbara Karleuša

Prof.dr.sc. Nevenka Ožanić

Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, V.C. Emina 5, 51000 Rijeka

deluka@gradri.hr, barbara.karleusa@gradri.hr, nozanic@gradri.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.12.

METODOLOGIJA NAPLATE NAKNADE KAO INSTRUMENT UPRAVLJANJA KVALITETOM VODA - NOVI PRISTUP

Olivera Gavrilović, Milena Bečelić

SAŽETAK: U radu se opisuje upravljanje kvalitetom vode, koje zahtijeva precizno definiranje tj. identifikaciju problema koji se odnose na kvalitet vode i njihovo rješavanje. Vrlo bitno u upravljanju kvalitetom vode je definiranje informacije kojom se na pravi način omogućava prepoznavanje i praćenje postojećeg problema, kao i budućih promjena u kvalitetu vode. Kada su problemi kvaliteta vode i njihovi uzroci identificirani, i kada su predviđene posljedice, problem njihovog saniranja u najvećem broju slučajeva je nemoguće riješiti. Institucije koje se bave upravljačkim delatnostima su često ograničene budžetskim sredstvima i političkim odlukama koje problem ne prate pravovremeno.

KLJUČNE RIJEČI: upravljanje kvalitetom vode, saniranje, naknade

METHODOLOGY OF CHARGE COLLECTION AS AN INSTRUMENT OF WATER QUALITY MANAGEMENT - A NEW APPROACH

SUMMARY: The paper describes water quality management, which requires accurate definition i.e. identification of problems related to water quality and their solutions. In water quality management, it is of major importance to define information which enables observation and monitoring of the existing problem as well as the future changes in water quality. When water quality problems and their causes are identified, and their consequences anticipated, the problem of their sanation is usually possible to solve. However, the institutions managing water are frequently limited by budgetary issues and political decisions, thus they do not follow problems in a timely manner.

KEY WORDS: water quality management, sanation, charges

1. UVOD

Upravljanje kvalitetom vode, tj. sprečavanje njenog zagađenja zahteva precizno definisanje tj. identifikaciju problema koji se odnose na kvalitet vode i njihovo rešavanje.Takođe veoma bitno u upravljanju kvalitetom vode je definisanje informacije kojom se na pravi način omogućava prepoznavanje i praćenje postojećeg problema, kao i budućih promena u kvalitetu vode. Međutim, i kada su problemi kvaliteta vode i njihovi uzroci identifikovani, i kada su predviđene posledice, problem njihovog saniranja u najvećem broju slučajeva je nemoguće rešiti.Institucije koje se bave upravljačkim delatnostima su često ograničene budžetskim sredstvima i političkim odlukama koje problem ne prate pravovremeno.

Ratno okruženje, teška ekonomska situacija, period izolacije, birokratski odnos prema poslu u Republici Srbiji, doveli su do degradacije kvaliteta površinskih voda u mreži kanala Hidrosistema Dunav-Tisa-Dunav (HsDTD) - teritorija nadležnosti Javnog Vodoprivrednog Preduzeća "Vode Vojvodine", Autonomna Pokrajina Vojvodina. Dugogodišnji sistem naplate naknade korisnicima za ispuštanje otpadnih voda u HsDTD i hidromelioracione objekte (HMO) vremenom je izgubio osnovni smisao u pogledu ispostavljanja nerealnih troškova usluga i onemogućavanja održivog razvoja područja.

Posledica takvog stanja je postojanje jedne od najvećih crnih tački u ekološkom smislu u Evropi (basen Vrbas-Kula-Crvenka). U ovom području su locirani najveći proizvođači prehrambene industrije koji otpadne vode bez tretmana ili nedovoljnog tretmana ispuštaju u kanale HsDTD. Opterećenje organskim materijama industrijskih centara Vrbas, Kula, Crvenka i Srbobran iznosi 24,1 t HPK/dan. Ne treba zanemariti ni činjenicu da pod-sliv Banat spada u jedan od najugroženijih u smislu opterećenja azotom i fosforom, što je konstatovano u izvestaju koji je naša zemlja dostavila ICPDR -u.

Promena sistematskog pristupa u ubiranju naknade za prihvatanje ispuštenih voda za osnovu ima metodologiju čiji osnovni koncept podrazumeva:

- sagledavanje realne štete nastale ispuštanjem otpadnih voda,
- utvrđivanje realne naknade za otklanjanje takve štete.

Jedan od uslova postavke metodologije bio je zahtev za kompatibilnost sa postojećom zakonskom regulativom EU u oblasti voda i poštovanjem osnovnih načela WFD.

Osim utvrđivanja realnosti načinjene štete ispuštanjem otpadnih voda, zaduženjem i naplatom za otklanjanje takve štete, bitno je naglasiti da sastavni deo metodologije predstavlja i upoznavanje i edukacija industrije, obuka laboratorija i inspekcije i zajednički rad sa svim korisniima. Pored toga, jasna slika degradacije kvaliteta vode HsDTD a samim tim i posredan, negativan uticaj na Dunav osnova su za donošenje akcionog plana sa učešćem javnosti i aktivnim uključenjem korisnika u sve faze razmatranja i donošenja odluka, a u cilju redukcije zagađenja ispuštanjem neprečišćenih ili nedovoljno prečišćenih otpadnih voda.

2. AKCIONI PLANOVI U SLUŽBI ZAŠTITE VODE OD ZAGAĐENJA

Počeci evropske politike u oblasti voda datiraju od sedamdesetih godina.Od tada pa do 2000-te godine, politika u vezi zaštite voda sprovodila se preko Akcionih programa za zaštitu životne sredine i zakonske regulative.Dalji razvoj zakonske regulative ima za osnovu širi pristup zajedničkom, integralnom upravljanju vodama.Zajednička potreba zemalja članica EU da se uspostavi jedinstven okvir u vezi sa politikom voda rezultirala je uspostavljanjem Okvirne DIrektive o vodama (2000/60/EC) koja je stupila na snagu 22.decembra 2000.godine.

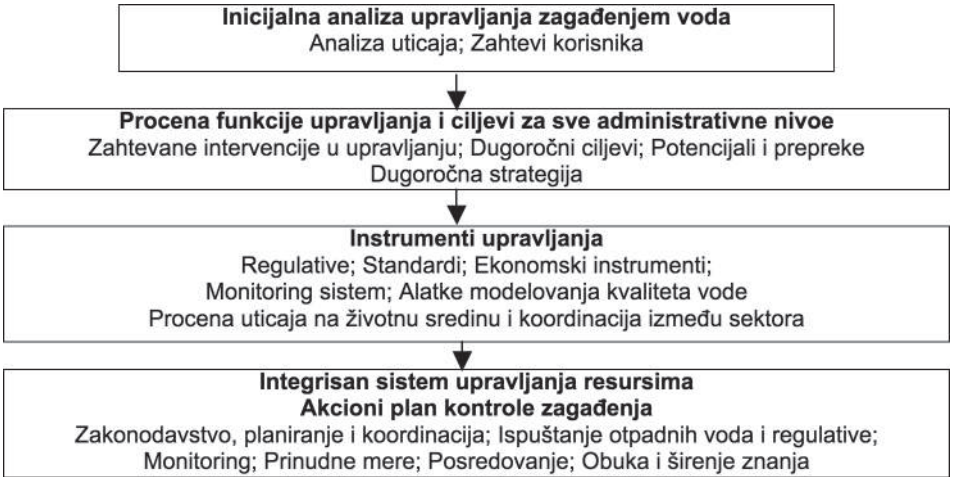
Nova evropska politika u vezi voda preko Direktive o vodama nalaže sledeće ciljeve:

- Sveobuhvatnu zaštitu svih voda
- Postizanje dobrog statusa voda u roku od 15 godina
- Integralno upravljanje vodama
- ''kombinovani pristup'' u vezi standarda za granične vrednosti dozvoljenih emisija i imisija
- Pravilno utvrđivanje cena
- Uključivanje javnosti

Uspešno upravljanje otpadnim vodama zahteva između ostalih aktivnosti i implementaciju sledećih direktiva koje se odnose na: vodu za piće (75/440/EEC), vodu za kupanje (76/160/EEC), prečišćavanja gradskih otpadnih voda (91/271/EEC), kvalitet vode za gajenje riba (78/659/EEC), kvalitet vode za gajenje školjki (79/923/EEC), dispoziciju muljeva (82/278/EEC), ispuštanje opasnih supstanci (76/464/EEC),

Akcioni planovi u službi svih aspekata životne sredine, a u cilju redukovanja pritisaka na prirodne resurse, stimulisanja ekonomskog rasta i obezbeđenja kvaliteta životne sredine za osnovu treba da imaju aktuelne nacionalne i lokalne potrebe sa oslanjanjem na smernice date Internacionalnom Komisijom za zaštitu reke Dunav i Direktivama EU.

Elementi i procesi akcionog plana kontrole zagađenja prikazani su na slici 1.



Slika 1.: Elementi i procesi akcionog plana kontrole zagađenja

3. EKONOMSKI INSTRUMENTI

Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (OECD) je 1972.godine usvojila princip ''zagađivač plaća''.Taj princip je kasnije usvojen kao oficijelna politika u EU, ukazujući na centralno mesto ekonomskih instrumenata u zaštiti životne sredine.

Osnovni tipovi ekonomskih instrumenata koji se koriste u kontroli zagađenja su:

- Cena - tarife ili cene vode
- Naplata za zagađenje
- Prodajna dozvola
- Novčane pomoći
- Depozit - refundujući sistem
- Kaznene mere

Preduslov za uspešnu implementaciju najvećeg broja ekonomskih instrumenata su:

- Odgovarajući standardi
- Efikasna administracija

- Monitoring
- Sprovođenje nadležnosti
- Institucionalna koordinacija
- Ekonomska stabilnost

Pored toga, ključni faktori za implementaciju ekonomskih instrumenata su uspostavljanje cena i tarifa na ravi način.Ukoliko je cena niska zagađivači mogu da biraju u sistemu zagađenja i cene.

Ekonomskim instrumentima se između ostalih ''alatki'' u upravljanju vodama obezbeđuje primena najbolje dostupnih tehnika, čijom primenom se zagađivači motivišu da primene kontrolu zagađenja dobrovoljno.S druge strane, efikasnost sistema naplate zavisi od podsticaja zagađivača da sprovedu mere kontrole zagađenja. Za efektivnu kontrolu zagađenja naknada za zagađenje i postavljeni standardi moraju pažljivo biti kombinovani sa cenama vode koja treba da bude dovoljno visoka kako bi pokrila troškove i omogućila podsticanje zaštite voda i njeno obnavljanje.

Postoji više vrsta naplata koje se sprovode u cilju sprečavanja tj. kontrole zagađenja:

- Naplata za naknade za ispuštanje efluenta
- Naplata korisnicima za upotrebu zajedničkog uređaja za prečišćavanje
- Cene produkcije bazirane na komponentama koje su štetne za životnu sredinu
- Cene koje se plaćaju upravama

3.1. Osnovne postavke i parametri za utvrđivanje visine naknade

Osnovne postavke za određivanje visine naknade se zasnivaju na činjenici koja podrazumeva mogućnost posmatranja određene deonice vodotoka ili celog vodotoka kao bioreaktora u kome se oksiduju organske materije kada neprečišćena otpadna voda dospe u isti. Poznato je da se pri biološkom prečišćavanju otpadnih voda jedan deo organskih materija transferuje u biomasu, a jedan deo se koristi kao energija koja je potrebna mikroorganizmima za metaboličke procese. Za oksidaciju organskih materija se troši rastvoreni kiseonik iz vodotoka i na taj način se ugrožavaju vrste u vodotoku koje koriste kiseonik. Prema tome, javljaju se dva negativna efekta: nagomilavanje mulja u vodotoku i ekološka šteta usled smanjivanja koncentracije rastvorenog kiseonika ispod biološkog minimuma.

Azotne i fosforne materije izazivaju eutrofizaciju vodotoka i stimulišu rast makrofita. Nakon prolaska vegetacionog perioda za alge, one postaju supstrat za mikroorganizme. Zbog toga dolazi do dodatnog rasta mulja u vodotoku i potrošnje kiseonika. Svi ovi i naknadni procesi izazvaju određene ekološke posledice tj. ekološke štete.

Pojava toksičnih polutanata pogoršava navedene negativne procese. Izdvojeni mulj i autohtoni mulj u vodotoku zbog nagomilavanja toksičnih polutanata postaje i sam toksičan. Iz tog razloga, pri izmuljivanju iz vodotoka nameće se potreba specijalnog čuvanja i deponovanja ovakovog sedimenta (mulja).

Ostale neorganske i organske materije mogu da imaju negativne efekte na korišćenje vode za navodnjavanje i industriju.

Svi napred navedeni uticaji otpadnih voda uzeti su u obzir pri određivanju naknade za odvođenje upotrebljenih voda.

Visina naknade za korišćenje HsDTD i hidromelioracionih objekata (HMO) za odvođenje otpadnih voda određuje se na osnovu sledećih troškova:

1. *fiksnih troškova* (osnovna taksa) - troškova za odvođenje prečišćenih otpadnih voda. Ove troškove čine amortizacija, troškovi održavanja i pogon vodoprivrednog sistema. Za izračunavanje fiksnih troškova za odvođenje otpadnih voda uzima se projektovani (instalisani), tj. srednji dnevni protok na godišnjem nivou.
2. *varijabilnih troškova* -troškovi održavanja vodoprivrednog sistema. Ovi troškovi nastaju pri izvođenju radova na redovnom održavanju vodoprivrednog sistema usled prijema vode koja je upotrebljena i prečišćena do nivoa koji nema negativnih efekata na ekosistem i kapacitet vode u vodoprijemniku. Usvojeno je da se varijabilni troškovi održavanja vodoprivrednog sistema izračunavaju na osnovu angažovanog kapaciteta, tj. ostvarene količine otpadnih voda.
3. *troškova izmuljivanja ne toksičnog mulja* koji je nastao mikrobiološkom oksidacijom organskh materija iz neprečišćenih otpadnih voda u vodoprivrednom sistemu. pa se ovi uticaji se valorizuju preko:
   - troškova uklanjanja vegetacije sa obale i iz korita vodotoka,
   - uklanjanja (izmuljivanje) sedimenta,
   - troškovi monitoringa čiji podaci će poslužiti za kvanifikaciju uticaja taloženja i eutrofizacije u kanalu i
   - negativan uticaj eutrofizacije i formiranje sedimenta na dnu kanala (posebno formiranje anerobnih uslova - ubrzavaju se korozioni procesi) na opremu i uređenje vodoprivrednih objekata.

Za izračunavanje zapremine mulja koja nastaje od neprečišćenih otpadnih voda, a u nedostatku dovoljno dobro definisane zakonske regulative kod nas, za ova razmatranja usvojene su norme za efluent iz evropske prakse za organske, suspendovane materije, za ukupan fosfor i azot u prečišćenoj vodi (*Council Directive (91/271/EEC*). Pa je: BPK_5: 25 mgO_2/l - minimalan procenat redukcije 70-90 %, HPK: 125 mgO_2/l - minimalan procenat redukcije 75 %, suspendovanih materija u efluentu: 35 mg/l - minimalan procenat redukcije 75 %, ukupnog azota u efluentu je 15 mgN/l - minimalan proces redukcije 70-80%, ukupnog fosfora u efluentu je 2 mgN/l - minimalan procenat redukcije od 80%.

4. *troškova izmuljivanja i deponovanja toksičnog mulja* koji je nastao zbog akumulacije toksičnih materija iz neprečišćenih otpadnih voda u sedimentu. Negativan uticaj toksičnih materija na vodotok može da se posmatra sa dva aspekta:
   - akumulisanje toksičnih materija u sedimentu do koncentracija koje će uticati da sediment postane toksičan i da se tretira kao opasan otpad i
   - toksične materije u vodi koje iznad određene koncentracije mogu biti štetne za kvalitet vode u vodotoku, bilo zbog direktnog ili bioakumulativnog delovanja.

I oni se uvećavaju za troškove uklanjanja, deponovanja, čuvanja i monitoringa formiranih deponija i sedimenata u vodotoku.

Za obračun troškova izmuljivanja se koristi najnepovoljniji slučaj sadržaja toksičnih materija u otpadnoj vodi, tj. slučaj kada nastaje najveća zapremina toksičnog mulja zbog akumulacije određene toksične materije iz otpadne vode u sedimentu. Norme su preuzete iz Holandskog zakonodavstva, jer u većini evropskih zemalja pa i kod nas još nije normiran sadržaj toksičnih materija u sedimentu kada se zahteva remedijacija ili deponovanje sedimenta kao opasnog otpada.

4. *naknada za negativan uticaj neprečišćenih voda* izraženih preko organskih materija ukupnog azota i ukupnog fosfora. Za izračunavanje naknade koristi se princip koji se zasniva na ceni koštanja prečišćavanja i uklanjanja azota i fosfora u tercijarnom tretmanu.

5. *troškovi razblaživanja netoksičnih materija* u otpadnoj vodi do koncentracija koje će obebediti korišćenje vode nizvodno od izliva otpadnih voda za navodnjavanje, ribnjake i industriju.
6. *troškovi proistekli* pri određenim aktivnostima za ublažavanje ekoloških šteta.

Konkretno za svaku industriju izvešće se posebna norma prema BAT standardima. Potrebno je formirati posebnu bazu podataka koja će biti sačinjena na osnovu analiza pojedinih tehnoloških procesa u Republici Srbiji, a za šta je potrebno angažovanje većeg broja eksperata koji su upoznati sa tehnološkim procesima za svaku industriju (tehnologiju). Korišćene su sledeće relacije:

- Za organsko opterećenje računato preko ekvivalentnog stanovnika (ES) usvojena je vrednost koja se koristi u Evropi = 60 gO_2/dan
- Usvojeno je da pri prečišćavanju otpadnih voda postupkom aktivnog mulja po jednom ES nastaje 40 g aktivnog mulja / ES·dan uzimajući u obzir i suspendovane materije (Nemački standard).

3.2. Naknade zbog ekološko neprihvatljivog ponašanja

Za vreme trajanja ekscesne situacije sve gore navedene naknade za određena opterećenja potrebno je pomnožiti određenim faktorom. Ako korisnik ne poseduje nikakva dokumenta, planove, studije i projekte za prečišćavanje otpadnih voda, zatim akcioni plan o merama i postupcima u slučaju ekscesnih situacija, ovaj faktor je potrebno još povećati.

Dalji razvoj metodologije i baze podataka predviđa formiranje posebnih upita koji će se koristiti u vreme ekscesnih situacija.Tada se formule za obračun množe brojem dana koliko je trajao eksces.

Visina ove naknade mora biti najmanje jednaka troškovima čišćenja kanala od ekcesnih posledica. Ovde se moraju uzeti u obzir i troškovi analize za utvrđivanje visine štete od ekscesa, kao i troškovi analize području koje potvrđuju da je sanacija uspešno urađena.

Visina kazne zbog ekološke štete je u nadležnosti suda.

3.3. Izvori podataka za obračun naknade

Naknada za odvođenje otpadnih voda obračunava se na osnovu podataka o:

- Instalisanom i angažovanom kapacitetu obveznika naknade. Angažovani kapacitet se određuje meračem protoka.Ukoliko ne postoji, za obračun se koristi instalisani kapacitet i maksimalna količina određena standardima ili na osnovu količine izmerene zahvaćene vode na vodozahvatu.Ukoliko ne postoji ni merač na vodozahvatu koristi se podatak o maksimalnom instalisanom kapacitetu vodozahvata.
- Hemijskim analizama ispuštenih otpadnih voda. Pravilnikom o minimalnom broju uzoraka propisan je broj analiza koje obveznik treba da obezbedi i dostavi JVP ''Vode Vojvodine'', a za koje će angažovati isključivo ovlašćenu laboratoriju. Ukoliko nema dovoljan broj merenja u tekućoj godini, za obračun se koriste podaci iz prethodne dve godine.
- Kvalitetu vode i mulja u recipijentu, a koji se uzimaju od Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda (RHMZ).

3.4. Umanjenje naknade

Naknada se umanjuje kod svih onih preduzeća koja imaju postrojenja za prečišćavanje

otpadnih voda, gde uz najdostupniju tehniku nije moguće postići navedene efekte prečišćavanja.

U cilju stimulisanja zagađivača da pristupe rešavanju problema zagađenja HsDTD i HMO i otpočnu aktivnosti na izgradnji UPOV-a ili rekonstrukciji postojećih, JVP ''Vode Vojvodine'' daje podršku u skladu sa Odlukom o visini naknade za korišćenje vodoprivrednih objekata.

Uz zahtev za umanjenje naknade obveznik podnosi Glavni projekat UPOV-a za koji je ishodovana vodoprivredna saglasnost.

Godišnja naknada se umanjuje prema stepenu projektovanog smanjenja zagađenosti otpadnih voda i to najduže za period od dve godine od dana podnošenja zahteva. Ukoliko ne izgradi ili ne stavi u funkciju UPOV do isteka perioda za koji mu je umanjena naknada, plaća istu u punom iznosu za period umanjena sa pripadajućom zakonskom kamatom. Uslovi pod kojima se umanjuje naknada regulišu se sporazumom.

4. Katastar zagađivača

Cilj izrade metodologije je da se izradi baza podataka (katastar zagađivača) koja bi predstavljala adekvatnu podlogu za upravljanje vodama (ostvarenje ciljeva implementacije ekonomskih instrumenata) ali i za prikupljanje i razmenu podataka u okviru potreba međunarodne saradnje (ICPDR).

Da bi se formirao kvalitetan katastar zagađivača neophodno je prikupiti sledeće podatke:

- Identifikacioni podaci o zagađivaču
- Podaci o proizvodnji
- Podaci o otpadno vodi i načinu utvrđivanja količine i kvaliteta otpadnih voda
- Podaci o otpadu koji nastaje u toku proizvodnje i tokom prečišćavanja otpadnih voda i o njegovom odlaganju
- U bazu podataka se unose podaci o industrijskim zagađivačima, naseljima, energetskim objektima, farmama, banjama, benzinskim pumpama, laboratorijama, ribnjacima, skladištima, lukama, servisima, hemijskim čistionicama, auto servisima i perionicama.

Za integrisan pristup upravljanju vodama svakako da je neophodno razvijati bazu podataka (katastar) i uzeti u obzir uticaj hidrosistema na kvantitativne i kvalitativne karakteristike prirodnih vodotoka (Dunav) na teritoriji AP Vojvodine i ispuštanja gradskih otpadnih voda iz kanalizacionih sistema naselja bez izgrađenog gradskog uređaja za prečišćavanje otpadnih voda. Takođe, potrebno je razviti ovu metodologiju u dva pravca, i to:

- Identifikacija potencijalnih tačaka rizika od akcidenata
- Uspostavljanje sistema rangiranja za procenu realnog rizika

Postojeća baza podataka obuhvata zagađivače voda HsDTD, čime je omogućen uvid u direktne ili posredne zagađivače ovog sistema.Međutim, proširenje baze podataka zagađivačima na celokupnoj teritoriji AP Vojvodine neophodno je izvršiti iz više razloga: eliminisanje ''privilegovanih'' zagađivača voda; bolji uvid u rad svih zagađivača u smislu ugrožavanja kvaliteta voda ispuštanjem toksičnih komponeneti; planiranje svih potrebnih aktivnosti u slučaju mogućeg akcidenta; razmene podataka sa susednim zemljama (Rumunijom, Mađarskom i Hrvatskom) i pripreme podataka za izveštaje nacionalnih ministarstava i ICPDR-a.

Postavljanjem baze podataka sa određenim podacima u opštine za koje je definisan Akcioni plan i koja bi bila povezana sa bazom podataka u JVP ''Vode Vojvodine'', omogućiće

se edukacija i dostupnost podataka lokalnim industrijama, nadležnima u opštinama i zainteresovanoj javnosti, a sve u cilju efikasnije implementacije Akcionog plana.

5. Zaključak

Primenom metodologije za obračun naknada za korišćenje objekata HsDTD i HMO za odvođenje otpadnih voda u JVP ''Vode Vojvodine'' postavljeni su novi mehanizmi za kvalitetno upravljanje vodama tj. zaštitu voda od zagađenja, korišćenjem ekonomskih intrumenata u kontroli zagađenja.Cene - tarife koje će se primenjivati u narednom periodu treba da budu na takvom nivou da podstaknu zagađivače da usvoje nove čiste tehnologije, da eliminišu ili smanje produkciju otpada koji se izliva u recipijent, da grade uređaje za prečišćavanje otpadnih voda i na taj način i sami utiču na razvijanje svesti o značaju zaštite voda kao jednog od najznačajnijih prirodnih resursa.

Dalji rad na razvoju baze podataka (katastru) treba da omogući stvaranje integrisane baze podataka koja će obezbediti planiranje svih potrebnih radnji za rano upozorenje u slučaju mogućeg akcidenta; obradu podataka za izveštaje koje zahteva EU, i naša ministarstva, i poboljšanje razmene podataka sa susednim zemljama (Hrvatskom, Rumunijom i Mađarskom), odnosno efikasnu implementaciju Akcionog plana i kvalitetno upravljanje vodama.

6. LITERATURA

1. Prof. Dr. Božo Dalmacija, (2004); Projekat: Analiza i inoviranje informacionog podsistema upotrebljenih voda, PMF, Departman za hemiju, Katedra za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad
2. Prof. Dr. Božo Dalmacija, (2005); Projekat: Optimizacija određivanja visine naknade za upotrebljene vode, PMF, Departman za hemiju, Katedra za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad
3. Prof. Dr. Božo Dalmacija, (2006); Projekat: Objedinjvanje naplate za upotrebljene vode za sve zagađivače na teritoriji AP Vojvodine, PMF, Departman za hemiju, Katedra za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad
4. Odluka o visini naknada za korišćenje vodoprivrednih objekata i za vršenje drugih usluga u 2006. godini (Službeni list APV 3/2006)

AUTORI:

Olivera Gavrilović, dipl.inž.tehnologije,
JVP ''Vode Vojvodine''

Mr Milena Bečelić,
Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, Novi Sad

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.13.

ODRŽIVI RAZVOJ VODNIH RESURSA I VODNOG GOSPODARSTVA HRVATSKE

Dragutin Gereš

SAŽETAK: U radu se analiziraju pitanja u svezi koncepcije održivosti. Opisuje se Okvirna direktiva o vodama Europske unije, kojima se uspostavlja okvir za djelovanje u području voda. One su akcijski plan, instrukcije i temelji politike održivog razvoja. Upravljanje vodama riječnog slivnog područja daje novi pristup vodnom gospodarstvu. Ističe se da voda nije komercijalni produkt već je baština koja se mora zaštititi pa hidrotehničari imaju posebnu odgovornost za održivi razvoj.

KLJUČNE RIJEČI: održivi razvoj, vodno gospodarstvo, Europska unija, Okvirna direktiva o vodama, upravljanje vodama, zaštita voda

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES AND WATER MANAGEMENT SECTOR

SUMMARY: Issues related to the concept of sustainability are analyzed in the paper. Water framework directive-WFD issued by the European Union, actually setting the framework for all water related activities, are described. They are the action plan, instructions and foundations of every reasonable policy of sustainable development. The water management concept for river catchement areas can be regarded as a novel approach to water management. It is emphasized that water is not a commercial commodity but rather a heritage that has to be preserved so that civil engineers, and water engineers in particular, bear a lot of responsibility for sustainable development in this area.

KEY WORDS: sustainable development, water industry, European Union, Water framework directive, water management, water preservation

1. Uvod

Održivi razvoj vodnoga gospodarstva je koncept koji naglašava potrebu razmatranja dugoročne budućnosti na sličan način kao i sadašnjosti. Održivo vodno gospodarstvo planirano je i upravljano na način da zadovolji ciljeve koje je društvo postavilo sada i u budućnosti, bez narušavanja ekološkog, okolišnog i hidrološkog integriteta. Kako gospodarenje vodama može biti održivo kad ne možemo prognozirati budućnost s određenim stupnjem sigurnosti? Ne znamo sa sigurnošću niti sve utjecaje koje će izazvati naše današnje odluke. No unatoč tome, moramo razmatrati što sada mislimo da će buduće generacije imati ako razvijamo planove, projekte i politiku za gospodarenje vodama.

Održivost je usko povezana za različite mjere rizika i neizvjesnosti o budućnosti. Prognoze o budućem razvoju bit će pogrešne, pa ih treba periodično revidirati. Shvaćajući da će se neki ciljevi gospodarenja vodama mijenjati s vremenom, moramo razmatrati prilagodljivost danas planiranog sustava. Kako je održivost funkcija različitih ekonomskih, okolišnih, ekoloških, društvenih i fizičkih ciljeva, to gospodarenje vodama mora neizostavno uključivati multidisciplinarni proces donošenja odluka.

2. ZNAČENJE ODRŽIVOG RAZVOJA

Jedan od osnovnih koncepata ekonomije prirodnih resursa i okoliša jest koncept održivosti ili održivog razvoja. Tom konceptu danas pripada središnje mjesto u razmatranju dugoročne perspektive napretka čovječanstva. Smith i Ricardo, a pogotovu Malthus, tragaju za odgovorima na pitanja vezana za ograničenost prirodnih resursa, zatim za demografski rast. Polazeći od rezultata tehničkog progresa i novih otkrića, ekonomska znanost krajem 19. stoljeća nudi optimističnu viziju budućnosti čovječanstva. Meadows i suradnici [7] svojim su gledištima o iscrpljivanju resursa i mogućim granicama rasta zainteresirali širi krug svjetske, znanstvene i političke javnosti.

U Stockholmu je, 1972. na Konferenciji UN o okolišu potaknut osnutak Programa Ujedinjenih naroda za okoliš, UNEP. Potom je slijedilo osnivanje nacionalnih agencija za okoliš u većem broju zemalja. Potom je 1983. osnovana Svjetska komisija za okoliš i razvoj, kasnije nazvana Brundtlandova komisija. Brojne aktivnosti državnih i nevladinih organizacija širom svijeta dovele su 1992. do održavanja Konferencije UN o okolišu i razvoju, UNCED, u Rio de Janeiru [14]. Na toj su konferenciji usvojeni bitni dokumenti: Okvirna konvencija UN o klimatskim promjenama i Konvencija o biološkoj raznovrsnosti. Sljedeće godine 1993. osnovana je Komisija UN za održivi razvoj (CSD) s ciljem da nadgleda provedbu spomenutih dokumenata i drugih akata. Tijekom devedesetih, značajno se širi broj organizacija koje potiču održivi razvoj, a među njima treba izdvojiti Institut za svjetske resurse, WRI. Mnoge od postojećih međunarodnih institucija, primjerice Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj, OECD, i Svjetska banka, WB [8,17], počinju intenzivno poticati održivi razvoj. Tako je 1991. počeo djelovati program Globalne podrške okolišu, GEF, koji daje kredite zemljama u razvoju za rješavanje ekoloških problema.

Ekonomska aktivnost mora biti održiva. Na prvom mjestu, postoje moralni razlozi da današnja generacija ostavi u naslijeđe jednake izglede za razvoj. To znači da Zemlju ne smije degradirati sadašnja generacija. Pravo sadašnje generacije na iskorištavanje resursa i okoliša ne smije ugroziti isto takvo pravo idućim generacijama. Druga grupa razloga za održivi razvoj jest ekološke prirode. Naime, ako priroda znači vrijednost per se, tj. ako očuvanje zaliha prirodnih resursa ima opravdanje u stajalištu kako je čovjek dio prirode, tada je on nema pravo nepovratno mijenjati pa je neprihvatljiv svaki oblik ekonomske aktivnosti kojim se narušava bogatstvo resursa. Kao treći razlog za opravdanje koncepta održivosti može se navesti argument da je održivi razvoj učinkovitiji.

U literaturi se susreću različiti oblici pojma održivosti i koncepta održivog razvoja. Za pojam održivo može se navesti pet grupa definicija.

Prema prvoj, održivo je ono stanje u kojem ne opada ni korisnost ni razina potrošnje tijekom vremena. Slična je i definicija Završnog izvješća Brundtlandove komisije [16], kojom održivi razvoj znači zadovoljavanje sadašnjih potreba ne ugrožavajući mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe.

Prema drugoj grupi definicija, održivim se smatra stanje u kojem se resursi koriste tako da buduće proizvodne mogućnosti čovječanstva ostanu sačuvane. Proizvodni potencijal ovisi

o količini dostupnih proizvodnih čimbenika. To su, osim ljudskog rada i razni oblici kapitala.

Treći koncept održivim smatra ono stanje pri kome zaliha prirodnog kapitala ne opada u vremenu. Iz toga slijedi zahtjev za razvojem koji ne umanjuje zalihe pojedinih prirodnih resursa. Za takav koncept održivosti zalaže se UNESCO [15] u svojim dokumentima.

Premačetvrtojgrupidefinicija,održivojestanjeukojemseresursikoristetakodadonoseodrživi prinos ili prirast. Ovo tumačenje održivosti odgovara iskorištavanju obnovljivih resursa.

Peta grupa definicija temelji se na konceptu stabilnosti i uravnoteženju ekoloških populacija. Naime, održivim se smatra stanje u kojem je zadovoljen minimum uvjeta stabilnosti i uravnoteženja ekosustava.

Opća definicija održivog razvoja je: "Razvoj koji zadovoljava sadašnje potrebe a ne ugrožava mogućnost da i buduće generacije zadovolje svoje potrebe".

Kad se govori o prirodnim resursima, odnosno vodnim resursima, definicija je još određenija: "Bit održivoga razvoja je da se prirodni resursi moraju koristiti tako da ih jednako ili bolje mogu koristiti buduće generacije. U skladu s tim, održivi razvoj vodnih resursa od nas zahtijeva poštivanje hidrološkoga ciklusa tako da se kapacitet obnovljivih vodnih resursa ne smanji nakon dugotrajnoga korištenja".

3. MEĐUNARODNE KONFERENCIJE O ODRŽIVOM RAZVOJU

3.1. Svjetski skup o održivom razvoju: početak novog poglavlja održivog razvoja

Svjetski skup o održivom razvoju (WSSD), organiziran u Johannesburgu od 26. kolo-voza do 4. rujna 2002., bio je prilika za novo usmjeravanje energije međunarodne zajednice u održivi razvoj [18]. Okvir za ostvarenje održivog razvoja međunarodna je zajednica postavila na Konferenciji o okolišu i razvoju u Rio de Janeiru 1992. [14]. Poruka je konferencije u Riju da cjelokupni razvoj mora biti održiv. U desetljeću između dviju konferencija svijet je shvatio da razvoj mora biti održiv, da tri stupa održivog razvoja - zaštita okoliša, ekonomski razvoj i razvoj društva - moraju ići ruku pod ruku. Glavna su načela za desetljeće koje je počelo konferencijom u Johannesburgu: Održivi razvoj za sve zemlje, razvijene i nerazvijene, mora početi kod kuće. Pet ključnih elemenata za stvaranje domaćih institucija za podršku održivom razvoju jesu: djelotvorne institucije; obrazovanje, znanost i tehnologija; dostupnost informacija; opća društvena participacija i dostupnost pravde.

3.2. Svjetski forum o vodi

Svjetski forum o vodi globalni je susret vlada, međunarodnih organizacija kao što su razne agencije Ujedinjenih naroda i donatorskih organizacija, nevladinih organizacija koje se bave vodama, znanstvenika i stručnjaka, a održava se svake treće godine. Prvi svjetski forum održan je u Marakešu, Maroko, 1997., drugi u Den Hagu, Nizo-zemska, 2000., treći u Kyotu, Shigi i Osaki, Japan, 2003., a četvrti 2006. u Meksiku. Treći forum bio je središnji događaj Međunarodne godine slatkih voda, 2003 [13]. Veći dio pitanja mogao bi se riješiti, ali ne postoji suglasnost o načinu kako se odnositi prema krizi.

3.3. Okvirna direktiva o vodama Europske unije

Europski parlament i Komisija Europske unije usvojili su 23. listopada 2000. Okvirnu direktivu o vodama. Tom direktivom Europska je unija odredila dugoročnu politiku u području voda [1]. Direktiva će doprinijeti integraciji i ujednačavanju politike upravljanja vodnim resursima prema načelima održivog razvoja u Europi. Osnovna načela primjenjivat će 27 zemalja članica Europske unije, kao i 2 zemlje pristupnice u Europsku uniju te za

Makedoniju, koja je započela proces pridruživanja. I drugi međunarodni dokumenti, kao što je Konvencija o zaštiti i održivom korištenju Dunava (Convention for Protection and Sustainable Use of the Danube, 1994); Konvencija UN o pravu korištenja međunarodnih vodotoka za neplovidbene svrhe, usvojena 1997., osiguravaju zakonski okvir za suradnju zemalja u okviru riječnih slivnih područja. Temelj za izradu Direktive je upravljanje vodnim resursima na razini riječnih slivnih područja i pozitivna iskustva u primjeni zakona Europske unije u području zaštite voda u prethodnih 25 godina. Osnovni je cilj Direktive da se sve prirodne vode dovode u dobro stanje, tj. da se osigura dobar hidrološki, kemijski i ekološki status voda. To ne znači uspostavljanje prvobitnog prirodnog stanja vodnih resursa, već znači uz korištenje voda održivo stanje koje ne ugrožava okoliš. Cilj je Direktive da uspostavi okvire za zaštitu unutrašnjih površinskih voda, ušća rijeka u mora, morskih obalnih voda i podzemnih voda radi sprječavanja degradacije, radi zaštite i unapređenja statusa akvatičnih ekosustava; promoviranja održivog korištenja voda koje se temelji na dugoročnoj politici zaštite raspoloživih vodnih resursa; progresivnog smanjenja zagađenosti površinskih i podzemnih voda; smanjenja učinaka poplava i suša itd.

U okviru Okvirne direktive o vodama predviđen je niz pristupa i konkretnih aktivnosti. Najvažniji su sljedeći:

- Zemlje članice EU trebaju utvrditi riječna slivna područja. Ta područja, koja uz površinske vode obuhvaćaju podzemne i obalne, predstavljaju osnovnu jedinicu za kvantitativnu i kvalitativnu procjenu vodnih resursa i racionalno upravljanje;
- Zemlje članice trebaju zaštititi, unaprijediti i obnoviti sve površinske vode da bi se osiguralo dobro stanje voda u idućih 15 godina. Isto se odnosi i na podzemne vode, samo što se mora osigurati ravnoteža između zahvaćanja podzemnih voda i njihova obnavljanja;
- Uvođenje politike cijene vode na način koji će osigurati mudro korištenje voda, a time doprinijeti ispunjenju ciljeva zaštite okoliša. Ta će se politika primjenjivati u vodnogospodarskim područjima prema načelima o utvrđivanju cijene vodnih usluga.
- Tretman vode kao robe odrazit će se na jačanje svijesti i interesa stanovništva, posebno budućih neposrednih korisnika, u izboru optimalnih, tehnički i ekonomski najpovoljnijih rješenja održivog korištenja voda;
- Zemlje članice moraju pripremiti planove upravljanja riječnim slivnim područjima. Ako se radi o međunarodnim riječnim slivovima, države moraju osigurati koordinaciju aktivnosti radi pripreme jedinstvenog plana upravljanja;
- Zemlje članice trebaju poticati aktivno sudjelovanje svih zainteresiranih strana u pripremi, formiranju, prezentaciji i noveliranju planova za upravljanje riječnim slivnim područjima. Planovi moraju proći određenu proceduru koja podrazumijeva javnu informiranost i moraju imati dinamički plan realizacije određenih aktivnosti;
- Da bi se spriječilo zagađenje vode, a time i ugrožavanje akvatičnog ekosustava, usvojene su posebne mjere. U okviru tih mjera treba se usvojiti popis opasnih tvari i popis posebno opasnih tvari, koje se moraju prve ukloniti. Uz to, trebaju se utvrditi granične vrijednosti drugih opasnih tvari u emisiji;
- Provedba postavljenih ciljeva zahtijeva donošenje novih zakona, propisa i drugih administrativnih mjera.

3.4. Održivo upravljanje vodama

Koncept održivosti osnovni je cilj kako bi se osigurao budući razvoj društva i go-spodarstva te održali prirodni resursi i vrijednosti okoliša. Tri su osnovna stupa održivosti - socijalna, gospodarska i okolišna dimenzija problema. U upravljanju vodama mora se prihvatiti potreba zaštite cjelovitosti vodnih ekosustava, te sprječavati njihovo degradiranje na razini slivnog područja. Zaštita vode trebala bi uključivati i preventivni pristup, radi sprječavanja i smanjivanja onečišćenja. Održivo upravljanje vodama nužnost je u uvjetima porasta stanovništva i povećanih pritisaka na vodne resurse. Održivo upravljanje vodama temelji se na sljedećim načelima održivog razvoja [14]:

1. Okoliš: fizička izdržljivost okoliša postavlja granice mnogim ljudskim djelatnostima i upozorava na to da moramo smanjiti potrošnju prirodnih bogatstava;
2. Budućnost: moralna nam je dužnost ne ugroziti budućim naraštajima mogućnost da namiruju svoje potrebe;
3. Pravednost: bogatstvo, povoljne prilike i odgovornosti trebali bi se pravedno podijeliti među svima, s posebnim težištem na potrebe i prava siromašnih;
4. Opreznost: nismo li sigurni kakav će utjecaj neki postupak ili razvoj događaja imati na okoliš, trebali bismo primijeniti ovo načelo i radije pogriješiti na drugoj strani;
5. Sveobuhvatno razmišljanje: rješavanje složenog problema održivosti zahtijeva da u proces rješavanja budu uključeni svi čimbenici koji utječu na problem.

U današnje smo vrijeme sve više zaokupljeni pitanjima održivosti naših aktivnosti. Pritisci na vodne resurse, izazvani porastom broja ljudi, promjenama u poljoprivrednoj proizvodnji, pretjerano iscrpljivanje izvorišta vode itd. povećali su našu zabrinutost.

Elementi održivog upravljanja vodama su sljedeći:

1. Provođenje integralnoga upravljanja vodnim resursima;
2. Poticanje očuvanja voda i zaštite kakvoće voda;
3. Rješenje problema upravljanja vodama.

Vodnogospodarski stručnjaci i znanstvenici moraju prihvatiti takav pristup i pre-oblikovati ga u načela za planiranje, upravljanje i održavanje vodnogospodarskih sustava. Pri inženjerskom rješavanju problema, smisao održivosti se tradicionalno prihvaćao iako je terminologija bila različita, tako da njegova primjena nije novost. Problemi nastaju kada se koncept mora prenijeti u područje razvoja ili na političku razinu rješavanja problema [4].

Integralno upravljanje vodama u biti je upravljanje ponudom i potražnjom vode. Uz integralno upravljanje vezana je održivost te kriteriji održivosti voda. Globalno, koristi se oko jedne petine raspoloživih količina vode. Ipak postoje problemi vodnih resursa, jer oni nisu jednako raspoređeni. Veći dio zahvaćenih količina vode nije "potrošen", već se vraća u kružni tok vode i tako postaje po-novo raspoloživ za daljnju upotrebu, poslije pročišćavanja ili prirodnog samočišćenja. Za održivost vodnog sustava nužna je ravnoteža između potražnje, tj. potrošnje vode i njezine raspoloživosti. Potražnjom vode upravlja se na strani dobavljača vode. Raspoloživost vode može se povećati izgradnjom akumulacija i povezivanjem područja s visokom i niskom raspoloživom količinom vode. Ostale mjere za povećanje raspoloživosti vode uključuju ponovno korištenje pročišćenih otpadnih voda te korištenje alternativnih izvorišta. Na kraju, smanjivanje gubitaka u distribucijskome sustavu također može povećati količinu vode u sustavu bez povećanog zahvaćanja vode iz prirode [5]. Danas se smatra da je integralno upravljanje vodama sastavni dio održive

uporabe voda, što je posebno istaknuto u Smjernicama o vodama Europske unije.

4. Kako postići održivost u vodnom gospodarstvu

Primjena upravljanja vodnim resursima na načelima održivog razvoja zahtijeva odgovarajuće uvjete. Znači da se moraju stvoriti: politički, zakonski, organizacijski i financijski uvjeti s jedne strane i osigurati podrška stanovništva za provođenje usvojene politike s druge strane. Postojeće stanje vodnoga gospodarstva karakterizira tradicionalan pristup upravljanja vodnim resursima s nekim elementima integralnog pristupa. Strategija upravljanja vodama, temeljem odredbi Zakona o vodama [21], dugoročni je planski dokument kojim se utvrđuje politika u upravljanju vodama u Republici Hrvatskoj [22]. To je temeljni planski dokument za iskorištavanje voda, zaštitu voda i zaštitu od štetnog djelovanja voda. Ti pokazatelji su ishodište za izradu planova upravljanja vodama slivnih i/ili vodnih područja i programa razvoja različitih vodnogospodarskih djelatnosti kao i aktivnosti koje trebaju podržati integralno upravljanje vodnim resursima, od institucionalnog organiziranja, zakonodavstva do financiranja i međunarodne suradnje.

4.1. Plan upravljanje vodama slivnih područja

Politika integralnog upravljanja vodnim resursima mora se temeljiti na činjenici da je voda jedan od tri osnovna elementa života, integralni dio ekosustava i ključni čimbenik za društveno-ekonomski razvoj i kvalitetan život ljudi. Za riječna slivna područja mogu se utvrditi aktivnosti koje slijede iz osnovnih ciljeva integralnog upravljanja vodnim resursima: racionalno iskorištavanje vodnih resursa; planiranje i upravljanje vodnim resursima na znanstvenoj i stručnoj razini; izbjegavanje konflikata između interesnih grupa; znatno sudjelovanje zainteresiranih grupa i stanovništva u procesu planiranja i upravljanja; jačanje institucionalnih, financijskih i drugih mehanizama. Izbor upravljačkih aktivnosti u uskoj je vezi s usvojenim pristupima upravljanja vodama na globalnoj razini (konvencije UN), na regionalnoj razini ili na razini međunarodnih riječnih slivova (međunarodne konvencije) i na državnoj razini u okviru riječnih slivova (zakonska regulativa).

Dok su u razvijenim zemljama u svijetu uglavnom stvoreni mehanizmi za premošćenje značajnijih utjecaja politike, to nije slučaj u planiranju i upravljanju vodnim resursima u zemljama u razvoju. Činjenica jest da je u velikom broju zemalja promoviran integralni pristup upravljanja vodnim resursima, ali nisu stvoreni bitni preduvjeti za njegovu implementaciju. Postoji deset područja na koja se primjenjuje politika osiguranja, odnosno osiguranje određenih uvjeta, kao što su okoliš, preseljenje stanovništva, sigurnost brana, prirodna staništa, kulturno-povijesne vrijednosti itd. Značajnu ulogu ocjene projekata imaju konzultacije s interesnim grupama, sudjelovanje javnosti i otvorenost u donošenju odluka [9].

4.2. Institucionalna organiziranost

Jedan od bitnih uvjeta za provođenje politike održivog razvoja vodnih resursa jest spajanje svih vodnogospodarskih aktivnosti, pluralističko i prepoznatljivo upravljanje vodama. Koordinacija aktivnosti različitih institucija omogućuje da se ostvare ciljevi politike održivog upravljanja vodama. Osim toga, nužno je uspostaviti institucionalne mehanizme koji će osigurati integraciju i suradnju različitih korisnika voda, interesnih grupa i javnosti. Polazeći od osnovnih načela integracije interesnih grupa, zemlje Europske unije svoja rješenja usmjeravaju na određenu preobrazbu postojećih organizacijskih struktura na razini riječnog slivnog područja s većim udjelom i odgovornošću interesnih grupa koje do sada nisu na prikladan način bile zastupljene na svim razinama. Posebno je važno

stajalište u Direktivi o politici cijena vode. Sve zemlje članice moraju voditi usuglašenu politiku u vezi s određivanjem cijena vode [11]. Te cijene moraju biti takve da potiču kontroliranu i racionalnu potrošnju vode kako bi se spriječila prekomjerna upotreba toga dragocjenog prirodnog resursa. Vrlo je važna preporuka da svaka država mora voditi računa o socijalnim, ekonomskim i ekološkim učincima politike cijena vode i vodnih usluga. Direktiva EU postavlja načelo samoodrživog razvoja vodnoga gospodarstva.

4.3. Financiranje vodnoga gospodarstva

Osiguranje financijskih sredstava za korištenje voda na načelima održivog razvoja zahtijeva i novi tretman vode kao resursa. Voda mora postati i ekonomska kategorija kako bi se politika razvoja društva uskladila s politikom zaštite voda i ekosustava. Ovaj pristup, sadržan u Direktivi o vodama, uvođenjem ekonomske cijene vode treba osigurati najveći dio prihoda za poslovanje i razvoj vodnoga gospodarstva. Naplatom vodnih usluga mogu se osigurati izvori financiranja, kao i kontinuirani priljev sredstava za vodoopskrbu, odvođenje i pročišćavanje voda, zaštitu od štetnog djelovanja voda, zaštitu voda, izgradnju vodnogospodarske infrastrukture kao i za zaštitu okoliša.

4.4. Javna svijest o vodi i sudjelovanje javnosti

Jedan od bitnih čimbenika u implementaciji holističkog pristupa upravljanju vodama jest svijest ljudi o vodi kao prirodnom resursu, koji već sada ne može zadovoljiti rastuće potrebe stanovništva za vodom. Bez široke podrške javnosti u svim aktivnostima rješavanja problema iskorištenja, zaštite voda i zaštite od voda ne mogu se naći racionalna rješenja kojima će se osigurati društveno-ekonomski razvoj, zaštita okoliša i očuvanje kulturno-povijesnih i ambijentalnih vrijednosti prostora. Prema tome, nužno je poduzeti aktivnosti da se stvori javna svijest o održivom iskorištenju voda i zaštiti voda i da se osigura značajno sudjelovanje stanovništva u procesima odlučivanja. Prijeko je potrebno prijeći u akciju na širokom planu [19, 20].

5. Uloga znanstvenoistraživačkog rada u razvoju vodnoga gospodarstva

5.1. Uloga znanosti i struke u razvoju vodnoga gospodarstva

Uz rješenje institucionalnog statusa i osiguranje stabilnog financiranja, za ostvarenje društvene uloge vodnoga gospodarstva nužno je osigurati adekvatne stručno-znanstvene temelje. Ti temelji obuhvaćaju tri segmenta:

i) Stvaranje baza podataka i razvoj vodnogospodarskog informacijskog sustava;

ii) Istraživanja, studije i projektna dokumentacija;

iii) Izobrazba kadrova za potrebe vodnoga gospodarstva.

Vodno gospodarstvo djelatnost je dugoročnog karaktera i vrlo je skupa. Zato je nužno da kvalitetna istraživanja i studije čine prvu fazu u realizaciji vodno-gospodarskih planova. Multidisciplinarni rad jedan je od bitnih zahtjeva suvremenosti u vodnomu gospodarstvu. Brzina tih promjena znatno je veća od dužine radnog vijeka. To upućuje na potrebu da se tijekom rada djelatnici neprekidno usavršavaju, kako bi usvojili znanja nužna za dobivanje optimalnih rješenja.

Provođenje politike održivog iskorištavanja vodnih resursa, zaštite voda i zaštite od štetnog djelovanja voda otvara čitav niz problema koji se ne mogu riješiti bez značajnih aktivnosti istraživača u oblasti hidrotehnike, a i specijalista iz različitih znanstvenih disciplina, kako bi se ostvarili ciljevi istraživanja.

5.2. Vrste istraživanja

Postoje velike razlike između zemalja u dostignutim razinama istraživanja, znanja i tehnologija koje trebaju podržati i omogućiti optimalno rješavanje problema održivog iskori-štavanja vodnih resursa. Pozitivni rezultati međunarodne suradnje na razini riječnih slivnih područja, regija ili međunarodnih organizacija očiti su i oni su katalizatori za nove međunarodne projekte [20]. Planiranje i upravljanje vodama u svakom dijelu predstavlja izazov za istraživače s obzirom na složenost fenomena koji proistječu iz interakcije prirodnih procesa i ljudskih aktivnosti u sektoru voda. Navode se istraživanja koja imaju posebnu težinu za integralno upravljanje vodnim resursima:

- Primjena suvremenih tehnologija i uređaja u procesima mjerenja, prikupljanja i obrade podataka, planiranja, upravljanja i donošenja odluka. Osnovni cilj istraživanja je modeliranje procesa na što jednostavniji i pristupačniji način;
- Unaprjeđenje prognostičkih modela, posebno za integraciju stohastičkih pojava i procesa. Poznavanje i procjena mogućih rizika u vodnom sektoru bitni su za donošenje odluka;
- Integracija istraživanja kakvoće površinskih i podzemnih voda, posebno s aspekta utjecaja ljudskih aktivnosti;
- Unaprjeđenje metoda i postupaka za kontrolu, praćenje procesa i ocjenu utjecaja vodnogospodarskih aktivnosti na okoliš;
- Određivanje indikatora za zaštitu okoliša, a time kakvoće vode i akvatičnog ekosustava, tj. graničnih vrijednosti za održivo iskorištavanje voda;
- Istraživanja riječnih procesa, erozije, transporta i taloženja nanosa u akumulacijama, kao i upravljanja nanosom;
- Unaprjeđenje metoda za upravljanje riječnim slivnim područjima polazeći od fizičkih i društveno-ekonomskih ograničenja.

Bez tih se istraživanja, tj. bez stvorenih znanstvenih i stručnih timova, tehničke opremljenosti, razvijenih informacijskih sustava, primjene suvremenih tehnologija i kontinuiranog ulaganja i financiranja u znanstveni potencijal i znanstvene institucije, ne mogu ostvariti osnovni ciljevi politike održivog razvoja vodnih resursa i vodnoga gospodarstva.

6. Zaključak

Stanje vodnoga gospodarstva posljedica je brojnih čimbenika koji su djelovali tijekom dužega vremena. Budućnost traži poduzimanje niza konkretnih koraka u sustavu mjera koje bi trebale osigurati poboljšanje institucionalnog statusa i financijskog položaja vodnoga gospodarstva. Integralno upravljanje vodnim resursima postavlja nove ciljeve, načela i standarde u stvaranju politike i potrebnom okruženju za njenu primjenu. Globalne i međunarodne konvencije, a posebno Okvirna direktiva o vodama Europske unije, predstavljaju bitne dokumente za aktivnosti u vodnom gospodarstvu. Uvođenje nove politike traži značajne promjene u dosadašnjoj praksi planiranja i upravljanja vodama, institucionalnoj organiziranosti, zakonskoj regulativi, financiranju itd. Potrebno je jačati stručno-znanstvene temelje vodnoga gospodarstva i integracije institucija koje se bave djelatnostima prikupljanja podataka, analiziranja, planiranja, projektiranja i upravljanja razvojem i funkcioniranjem vodnoga gospodarstva. Polazeći od osnovnih ciljeva holističkog pristupa upravljanja vodnim resursima definirani su bitni preduvjeti za njegovu implementaciju. Posebno je naglašena uloga znanstveno-istraživačkog

rada, jačanja informatičke podrške, sveobuhvatne primjene suvremenih tehnologija i međunarodne suradnje u aktivnostima koje su u funkciji primjene politike integralnog upravljanja vodnim resursima. Problematika gospodarenja vodama danas se rješava na osnovama sustavnog pristupa. Vodni resursi prostorno su i vremenski vrlo neravnomjerno raspoređeni, raspoloživa voda sve više postaje čimbenik ograničavanja gospodarskog i društvenog razvoja, pa prema tome i čimbenik politike. Potrebe za slatkom vodom stalno se povećavaju, i zato vode treba kontinuirano procjenjivati i pažljivim gospodarenjem sačuvati. Zajedničke akcije na lokalnoj, nacionalnoj i globalnoj razini mogu osigurati održivi razvoj. Vodnim resursima treba održivo upravljati.

7. Izvori

[1] Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. Official Journal L 327, 22.12.2000 P.0001.

[2] Eurostat, European Commission: http://europa.eu.int/comm/eurostat/Public/

[3] Gereš, D. (1995.): Integralno upravljanje vodama, Građevinar, 47(1995)7, 391-396.

[4] Gereš, D. (2002): Održivo iskorištavanje voda. Građevinar 54 (2002)6, 345-353.

[5] Gereš, D. (2003): Upravljanje potražnjom vode. Građevinar 55 (2003) 6, 329 -338.

[6] ICWE (1992.): International Conference on Water and the Environment, Development Issues for the 21-st Century, January 26-31, 1992, Dublin, ICWE Sec. and WMO, Switzerland, 1992.

[7] Meadows, D. H.; Meadows, D. L.; Randers J.; Behrens, W. W. (1972): The Limits to Growth: A Report for The Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New York, Earth Island, Universe Books. [8] Međunarodna banka za obnovu i razvoj / Svjetska banka (2003): Upravljanje vodnim resursima u jugoistočnoj Europi, dio II. (Odjeljenje za okolišno i socijalno održiv razvoj). Washington, DC, USA.

[9] Reidinger, R: (2001): World bank Policies and Sustainable Development in Water. Conference on Managing Change in Water Research Institutes, Peking.

[10] Serageldin, I. (1995.): Water Resources Management: A new Policy for a Sustainable Future. Water Resources Development, 11(3):221-231.

[11] Strosser, P. (2001): Utvrđivanje cijena vode u izabranim zemljama za pridruživanje Evropskoj uniji - Sadašnje politike i trendovi, u: Ekonomski instrumenti i politike voda u centralnoj i istočnoj EVropi. Regionalni centar za okoliš, Zagreb

[12] Svjetska banka -World Bank (1993): Water Resources Management. IBRD, Washington DC, USA.

[13] The 3rd World Water Forum, march 16-23, 2003, Kyoto, Shiga and Osaka, Japan. http://www.world.water-forum3.com.

[14] UNCED (1992.): UN Conference of Environment and Development - AGENDA 21. Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources, Application of Integrated Approches to the Development, Management and Use Water Resources. UN Geneve, 1992.

[15] UNESCO (1999): Susatainability Criteria for Water Resources Systems. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

[16] WCED (1987): Our Common Future. New York, OUN and Oxford Univ. Press.

[17] World Bank (2001): Global ecomnomic prospects and the developing countries, Washington D.C.

[18] World Summit on Sustainable Development, WSSD (2002): www.worldsummit2002.org

[19] World Water Development Report - UN WWDR (2003): www.unesco.org/water.

[20] World Water Council, (2000): World Water Vision (Making Water Everybody's Business), Earthscan Publications, London.

[21] Zakon o vodama Republike Hrvatske (1995. i 2005.). NN, 107/95, NN, 150/05.

[22] Strategija upravljanja vodama (2006). Hrvatske vode, Zagreb. http://www.voda.hr.

Autor:

Prof. dr. sc. Dragutin Gereš
Hrvatske vode, Zagreb
i profesor na Građevinskom fakultetu Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku
dgeres@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.14.

PRIJEDLOG PLANA UPRAVLJANJA SLIVNIM PODRUČJEM RIJEKE KRKE

Damir Jukić, Toni Carević, Mirjana Švonja

SAŽETAK: U sklopu Memoranduma o međusobnom razumijevanju između Nizozemske i Hrvatske realiziran je projekt pod nazivom Izrada okvira za formuliranje vodnogospodarskih planova na vodnim područjima obalnog pojasa Hrvatske. Kao pilot područje je odabran sliv rijeke Krke. Zbog zahtjeva Hrvatske za pristupanje EU i potrebe usklađivanja vodnog gospodarstva s relevantnim zakonodavstvom EU, sve planirane aktivnosti na izradi plana su usklađene s Okvirnom direktivom o vodama (2000/60/EC). Ciljevi projekta su bili: izrada prijedloga plana upravljanja vodnim područjem u obalnom pojasu koji će se moći koristiti kao predložak pri izradi planova u budućnosti, te edukacija i upoznavanje s osnovnim principima i zahtjevima direktive i preporukama Europskog parlamenta o integralnom upravljanju obalnim pojasom. Plan je izrađen u procesu otvorenog planiranja. Zbog nedostatka svih potrebnih informacija i nedovoljne usklađenosti zakonske regulative RH s regulativom EU, konačni prijedlog plana nije mogao biti izrađen u potpunosti u skladu sa svim zahtjevima direktive. Bez obzira na tu činjenicu, projekt je u potpunosti ispunio svoje osnovne ciljeve.

KLJUČNE RIJEČI: plan upravljanja riječnim slivom, Okvirna direktiva o vodama, monitoring, vodne cjeline, Krka,

PROPOSAL FOR RIVER BASIN WATER MANAGEMENT PLAN FOR THE RIVER KRKA

SUMMARY: Within the Memorandum of understanding between Croatia and Nederland, the project Development of a framework for the formulation of regional water management plans in the coastal districts of Croatia was implemented during the years 2005 and 2006. The river Krka basin was chosen as the pilot area. Because of the access of Croatia to EU and consequently the needs for harmonization of Croatian water management with EU legislation, all activities on this project were harmonized with the requirements of Water Framework Directive (2000/60/EC). Objectives of this project were: development of a river basin water management plan for coastal area which will be used as a framework for elaboration of water management plans in future, as well as education and introduction to the basic principals and requirements of the Directive and the integral coastal zones management. The plan was elaborated in the open planning process. Because of the lack of all necessary information and the insufficient harmonization of Croatian legislation with EU legislation, the final result - water management plan could not follow all requirements of the Directive. Nevertheless, this project fulfilled completely all basic objectives.

KEYWORDS**:** river basin water management plan, Water Framework Directive, monitoring, water bodies, river Krka

1. OPĆENITO O PROJEKTU

U sklopu Memoranduma o međusobnom razumijevanju između Nizozemske i Hrvatske tijekom 2005. i 2006. godine realiziran je projekt pod nazivom Izrada okvira za formuliranje vodnogospodarskih planova na vodnim područjima obalnog pojasa Hrvatske. Kao pilot područje je odabran sliv rijeke Krke. Ciljevi projekta su bili: izrada prijedloga plana upravljanja vodnim područjem u obalnom pojasu koji će se moći koristiti kao predložak pri izradi planova u budućnosti, te edukacija i upoznavanje s osnovnim principima i zahtjevima Okvirne direktive o vodama [1] i preporukama Europskog parlamenta o integralnom upravljanju obalnim pojasom. Zbog zahtjeva Hrvatske za pristupanje EU i potrebe usklađivanja vodnog gospodarstva s relevantnim zakonodavstvom EU, sve planirane aktivnosti na izradi plana su usklađene s direktivom [1] i pratećim smjernicama Europske komisije.

Tijekom realizacije projekta, između ostalog, izvršene su slijedeće aktivnosti: (1) izrađen je opis općih značajki kopnenih prijelaznih i priobalnih voda predmetnog sliva koji podrazumijeva: definiranje vodnih cjelina površinskih i podzemnih voda, tipova površinskih voda, referentnih uvjeta i normativnih definicija za klasifikaciju ekološkog stanja; (2) izvršena je procjena ekološkog i kemijskog stanja vodnih cjelina površinskih voda, te količinskog i kemijskog stanja vodnih cjelina podzemnih voda; (3) izrađen je sažeti prikaz svih značajnih pritisaka i utjecaja ljudske djelatnosti na stanje površinskih i podzemnih voda; (4) identificirane su potrebe za vodom i način njihovog podmirenja kao i potrebe zaštite od štetnog djelovanja voda; (5) izrađen je plan monitoringa kakvoće i količine voda, (6) definirani su ciljevi zaštite okoliša za površinske vode, podzemne vode i zaštićena područja te napravljena procjena rizika ispunjenja tih ciljeva; (7) izrađen je prijedlog programa mjera potrebnih za postizanje traženih ciljeva zaštite okoliša kao i registar svih detaljnijih programa i planova upravljanja vodnim područjem. Prijedlog tipologije s referentnim uvjetima i normativnim definicijama za klasifikaciju ekološkog stanja prijelaznih i priobalnih voda rađen je u suradnji s Institutom za oceanografiju i ribarstvo iz Splita [2], dok je prijedlog tipologije s referentnim uvjetima i normativnim definicijama za klasifikaciju ekološkog stanja kopnenih voda rađen u suradnji s Prirodoslovno-matematičkim fakultetom iz Zagreba [3]. Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju iz Zagreba, definirao je cjeline podzemnih voda, izvršio njihovu karakterizaciju i procjenu količinskog i kemijskog stanja [4].

Zbog ograničenosti prostora za prezentaciju plana u ovom članku, težište će biti stavljeno na prezentaciju dijela rezultata koji su nastali uglavnom kao rezultat rada projektnog tima Hrvatskih voda.

2. PLAN UPRAVLJANJA

Sadržaj prijedloga Plana upravljanja slivom rijeke Krke [5] je usklađen s odredbama direktive [1] i Zakona o vodama (NN150/2005) koje propisuju područje obuhvata planova upravljanja vodnim područjima. Dakle, osim elemenata koji su propisani Dodatkom VII direktive [1], plan sadrži također i dodatna dva poglavlja koja obrađuju problematiku identifikacije i podmirenja potreba za vodom te zaštite od poplava i drugih štetnih djelovanja voda u skladu sa zahtjevima članka 21. Zakona o vodama (NN150/2005).

Plan je izrađen u procesu otvorenog planiranja a sastavni dio plana je sažetak svih poduzetih mjera za informiranje i konzultiranje javnosti te njihovih rezultata i promjena koje su iz toga proistekle.

Za potrebe izrade plana, slivno područje rijeke Krke je podijeljeno na ukupno 22 cjeline površinskih voda (slika 1.). Na priobalnim vodama nalaze se dvije vodne cjeline: Šibenski kanal i Zaljev Morinje. Na prijelaznim vodama se nalazi 5 vodnih cjelina: Južni dio Šibenskog zaljeva, Sjeverni dio Šibenskog zaljeva, Prokljansko jezero, Krka kod Skradina i Krka nizvodno od Skradinskog buka. Preostalih 15 vodnih cjelina se nalazi na kopnenim vodama, to su: Kanjon Goduče, Goduča uzvodno od Lađevaca s pritocima, Visovačko jezero, Kanjon Čikole, Čikola u Petrovom polju, Vrba, Kanjon Krke, Krka kod Knina, Butišnica nizvodno od HE Golubić, Butišnica uzvodno od HE Golubić, Radljevac, Orašnica, Kosovčica, Krka uzvodno od ušća Kosovčice te Krčić.

Procjena ekološkog stanja površinskih kopnenih voda je izvršena koristeći: referentne uvjete i normativne definicije za klasifikaciju ekološkog stanja kopnenih voda iz studije [2], rezultate jednokratnih terenskih i laboratorijskih istraživanja fizikalno-kemijskih obilježja vode i biocenotičkih obilježja zajednica koji su obavljeni za potrebe izrade studije [2], te rezultate nacionalnog monitoringa koji se kontinuirano provodi na državnim vodama. Procjena ekološkog stanja prijelaznih i priobalnih voda je izvršena koristeći: referentne uvjete i normativne definicije za klasifikaciju ekološkog stanja iz studije [3] i rezultate monitoringa provedenog za potrebe projekta Jadran i Vir-Konavle. Uspoređujući referentne uvjete i granice klasa za pojedine tipove voda s utvrđenim stanjem fizičko-kemijskih i biocenotičkih obilježja, procijenjen je ekološki status svih cjelina površinskih voda u slivu rijeke Krke. Rezultati su pokazali da u slivu rijeke Krke nema vodnih cjelina s vrlo dobrim stanjem voda dok umjereno dobro stanje imaju 3 vodne cjeline unutar Nacionalnog parka Krka (zbog strogih zahtjeva za kakvoćom voda) i Južni dio Šibenskog zaljeva (zbog otpadnih voda grada Šibenika).

S obzirom da granične vrijednosti klasa za dobro i loše kemijsko stanje površinskih voda nisu službeno definirane, kemijski status površinskih voda je procijenjen uzimajući u kao mjerodavan Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN182/04), odnosno pretpostavljeno je da dobro kemijsko stanje imaju vode koje se mogu direktno koristiti za piće. Nažalost, parametri kemijskog stanja površinskih kopnenih voda su do sada mjereni u slivu rijeke Krke samo na dvije postaje (Krka-Knin nizvodno i Krka-Skradinski buk) te je stoga kemijsko stanje površinskih kopnenih voda poznato samo za vodne cjeline: Krka kod Knina i Visovačko jezero. Prema prethodno usvojenom kriteriju obje spomenute vodne cjeline imaju „dobro kemijsko stanje". Zbog nepouzdanosti rezultata monitoringa, povremena prekoračenja maksimalno dozvoljenih koncentracija pojedinih teških metala nisu uzeta u obzir.

Analiza pritisaka na okoliš uslijed ljudske djelatnosti je provedena u tri koraka. U prvom koraku su evidentirani svi pritisci koji se nalaze u slivu rijeke Krke, uključujući: točkaste i raspršene izvore zagađenja, zahvaćanja voda, regulacije vodotoka te morfološke promjene. Nakon evidentiranja svih pritisaka, definirani su kriteriji za odabir značajnih pritisaka. Pri definiranju kriterija za točkaste i raspršene izvore zagađenja pridržavalo se osnovnog principa da su značajni pritisci oni za koje postoje propisane određene obveze prema važećoj EU regulativi, dok su za procjenu veličine i utjecaja ostalih pritisaka korištene ekspertne procjene. U trećem koraku su na osnovu prethodno definiranih kriterija identificirani svi značajni pritisci u slivu.

Ciljevi zaštite okoliša za površinske i podzemne vode te zaštićena područja u potpunosti su preuzeti iz članka 4. direktive [1], te obuhvaćaju: (1) sprječavanje pogoršanja stanja površinskih voda, (2) postizanje najmanje dobrog ekološkog i kemijskog stanja ili dobrog ekološkog potencijala površinskih voda, (3) smanjenje zagađenja prioritetnim tvarima, (4) prestanak ili postupno isključivanje emisije opasnih tvari, (5) sprječavanje ili ograničenje

unošenje zagađivala u podzemne vode, (6) sprječavanje pogoršanja stanja podzemnih voda, (7) postizanje dobrog kemijskog i količinskog stanja podzemnih voda, (8) promjene značajnih i ustrajnih trendova povećanja koncentracija zagađenja u podzemnim vodama, te (9) postizanje suglasnosti sa svim standardima i ciljevima zaštite okoliša propisanim EU regulativom za zaštićena područja. U obzir su uzeti i ciljevi navedeni u Državnom planu za zaštitu voda (NN8/99) koji su uglavnom u suglasnosti s ciljevima direktive [1], a to su: (1) sačuvati površinske i podzemne vode koje su još čiste (svrstane su u I kategoriju voda), (2) zaustaviti trendove pogoršanja kakvoće voda, (3) sanirati i uklonit izvore onečišćenja prvenstveno na postojećim i planiranim izvorištima pitke vode, kao i drugim mjestima gdje se voda koristi za namjene za koje je potrebno osigurati II ili III kategoriju vode (industrija, poljoprivreda, ribnjačarstvo, rekreacija itd.), te (4) sustavni nadzor nad izvorima onečišćavanja voda, mogućim iznenadnim zagađenjima i uspostava preventivnih mjera za sprječavanje iznenadnih zagađenja. S obzirom na nedostatak svih potrebnih podataka i informacija te činjenicu da se radilo o pilot projektu, detaljniji ciljevi zaštite okoliša specifični za pojedine vodne cjeline nisu definirani.

Prema direktivi [1], procjena utjecaja na okoliš identificiranih značajnih pritisaka odnosi se na vjerojatnosti da će vodne cjeline zadovoljiti sve prethodno navedene ciljeve zaštite okoliša odnosno na opasnost da pojedine vodne cjeline neće postići traženo ekološko ili kemijsko stanje. Na temelju tih procjena izdvajaju se tzv. rizične vodne cjeline. Uslijed nedostatka svih potrebnih informacija nije bilo moguće sa sigurnošću utvrditi da li su pojedine vodne cjeline rizične te su stoga za potrebe izrade predmetnog plana cjeline svrstavane u tri grupe: „rizične“, „moguće rizične“ i „nerizične“; gdje su u „moguće rizične“ svrstavane one vodne cjeline za koje nije moguće sa sigurnošću potvrditi da nisu rizične. Rezultati su pokazali da u slivu nema „rizičnih“ vodnih cjelina dok je kao „moguće rizično“ identificirano šest cjelina, to su tri cjeline koje se nalaze u području ušća rijeke Krke (Južni dio Šibenskog zaljeva, Sjeverni dio Šibenskog zaljeva i Prokljansko jezero gdje postoji opasnost od eutrofikacije), te tri vodne cjeline koje se nalaze unutar Nacionalnog parka Krka (Krka nizvodno od Skradinskog buka, Visovačko jezero i Kanjon Krke gdje se zbog očuvanja prirodnih vrijednosti zahtijeva visoka kakvoća vode).

S ciljem postizanja prethodno definiranih ciljeva, plan predviđa niz mjera koje su u potpunosti usklađene sa zahtjevima direktive [1], međutim, uslijed nedostatka svih potrebnih informacija, dopunske mjere definirane u Dodatku VI, Dio B direktive [1], čija implementacija se preporuča ali nije obvezna, nisu razmatrane. Planom su definirane samo osnovne mjere propisane u točki 3. članka 11. direktive [1] među kojima se kao prioritetne izdvajaju slijedeće:

- unaprjeđenje upravljanja javnim vodnogospodarskim sustavima gdje zbog prolongiranja zahvaćanja površinskih voda s Visovačkog jezera Šibenski vodovod treba imati prioritet u realizaciji ove mjere,
- skup mjera na zaštiti pitkih voda koje uključuju: uspostavu zona sanitarne zaštite za Visovačko Jezero, osiguranje rezervnih izvora opskrbe vodom za sve vodoopskrbne sustave koji su vezani na samo jedan zahvat, uspostavu zona sanitarne zaštite za rezervne izvore, uspostavu monitoringa izvorskih voda, te bilateralni sporazum s Bosnom i Hercegovinom o zaštiti izvora Šimića vrelo u sklopu kojeg bi trebalo predvidjeti uspostavu monitoringa kakvoće voda u području ponorske zone Pašića polja,
- izrada stručnih podloga i definiranje bioloških minimuma za HE Golubić, HE Miljacka, HE Roški slap i HE Jaruga,
- izgradnja kanalizacijskih sustava i uređaja za pročišćavanje gdje su, zbog zaštite Nacionalnog parka Krka i uzgajališta školjki, prioriteti izgradnja kanalizacijskih

sustava i uređaja za pročišćavanje Knina i Drniša te dovršetak kanalizacijskog sustava Šibenika,

– skup mjera kontrole raspršenih izvora zagađenja koje uključuju: definiranje zona primjene "Kodeksa dobre poljoprivredne prakse" i uspostavu monitoringa kakvoće površinskih voda s eventualnih budućih melioracijskih površina s intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom.

3. ZAKLJUČAK

Konačni rezultat cjelokupnog projekta je prijedlog Plana upravljanja slivnim područjem rijeke Krke [5] koji je, s formalnog aspekta, izrađen u skladu sa zahtjevima Dodatka VII direktive [1] i članka 21. Zakona o vodama (NN150/2005). Ipak, predmetni plan nije mogao biti u potpunosti izrađen u skladu sa svim zahtjevima spomenute regulative s obzirom da neki osnovni preduvjeti nisu bili ispunjeni. Tu se prije svega misli na slijedeće:

– neusklađenost zakonske regulative RH iz područja vodnog gospodarstva sa zakonskom regulativom EU,
– nedostatak osnovnih informacija vezanih za prioritetne tvari i biološke parametre potrebnih za definiranje potpunijeg programa mjera,
– nedostatak kadra, ekonomskih parametara i indikatora neophodnih za provođenje ekonomskih analiza u skladu sa zahtjevima direktive [1],
– nepostojanje službeno verificirane i prihvaćene tipologije voda i granice klasa za procjenu ekološkog stanja voda,
– nepostojanje službeno proglašenih zaštićenih područja u skladu sa zahtjevima direktive [1],
– nedostatak strateške i planske dokumentacije koja služi kao osnova za izradu planova upravljanja vodnim područjima,
– nepotpuna definiranost uloge i podjele zadataka između regionalnog i nacionalnog nivoa pri izradi planova upravljanja vodnim područjima.

Bez obzira na tu činjenicu, projekt je u potpunosti ispunio svoje osnovne ciljeve. Naime, predmetni pilot projekt je bio uspješan s nekoliko aspekata:

– projekt je u prvom redu bio edukacijski, kako za projektni tim Hrvatskih voda koji je radio na izradi plana tako i za sve ostale sudionike u projektu uključujući i tzv. stakeholdere, te su tijekom njegove realizacije stečena vrlo vrijedna iskustva za buduća planiranja,
– projekt je pokazao praktične mogućnosti i načine implementacije direktive [1] te moguće posljedice njene implementacije,
– tijekom realizacije projekta uspostavljeni su radni kontakti među sudionicima procesa planiranja koji mogu biti osnova za buduću izradu planova u procesu otvorenog planiranja,
– identificirani su nedostaci i potrebe za dodatnim podacima u procesu planiranja,
– identificirani su kadrovski nedostaci i potrebe.

LITERATURA:

1. Okvirna direktiva o vodama (Water Framework Directive, 2000/60/EC).

2. Prijedlog tipova prijelaznih i priobalnih voda na Vodnom području dalmatinskih slivova, referentni uvjeti i procjena ekološkog stanja prijelaznih i priobalnih voda rijeke Krke i šibenskog primorja“, Institut za oceanografiju i ribarstvo - Split, 2006.

3. Procjena ekološkog stanja površinskih kopnenih voda sliva rijeke Krke na Vodnom području dalmatinskih slivova, Prirodoslovno-matematički fakultet - Zagreb, 2006.

4. Program istraživanja podzemnih voda na Jadranskom slivu, Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju - Zagreb, 2006.

5. Plan upravljanja slivom rijeke Krke, Hrvatske vode - VGO Split, 2006.

AUTORI:

Dr.sc. Damir Jukić
Hrvatske vode VGO Split, Vukovarska 35, Split,
tel.: +38521309440, e-mail: damir.jukic@voda.hr

Mr.sc. Toni Carević,
Hrvatske vode VGO Split, Vukovarska 35, Split,
tel.: +38521309436, e-mail: toni.carevic@voda.hr

Mr.sc. Mirjana Švonja
Hrvatske vode VGO Split, Vukovarska 35, Split,
tel.: +38521309439, e-mail: mirjana.svonja@voda.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.15.

PRIMJENA EKSPERTNIH SUSTAVA U GOSPODARENJU VODAMA

Barbara Karleuša, Boris Beraković, Nevenka Ožanić

SAŽETAK: U radu su dane osnove oblikovanja ekspertnih sustava i njihovog korištenja. Analizirana je dosadašnja primjena ekspertnih sustava u gospodarenju vodama na više primjera iz svijeta, iz kojih se uočava mogućnost primjene ekspertnih sustava na problematiku gospodarenja voda u cjelini, kao i u različitim segmentima gospodarenja vodama: vodoopskrbi, odvodnji i pročišćavanju otpadnih voda, navodnjavanju, itd. Istaknute su koristi koje se mogu ostvariti primjenom ekspertnih sustava, kao i njihova ograničenja u korištenju te navedeni preduvjeti koji moraju postojati da bi se navedena tehnologija mogla primijeniti. Cilj je rada skrenuti pažnju na ekspertne sustave kao jednog od postojećih alata čijom se primjenom može doprinijeti unapređenju gospodarenja vodama, pogotovo danas u eri visokorazvijene računalne tehnologije.

KLJUČNE RIJEČI: ekspertni sustav, gospodarenje vodama, pravila

EXPERT SYSTEMS IN WATER MANAGEMENT

SUMMARY: In the paper the basics of expert systems design and their use are given. The use of expert systems in water management is analysed on examples from the world. From this analysis the possibility of implementation of expert systems on water management problematic (in general, an also in water management segments as water supply, sewage, and wastewater treatments, irrigation, etc.) is shown. The advantages that can be achieved by use of expert systems, their limitations in use and preconditions that must exist so that the explained methodology might be used are given in the paper. The goal of this paper is to draw attention to expert systems as one of existing tools which use could contribute to water management improvement, especially today in the era of highly developed computer technology.

KEYWORDS: expert systems, water management, rules

1. UVOD

Voda je egzistencijalna potreba čovjeka i osnovni čimbenik koji uvjetuje razvoj ljudskog društva. Danas se bogatstvo zemalja diljem svijeta može vrednovati preko količina i kakvoće vode kojom raspolažu. Stoga je gospodarenje vodama važan element u razvoju svake zemlje i treba ga temeljiti na integralnom pristupu u skladu s održivim razvojem, odnosno na multidisciplinarnom i interdisciplinarnom pristupu uz usklađivanje strategija gospodarenja vodama sa strategijama razvoja društva (uključujući prostorno uređenje,

planiranje prometne infrastrukture itd.) vodeći računa o zaštiti okoliša i vode kao dijela okoliša.

Gospodarenje vodama je, u većini zemalja u svijetu, propisano nizom zakonskih odredbi u cilju kontroliranog korištenja, održanja i zaštite vodnih resursa. Također kvalitetnije gospodarenje vodama može se očekivati ukoliko se primijeni sustavni pristup. Pri tome treba uzeti u obzir da se planiranje, projektiranje, izvođenje, upravljanje i kontroliranje vodnogospodarskih sustava može prikazati nizom pravila. Iz navedenog proizlazi da za gospodarenje vodama postoji niz pravila čija primjena osigurava kvalitetnije gospodarenje vodnim resursima.

Takva struktura problematike pogodna je za primjenu ekspertnih sustava. Koji mogu kao alat pomoći u unapređenju gospodarenja vodama.

U svijetu postoji značajna primjena ekspertnih sustava u gospodarenju vodama stoga se ovim radom želi istaknuti mogućnost njihove primjene na različitim segmentima gospodarenja vodama u cilju približavanja navedenog alata široj hidrotehničkoj struci u Hrvatskoj.

1. OSNOVE EKSPERTNIH SUSTAVA

Prije samog pregleda mogućeg korištenja ekspertnih sustava na problematici gospodarenja vodama potrebno je dati osnove razvoja i rada ekspertnih sustava.

Ekspertni sustavi su razvijeni računarski programi koji oponašaju, ili barem pokušavaju oponašati, ljudsko razmišljanje i sposobnost rješavanja problema korištenjem baza podataka i pravila iz željene domene. Ovakvi sustavi su pogodni za rješavanje loše strukturiranih problema, kao što su problemi gospodarenja vodama, jer se njihovo rješavanje može temeljiti na heurističkim pravilima i empirijskim znanjima. Njima je moguće povezivati u jednu cjelinu matematičke modele, empirijska znanja i ocjene eksperata, inženjersku intuiciju, heuristička pravila i potrebne informacije, kako bi se na osnovi odgovarajućeg generatora zaključaka donositelju odluke mogao pružiti koristan savjet koji će mu pomoći da donese najpovoljniju odluku.

Pod pojmom ekspertni sustavi ističu se dva osnovna tipa ekspertnih sustava [21]:

- ekspertni sustavi temeljeni na znanju,
- ekspertni sustavi temeljeni na neuralnim mrežama.

Često se može u primjeni ekspertnih sustava uočiti korištenje tzv. hibridnih ekspertnih sustava koji obuhvaćaju u jednom modelu ekspertne sustave temeljene na znanju i neuralne mreže pa se takvi modeli nazivaju ekspertne mreže.

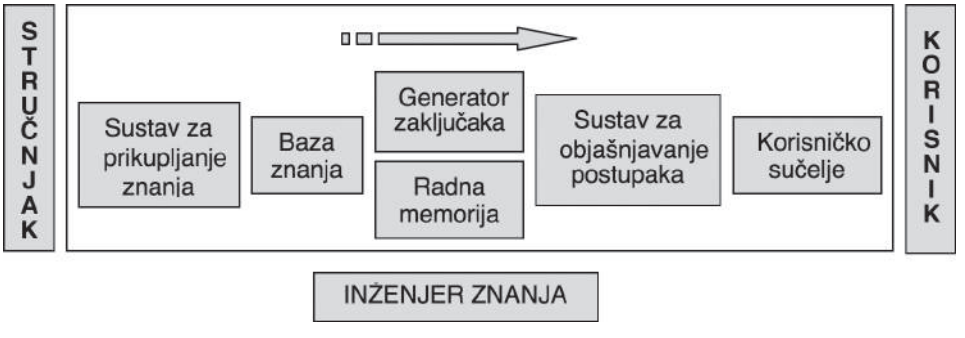
U ovom radu težište će se dati na ekspertne sustave temeljene na znanju, odnosno na pravilima.

Ekspertni sustavi temeljeni na znanju koriste znanje o tehnikama, informacijama, pravilima i procesima rješavanja problema stručnjaka za određena područja. Oni omogućuju spremanje znanja i koriste se prema [19] za:

- pružanje stručne podrške ukoliko nema stručnjaka u blizini,
- oslobađanje stručnjaka od rješavanja lakših problema tako da se oni mogu posvetiti složenijim,
- spremanje znanja koje bi se inače moglo izgubiti kada neki stručnjak ode u mirovinu, da otkaz i sl.,

- podizanje stupnja stručnosti manje stručnim zaposlenicima,
- smanjenje troškova obrazovanja novih zaposlenika,
- osiguranje da se stručnost primjenjuje jednoliko, objektivno i konzistentno,
- automatiziranje stručnosti koja se može prikazati kao proizvod ili usluga i sl.

Ekspertni sustavi se sastoje od šest sustava [13]: sustava za sakupljanje znanja, baze znanja, radne memorije, sustava za zaključivanje/generatora zaključaka, sustava za objašnjavanje postupaka i korisničkog sučelja, dok su tri «osobe» uključene u razvoj, održavanje i rad ekspertnog sustava: korisnik - osobe kojima je namijenjen ekspertni sustav i koje će se njime koristiti preko korisničkog sučelja, stručnjak (ekspert) - osoba ili izvor znanja (npr. literatura) na temelju čijeg znanja će se oformiti eksperti sustav i inženjer znanja - osoba koja će na temelju znanja stručnjaka složiti ekspertni sustav i kasnije ga održavati i ažurirati, moguće je da inženjer znanja bude ujedno i stručnjak (slika 1). Zaključivanje se provodi na temelju baze znanja i definiranih IF-THAN pravila.



Slika 1.: Shema ekspertnog sustava

Ekspertni sustav se može graditi korištenjem programskih jezika (Lisp, Prolog, C, Pascal, C++, Java, Visual Basic i drugi) ili korištenjem ekspertnih ljuski.

Oblikovanje ekspertnog sustava može se općenito prikazati slijedećim koracima:

- definiranje problema kojeg treba rješavati,
- pronalazak izvora znanja i sakupljanje znanja,
- oblikovanje ekspertnog sustava,
- odabir alata, ljuske ili programskog jezika,
- razvoj ekspertnog sustava,
- verifikacija razvijenog ekspertnog sustava i usavršavanje,
- održavanje, ažuriranje i dopunjavanje podataka.

2. PRIMJENA EKSPERTNIH SUSTAVA U GOSPODARENJU VODAMA

Primjena ekspertnih sustava u gospodarenju vodama danas je u svijetu vrlo raširena. Analizom dostupnih podataka iz literature uključujući Internet (pretežno bazu www.sciencedirect.com) u nastavku se navode neki od ekspertnih sustava razvijenih u svijetu u okviru gospodarenja vodama:

- za korištenje voda:

- za vodoopskrbu:
  - EXPLORE (ekspertni sustav za upravljanje vodoopskrbnim sustavom) [11]
  - WATER ADVISOR (ekspertni sustav za monitoring i upravljanje vodoopskrbnim sustavima) [5]
- za navodnjavanje:
  - NEPER (ekspertni sustav za upravljanje sustavom za navodnjavanje pšenice) [16],
  - Ekspertni sustav za ocjenu plana navodnjavanja [12]
  - Ekspertni sustav za uštedu vode za navodnjavanje [20]
  - SIMDSS (Surface Irrigation Management Decision Support System, ekspertni sustav za upravljanje sustavima za navodnjavanje prelijevanjem) [14],
  - Ekspertni sustav za upravljanje sustavom za navodnjavanje pivskog ječma [3] i dr.

- za zaštitu od poplave i erozije:
  - Ekspertni sustav za upravljanje akumulacijom za vrijeme poplave [9]
  - ImpelERO (ekspertni sustav za određivanje erozije na poljoprivrednim površinama) [7]
  - FLOOD ADVISOR (ekspertni sustav za pomoć u određivanju poplavnih valova) [13]
  - EXSRM (Expert Snowmelt-Runoff Model, ekspertni sustav za određivanje otjecanja vode nastale otapanjem snijega sa brdovitih slivnih površina) [13]
- za zaštitu vodnih resursa od onečišćenja:
  - LIMPACT (ekspertni sustav za određivanje stupnja kontaminacije vodotoka) [15]
  - Ekspertni sustav za upravljanje uređajima za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda [17]
  - HABES (Harmful Algal Bloom Expert System, ekspertni sustav za predikciju koncentracije biomase u eutrofičnim jezerima) [6]
  - Flexible Liner Expert (ekspertni sustav za procjenu zagađenja podzemnih voda i tla) [13]
  - QUAL2E Advisor (ekspertni sustav za određivanje utjecaja ispuštanja zagađenja na vodotoke) [13]
  - SEPIC (ekspertni sustav koji obuhvaća zakone i pravila koja propisuju ispuštanje otpadnih voda na privatnim parcelama- septički sustavi) [13]
  - Active Sludge Diagnosis (ekspertni sustav za pomoć u upravljanju uređajima za pročišćavanje otpadnih voda) [13]
  - DEMOTOX (ekspertni sustav za određivanje rizika kontaminacije podzemnih voda organskim kemikalijama) [13]
  - WASES (Wellhead Area Source Evaluation System, ekspertni sustav za rangiranje po prioritetu postojećih izvora onečišćenja u zaštitnim zonama)
  - EXPRES (Expert System for Pesticide Regulatory Evaluations and Simulations, ekspertni sustav za određivanje potencijalnog rizika od zagađenja podzemnih voda pesticidima) [4]
  - ESES-GW (Environmental Sampling Expert System for Ground Water, ekspertni

sustav za izbor odgovarajućeg načina uzimanja uzoraka, izbor opreme i sl.) [4]

- EPAS (Expert Process Advisory System, ekspertni sustav koji daje podršku projektantima u sprečavanju onečišćenja tako da ih informira o posljedicama njihovih rješenja na okoliš) [4] i niz drugih.

U nastavku daje se pregled najinteresantnijih i najrecentnijih ekspertnih sustava razvijenih u cilju unapređenja gospodarenja vodama.

Ekspertni sustav pod nazivom EXPLORE razvijen je za upravljanje vodoopskrbnim sustavom grada Seville u Španjolskoj [11]. S obzirom na složenost sustava (pet brana, devetnaest vodosprema, dva uređaja za kondicioniranje vode i sedamnaest crpnih stanica) i cijenu struje koja se temelji na četiri tarife, upravljanje sustavom se provodilo na osnovi iskustva zaposlenika, ali bez zapisanih pravila upravljanja i bez bilježenja podataka o upravljanju. Ekspertni sustav je primijenjen da bi se optimiziralo korištenje sustava u cilju zadržavanja sigurnosti vodoopskrbe uz manje troškove električne energije. Analizirana su znanja zaposlenika te uz znanja autora oblikovana pravila za upravljanje sustavom. Dokazano je da primjena ekspertnog sustava na primjeru upravljanja danim vodoopskrbnim sustavom može dovesti do smanjenja pogonskih troškova crpnih stanica do 25%.

Ekspertni sustav WATER ADVISOR razvijen je kao savjetodavni alat koji pruža podršku u nadgledanju vodoopskrbnog sustava i donošenju odluka vezanih uz upravljanje vodoopskrbnim sustavom [5]. Primijenjen je na vodoopskrbnom sustavu grada Regina u Sjevernoj Americi, kojeg tvore: jezero, bunari, uređaj za kondicioniranje vode, tri crpne stanice i pet vodosprema. Iako je sustav automatiziran korištenjem PLC-a (Programmable Logic Controllers) i SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sustava postoji i potreba za donošenjem odluka temeljenih na ekonomskim, ekološkim-okolišnim i socijalnim faktorima, a koje donosi dispečer-zaposlenik. Ekspertni sustav je razvijen na osnovi heurističkih stručnih znanja zaposlenika-stručnjaka.

NEPER ekspertni sustav za upravljanje sustavom za navodnjavanje pšenice u Egiptu razvijen je 90-tih godina prošlog stoljeća [16]. Služi kao savjetodavni alat za: izbor odgovarajuće sorte usjeva, pripremu poljoprivrednog zemljišta, definiranje rasporeda navodnjavanja i prihranjivanja, kontrolu štetočina i korova, provođenje žetve, dijagnosticiranje bolesti i sugeriranje odgovarajućeg tretmana.

U cilju kontrole zagađenja vode pesticidima s poljoprivrednih površina Novog Zelanda formiran je sustav za podršku u odlučivanju koji određuje utjecaj određenog plana navodnjavanja na vodne resurse analiziranog područja [12]. Navedeni sustav za potporu u odlučivanju koriste nadležni službenici za donošenje odluke o prihvaćanju plana navodnjavanja, ali ga mogu koristiti i sami poljoprivrednici. Svaki plan kojeg poljoprivrednik donosi na kontrolu analizira se danim sustavom za potporu u odlučivanju. Sustav sadrži podatke o tlu, simulacijski model i stablo za donošenje odluke. Ekspertni sustav služi kao most između korisnika sustava za podršku u odlučivanju i simulacijskog modela. Preko upita ekspertnog sustava određuju se ulazi za simulacijski model. Na taj način korisnik ne mora imati stručno znanje potrebno za direktno korištenje simulacijskog modela.

U cilju zaštite od voda razvijen je ekspertni sustav za upravljanje jednonamjenskom akumulacijom u realnom vremenu [9]. Navedeni ekspertni sustav testiran je na akumulaciji Rožnow na rijeci Dunajec u Poljskoj.

Za procjenu erozije tla razvijen je hibridni model ImpelERO, koji se sastoji od ekspertnog sustava temeljenog na znanju i neuralne mreže [7]. Za razvoj modela analizirano je 237 poljoprivrednih jedinica koje predstavljaju 34 značajna područja s aspekta prirodnog

resursa-tla, za pet tradicionalnih usjeva u Andaluzijskoj regiji u južnoj Španjolskoj. Na temelju podataka dobivenih s poljoprivrednih jedinica ekspertnim sustavom su sve jedinice kategorizirane po jačini erozivnog procesa, dok je neuralna mreža korištena za uspostavljanje veze između poljoprivredne površine i gospodarenja njom (preko niza parametara) i izlaza - indeksa osjetljivosti na eroziju tla.

Najviše ekspertnih sustava za gospodarenje vodama danas je vezano uz zaštitu voda (npr. za probleme pročišćavanja otpadnih voda, kontrole kakvoće voda, procjene rizika od onečišćenja vodnih resursa uslijed ispuštanja otpadnih voda ili ispiranja pesticida s poljoprivrednih površina i sl.).

Ekspertni sustav LIMPACT je razvijen za određivanje kontaminacije vodotoka, u čijem se slivu nalaze poljoprivredne površine, pesticidima [15]. Na osnovi bentičkih beskičmenjaka (39 vrsta) i još devet osnovnih pokazatelja kakvoće vode i morfoloških parametara ekspertni sustav određuje kategoriju kontaminacije: nekontaminiran, slabo, srednje i jako kontaminiran vodotok.

S obzirom na složenost pročišćavanja industrijskih otpadnih voda, za takve probleme potrebno je široko znanje (kemija, tehnologija procesa, kontrola procesa, obrada informacija i pokazatelja i sl.). Integrirano korištenje tih znanja zahtijeva razvoj alata i postupaka za kontrolu i upravljanje kemijskim procesima u realnom vremenu. U radu [17] prikazano je nekoliko aspekata ekspertnog sustava za kontrolu i uočavanje problema u procesu pročišćavanja otpadnih industrijskih voda u realnom vremenu. Takav ekspertni sustav poboljšava rad (sigurnost, pouzdanost, efikasnost) uređaja za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda i može pomoći u stručnom usavršavanju zaposlenika na takvim uređajima.

Definiranje ciljeva u planiranju gospodarenja vodama predstavlja važan korak. U radu [1] prikazan je ekspertni sustav koji se temelji na znanju autora rada i intervjuiranih stručnjaka i čija je svrha pružanje savjeta planerima u fazi definiranja ciljeva gospodarenja vodama na području koje se obrađuje (državno, vodno ili slivno područje).

Jedan od najznačajnijih sustava za podršku u planiranju gospodarenja vodama je WATER WARE objektno-orijentiran informacijski sustav za podršku u odlučivanju gospodarenja slivnim područjem koji integrira korištenje GIS-tehnologije, tradicionalnih modela proračuna, simulacijskih i optimizacijskih modela i ekspertnih sustava [8]. WATER WARE je primjenjen na problematici gospodarenja vodom rijeka Temze (Velika Britanija) i Kelantan (Malezija), vodnih resursa u Palestini i dr.

Ideja o primjeni ekspertnih sustava u Hrvatskoj obrađivana je u sklopu Znanstvenog projekta Građevinskog fakulteta u Zagrebu pod nazivom: «Primjena ekspertnih sustava u vodoprivredi Hrvatske». Neovisno o navedenom projektu primjenjivost ekspertnih sustava ispitana je i u istraživanjima koja slijede, pa je tako mogućnost korištenja ekspertnog sustava temeljenog na neuralnoj mreži u cilju identifikacije vodenih površina na satelitskim snimcima prikazana u radu [2]; dok je mogućnost primjene ekspertnog sustava temeljenog na znanju i ekspertnog sustava temeljenog na neuralnoj mreži u upravljanju sustavima urbane odvodnje, analizirana na primjeru kanalizacijskog sustava grada Osijeka [18]. Uz navedene razvijeni su: ekspertni sustav za podršku u planiranju gospodarenja vodama kojeg je moguće koristiti za potporu u procesu izrade plana, kao i za ocjenu uspješnosti već provedenog planiranja u gotovoj planskoj dokumentaciji; ekspertni sustav za upućivanje javnosti, ali i svih zainteresiranih, na instituciju gospodarenja vodama koja je nadležna za uočen problem, vezan uz vode, uz direktnu mogućnost prijave uočenog problema i ekspertni sustav za dodjelu koncesija nad vodom, razvijen za informiranje i edukaciju javnosti, ali i svih zainteresiranih, o proceduri izdavanja koncesija nad

vodom i vodnim dobrom [10]. Niti jedan od razvijenih ekspernih sustava na području Hrvatske, prema saznanjima autora ovog rada, nije se nakon razvijanja i verifikacije dalje primjenjivao u praksi. Razlog tome može biti nezainteresiranost hidrotehničke struke i nadležnih državnih insitucija za uvođenje novina u postojeći način gospodarenja vodama, nedovoljno poznavanje metodologije o osnovnim principima i mogućnostima primjene ekspertnih sustava u gospodarenju vodama, neslaganje s metodologijom i sl.

3. ZAKLJUČAK

Iz provedene analize može se zaključiti je u svijetu razvijen značajan broj ekspertnih sustava u području gospodarenja vodama. Ispravnost tj.verifikacija tih ekspetnih sustava ispitana je njihovom primjenom na konkretnim problemima. Međutim nakon dokazivanja mogućnosti i ispravnosti razvijenih ekspertnih sustava u primjeni u većini radova u kojima je opisana procedura razvoja i korištenja ekspertnih sustava nije dalje opisano da li se razvijeni ekspertni sustav koristio i nakon završenog istraživanja i s kojom uspješnošću, najčešće su samo dane smjernice za daljnji razvoj te planirane buduće aktivnosti. Možemo pretpostaviti da su neki od navedenih ekspertnih sustava našli svoju trajnu primjenu, dok su drugi nakon objavljivanja u renomiranim časopisima ostali na toj razini ili su se razvijali dalje što će se tek moći vidjeti u budućnosti prateći novine i napredovanje u razvoju ekspertnih sustava u području gospodarenja vodama.

Uzevši u obzir da se i dalje značajno radi na razvijanju novih ekspertnih sustava u području gospodarenja vodama, a što se može uočiti iz recentnosti zadnjih istraživanja o njihovoj primjeni (vidi popis literature), pretpostavlja se da bi takva tehnologija ukoliko primijenjena trebala dati značajne rezultate unapređenju gospodarenja vodama, stoga je treba i dalje detaljno istraživati i iznalaziti različite mogućnosti primjene na navedenoj problematici.

Razvoj ekspertnih sustava u području gospodarenja vodama u Hrvatskoj tek je u začecima. Koristeći znanja o razvoju i primjeni ekspertnih sustava u gospodarenju vodama do kojih su došli stručnjaci u svijetu, trebalo bi ekspertne sustave primjenjivati u cilju poboljšanja postojećeg gospodarenja vodama i u Hrvatskoj.

Korištenje ekspertnih sustava treba dalje proširivati primjenom na različitoj problematici u gospodarenju vodama u cilju neprestanog poboljšanja kvalitete gospodarenja vodama u svim fazama procesa: planiranja, izgradnje, korištenja, upravljanja i kontrole. Jasno imajući na umu da je ekspertni sustav «alat» odnosno pomoć u tom procesu, ali da glavnu ulogu i konačnu riječ uvijek ima čovjek.

Osnovni preduvjet za primjenu ekspertnih sustava temeljenih na znanju je postojanje odnosno mogućnost formiranja pravila na temelju kojih će sustav donositi zaključke, smjernice ili davati upute. Za probleme koji se ne mogu prikazati pravilima ili je struktura pravila nejasna sugerira se korištenje ekspertnih sustava temeljenih na neuralnim mrežama ili kombinacija navedenih. Također, u ekspertne sustave moguće je ukomponirati i već postojeće matematičke, optimizacijske, simulacijske i slične modele. Stoga primjenu ekspertnih sustava, ne treba sagledavati kao zamjenu za postojeću metodologiju planiranja i upravljanja vodnogospodarskim sustavima, već kao dopunu, doradu, odnosno daljnji iskorak u cilju unapređenja gospodarenja vodama.

Primjena ekspertnih sustava temeljenih na pravilima može biti od koristi za omogućavanje struci, ali u nekim segmentima, jasno prema potrebi i u danim granicama, i javnosti: transparentnog prikaza iskristaliziranih procedura/pravila koja proizlaze iz zakonskih akata i pravila struke na temelju kojih se: planiraju, izgrađuju i koriste vodnogospodarski

sustavi te njima upravlja i provodi kontrola upravljanja, te na taj način onemogućujući ignoriranje i zanemarivanje pojedinih pravila; povezivanje s drugim bazama podataka, pregled i usklađivanje s drugim dokumentima i planskom dokumentacijom da bi se osigurala cjelovitost pri rješavanju problema u gospodarenju vodama; educiranje o problematici gospodarenja vodama i niz drugih koristi.

Cilj je ovog rada bio skrenuti pažnju šire hidrotehničke struke na ekspertne sustave, te upoznavanje s navedenom tehnologijom i mogućnostima primjene. Ekspertni sustavi su jedan od postojećih «alata» čijom se primjenom, pogotovo danas u eri visokorazvijene računalne tehnologije, može pokušati doprinijeti unapređenju gospodarenja vodama, te treba raditi na njihovom razvoju, primjeni, obučavanju potencijalnih korisnika i praćenju uspješnosti njihove primjene u gospodarenju vodama.

POPIS LITERATURE:

1. Baloffet, A. F. (1992): Applications of decision support systems in water resources planning: The goal-setting stage, Disertacija, Colorado State University, Fort Collins.

2. Barbalić, D., Rajčić, V. (2003): Identifikacija vodenih površina na satelitskim snimcima neuralnom mrežom, Građevinar, br. 55, str. 513-518.

3. Broner, I., Thompson K., Dillon, M. (1997): Validaion of a Malting Barley Water and Nutrient Management Expert System, Agricultural Water Management, br. 33, str. 159-168.

4. Chan, C.W., Huang, G.H. (2003): Artificial intelligence for management and control of pollution minimization and mitigation processes, Engineering Applications of Artificial Intelligence, br. 16, str. 75-90.

5. Chan, C.W., Kritpiphat, W., Tontiwachwuthikul, P. (2000): Knowledge Engineering of a Monitoring and Control Decision Support System, International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, vol. 10, br. 3, str. 301-318.

6. Chen, Q., Mynett, A.E. (2003): Integration of data mining techniques and heuristic knowledge in fuzzy logic modelling of eutrofication in Taihu Lake, Ecological Modelling, br. 162, str. 55-67.

7. de la Rosa, D., Mayol, F., Moreno, J.A., Bonson, T., Lozano, S. (1999): An expert system/neural network model (ImpelERO) for evaluating agricultural soil erosion in Andalucia region, southern Spain), Agriculture Ecosystems & Environment, br. 73, str. 211-226.

8. Fedra, K, Jamieson, D.G. (1996): An object-oriented approach to model integration: a river basin information system example, IAHS Publications, br. 235, str.. 669-676.

9. Karbowski, A., Malinowski, K., Niewiadomska-Szynkiewicz, E. (2005): A hybrid analitic/rule based approach to reservoir system management during flood, Decision Support Systems, vol. 38, br. 4, str. 599-610.

10. Karleuša, B. (2005): Unapređenje gospodarenja vodama korištenjem ekspertnog sustava, Disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

11. Leon, C., Martin, S., Elena, J.M., Luque, J., (2000): EXPLORE: Expert system for water networks management, Journal of Water Resources Planning and Management, vol. 125, br. 2, str. 65-74.

12. Lilburne, L., Watt, J., Vincent, K.. (1998), A prototype DSS to evaluate irrigation management plants, Computers and electronics in agriculture, br. 21, str. 195-205.

13. Maher, M.L. (1987): Expert Systems for Civil Engineers: Technology and Application, American Society of Civil Engineers, New York.

14. Malano, H.M., Turral, H.N., Wood, M.L.: Surface Irrigation Mansgement in Real Time in Southeast Australia: Irrigation Scheduling and Field Application; http://www.fao.org./docrep/W4367E/w4367e0d.htm, pristupljeno 26.10.2006.

15. Neumann, M., Baumeister, J., Liess, M., Schulz, R. (2003): An expert system to estimate the pesticide contamination of small streams using benthic macroinvertebrates as bioindicators), Ecological Indicators, br. 2, str. 391-401.

16. Soliman, A.E., Rafea, A., Fathy, I., Yahia, M. (2003): NEPER: A Multiple Strategy Wheat Expert System, Computers and Electronics in Agriculture, br. 40, str. 27-43.

17. Szafanicki, K., Narce, C., Bourgois, J. (2005): Towards an integrated tool for control, supervision and operator training-applications to industrial wastewater detoxication plants, Control Engineering Practice, br. 13, str. 729-738.

18. Šperac, M. (2004): Upotrebljivost neuralnih mreža za određivanje otjecanja u sustavu urbane odvodnje, Disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

19. Wurbs, R.A. (1994): Computer models for water resources planning and management, Texas A&M University, College Station, Texas.

20. Zhinnong, W., Shazhong, K., Yunzhang, X., Mixia, W. (2000): Study of management an decision-making expert system for water saving irrigation, International Conference of Engineering and Technical Sciences, 11.-13. October, Bejing.

21. Žagar, Z. (1993): Ekspertni sustavi, Ceste i mostovi, br. 3, str. 51-59.

AUTORI:

Doc.dr.sc. Barbara Karleuša
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, V.C. Emina 5, 51000 Rijeka
barbara.karleusa@gradri.hr

Prof.dr.sc. Boris Beraković
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb,
boris.berakovic@zg.htnet.hr

Prof.dr.sc. Nevenka Ožanić
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, V.C. Emina 5, 51000 Rijeka
nozanic@gradri.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.16.

ZAŠTITA GEOTERMALNIH VODA U HRVATSKO-SLOVENSKOM GRANIČNOM PODRUČJU

Miron Kovačić, Dušan Rajver

SAŽETAK: U okviru projekta Geotermalna karta Republike Hrvatske (181-1811096-1790) kojeg financira Ministarstvo znanosti obrazovanja i športa RH, a izvodi Hrvatski geološki institut u suradnji s Slovenskim geološkim zavodom, prikupljeni su osnovni podaci o lokacijama s geotermalnom vodom u graničnom području Hrvatske i Slovenije. U spomenutom području poznato je 37 lokacija na kojima su izvori i/ili bušotine s geotermalnom vodom. Ukupna količina te vode za sada se ne koristi, ali interes i potrebe za njom stalno rastu te se bližoj budućnosti očekuje znatno povečanje količina korištene geotermalne vode kao i izrada bušotina na poznatim i novim lokacijama. Kako bi se spomenute vode, u smislu strategije održivog razvoja, optimalno koristile, očuvale i zaštitile, potrebno ih je dobro poznavati i kontrolirano koristiti. Vjerojatno su neki hidrogeološki i geotermijski sustavi s geotermalnom vodom u graničnom pojasu u podzemlju povezani, odnosno čine zajedničko prirodno dobro obiju zemalja. Prema prikupljenim podacima, teoretska mogućnost te povezanosti na nekim lokacijama je vrlo velika, ali dok se ne obave potrebna istraživanja o tome nije moguće dati mjerodavan sud. Neophodan element za takva istraživanja su podaci kontinuiranog monitoringa geotermalnih voda. Bez provedbe potrebnih istraživanja koja uključuju kontinuirani monitoring neće biti moguće provesti djelotvornu zaštitu geotermalnih voda u graničnom pojasu Hrvatske i Slovenije.

KLJUČNE RIJEČI: geotermalna voda, korištenje, zaštita, Hrvatska, Slovenija

PROTECTION OF THE GEOTHERMAL WATER IN A BORDER AREA OF CROATIA AND SLOVENIA

SUMMARY: Within the sphere of a project Geothermal Map of the Republic of Croatia (181-1811096-1790) which is financed by the Ministry of science, education and sport RC, and carried out by Croatian geological institute in cooperation with Geological survey of Slovenia, basic data on localities with geothermal water in a border area of Croatia and Slovenia are assembled. In this area there are 37 localities with springs and/or boreholes with geothermal water. The maximum possible water quantity is not utilized so far, however, an interest and necessity for thermal water grow constantly, therefore in near future a considerable increase of used water quantity is expected as well as drilling of boreholes at known and in new localities. With intention to use, save and protect these waters optimally in a sense of sustainable development, it is necessary to know them well and to utilize them under some control. Some hydrogeological and geothermal systems with geothermal water are probably connected in the underground border area or they form a common

natural wealth of both countries. According to collected data a teoretical possibility for such connection is quite high at some localities, but it is impossible to make any decisive judgements or conclusions until necessary investigations are done. An indispensable element for such investigations are data of continuous monitoring of geothermal waters. Without realization of necessary investigations including the continuous monitoring it will be impossible to accomplish creative protection of geothermal waters in the border area of Croatia and Slovenia.

KEYWORDS: geothermal water, use, save and protection, Croatia, Slovenia

1. UVOD

Geotermalne vode su dio prirodnih resursa Hrvatske i Slovenije. Jednako kao i ostali prirodni resursi i one su po količini ograničene, a hidrogeološki i geotermijski sustavi u kojima se nalaze su osjetljivi na eksploataciju i djelatnosti koje utječu na okoliš. Kako bi se geotermalne vode, u smislu strategije održivog razvoja, optimalno koristile, očuvale i zaštitile, potrebno ih je dobro poznavati i kontrolirano koristiti. Prirodne pojave nisu ograničene ljudskim granicama već prirodnim te je stoga vjerojatno da su neki hidrogeološki i geotermijski sustavi s geotermalnom vodom u graničnom pojasu Hrvatske i Slovenije u podzemlju povezani. Zbog te povezanosti ljudsko djelovanje na geotermalne vodonosnike s jedne strane granice može imati neželjene efekte na korištenje i zaštitu tih voda s druge strane granice [5].

U Hrvatskoj je 2007. godine započeo rad na projektu Geotermalna karta Republike Hrvatske (181-1811096-1790) kojeg financira Ministarstvo znanosti obrazovanja i športa RH. Projektom je planirano u slijedećih nekoliko godina istraživati prostor koji graniči sa Slovenijom te je u tom smislu uspostavljena suradnja Hrvatskog geološkog instituta i Slovenskog geološkog zavoda. U sklopu te suradnje prikupljeni su osnovni podaci o lokacijama s geotermalnom vodom u graničnom području Hrvatske i Slovenije, što je dobar početak zajedničke brige za zaštitu geotermalnih voda u graničnom području.

U ovom radu iznesen je kratak pregled prikupljenih podataka s ciljem da se upozori na problematiku geotermalnih voda u graničnom pojasu dviju zemalja i daju naznake za dalje aktivnosti za njihovu zaštitu. Širinu pojasa u kojem postoji mogućnost povezanosti geotermalnih vodonosnika nije moguće točno definirati jer istraživanja koja bi to omogućila do sada nisu urađena. Zbog toga su ovdje prikazani svi trenutno poznati objekti u širem graničnom pojasu na koje bi se to moglo odnositi (slika 1).

2. GEOTERMALNE VODE U GRANIČNOM PODRUČJU NA HRVATSKOM OZEMLJU

U graničnom području Hrvatske i Slovenije na hrvatskom ozemlju nalazi se 7 lokacija izvorišta geotermalne vode (slika 1). Od sjeveroistoka prema jugozapadu to su: Harina Zlaka, Tuheljske toplice, Krapinske toplice, Sveta Helena (kraj Samobora), Toplice kod Svete Jane, Toplice Lešće i Istarske toplice. Najvišu temperaturu 40.2 ^{0}C geotermalna voda ima u Krapinskim toplicama, a najnižu 25 ^{0}C u Toplicama kod Svete Jane. U istočnom dijelu vodonodnici su trijaski dolomiti, a u zapadnom dijelu karbonati jure, krede i eocena. Geotermalna voda uglavnom se koristi u bazenima za kupanje, a izuzetak su Krapinske toplice gdje se koristi polivalentno (bazeni za kupanje, balneoterapija, zagrijavanje prostorija, sanitarna voda).

Osim na izvorištima geotermalne vode u graničnom području sa Slovenijom na hrvatskom ozemlju otkrivene su u 13 bušotina čija je dubina veća od 500 m. Od sjeveroistoka prema jugozapadu to su: Vučkovec-2, Mursko Središće-2, Međimurje-1, Kumrovec-1, Tuheljka-1, Krapinske toplice -1, Samobor- 2, Nedjelja -1, PDT -1 i 2, Lučanka -1, Mladost -1, 2 i 3, KBNZ-1, 2, i 3, Sveta Jana -1 i Leščanka-1 (slika 1). Geotermalne vode otkrivene bušenjem imaju znatno višu temperaturu od onih na izvorištima. Najvišu temperaturu, 70 - 80 ^{0}C imaju vode u bušotinama zagrebačkog geotermalnog polja [3] Najnižu temperaturu (25 ^{0}C) imaju vode zahvaćene bušotinama u Toplicama kod Svete Jane i u Kumrovcu. Vodonosnik geotermalnih voda u bušotinama u najistočnijem dijelu uglavnom su tercijarni klastiti, a zapadnije trijaski dolomiti. Geotermalna voda iz polovine bušotina se ne koristi, a iz ostalih se ona koristi na različite načine - bazeni za kupanje, uzgoj bilja, stolna voda (punjenje boca) te zagrijavanje vode i prostorija [2]. Zbog, u posljednje vrijeme povećanog interesa za korištenje geotermalne vode, može se predvidjeti da će se uskoro iz postojećih bušotina koristiti veće količine vode nego do sada. Osim toga, može se očekivati da će se u bližoj budućnosti u širem graničnom području Hrvatske i Slovenije izbušiti nove bušotine.

Slika 1.: Karta lokacija geotermalnih izvora i bušotina u graničnom pojasu Hrvatske i Slovenije (trokutima označeni izvori, kružićima označene bušotine) - izvori na hrvatskom području: 1- Harina Zlaka, 2- Tuheljske toplice, 3- Krapinske toplice, 4- Sveta Helena (kraj Samobora), 5- Toplice kod Svete Jane, 6- Toplice Lešće i 7- Istarske toplice; izvori na slovenskom području: 1 Bušeča vas, 2 Klunove Toplice, 3 Topličnik pri Kostanjevici, 4 Toplica Klevevž, 5 Otočec na Krki, 6 izvori u Regionalnom parku Lahinja, 7 Jezero pri Šmarješkim Toplicama; bušotine na hrvatskom području: 1 Vučkovec-2, 2 Mursko Središće-2, 3 Međimurje-1, 4 Kumrovec-1, 5 Tuheljka-1, 6 Krapinske toplice -1, 7 Samobor- 2, 8 Nedjelja -1, 9 PDT -1 i 2, 10 Sveta Jana -1, 11 Lučanka -1, 12 Mladost -1, 2 i 3, 13 KBNZ-1, 2, i 3; lokacije bušotina na slovenskom području: 1 Terme Lendava, 2 Trgovski kompleks Lendava, 3 Terme Banovci, 4 BioTerme Mala Nedjelja - Moravci, 5 Terme Ptuj, 6 Rogaška Slatina, 7 Terme Olimia-Podčetrtek, 8 Šmarješke Toplice, 9 i 10 Čatež, 11 Dobova, 12 Metlika-1, 13 Dolenjske Toplice, 14 Portorož

3. GEOTERMALNE VODE U GRANIČNOM PODRUČJU NA SLOVENSKOM OZEMLJU

Na slovenskom ozemlju u graničnom području Hrvatske i Slovenije nalazi se 7 lokacija s prirodnim izvorima geotermalne vode (slika 1). Od sjeveroistoka prema jugozapadu to su: Bušeča vas - Klunove Toplice i više izvorišta uz rijeku Krku, Topličnik pri Kostanjevici, Toplica Klevevž sjeverno od Šmarjeških Toplica, kod Otočca na Krki, Jezero pri Šmarješkim Toplicama, i više izvora u Regionalnom parku Lahinja. Vodonosnici su uglavnom mezozojski karbonati, izuzetak su izvorišta kod Bušeče vasi pored Krke, koja imaju svoj vodonosnik u miocenskim litotamnijskim vapnencima. Najvišu temperaturu 32 ^{0}C ima geotermalna voda na izvorima Bušeče vasi, a najnižu 18 ^{0}C u Regionalnom parku Lahinja. Geotermalna voda koristi se u bazenu za kupanje u Bušečoj vasi, te za vodooskrbu pri Šmarješkim Toplicama. Izvorište Perišče u Čatežu (30 °C) je presahnulo uslijed korištenja termalne vode iz bušotina na Čateškom polju, slično se desilo sa kaptiranim izvorom u Dolenjskim Toplicama (34 °C), a u Šmarješkim Toplicama se koristi izvor u „lesenom bazenu“ [7].

Na 14 lokacija na slovenskom ozemlju u graničnom pojasu sa Hrvatskom nalazi se 19 bušotina dubljih od 500 m kojima su otkrivene geotermalne vode. Od sjeveroistoka prema jugozapadu to su: Lendava (Pt-20, -74, Le-1g, -2g), Veržej-1,-2,-3, Ptuj -1,-2,-3, Rogaška Slatina RT-1, Terme Olimia-Podčetrtek V-4, Čatež V-10, L-1, Dobova AFP-1, Dolenjske Toplice V-8, Metlika-1 i Portorož HV-1, LU-1. (slika 1). Geotermalne vode otkrivene bušenjem imaju i u Sloveniji znatno višu temperaturu od onih na izvorištima. Najvišu temperaturu, 64 - 68,4 ^{0}C, imaju vode u bušotinama u pontsko-panonskim pješčanim vodonosnim slojevima u panonskom bazenu, te 62 - 63 °C u Čateškom polju. Najnižu temperaturu imaju vode zahvaćene bušotinama u Metliki (22 °C) i Portorožu (23 °C) [8]. Vodonosnici geotermalnih voda koji su bušotinama zahvaćeni u sjeveroistočnom dijelu uglavnom su tercijarni klastiti, a jugozapadno trijaski i jurski dolomiti i vapnenci, u Rogaškoj Slatini to su tufi s pješčenjacima, a u Portorožu kredni-paleocenski vapnenci. Geotermalna voda se koristi iz većine bušotina, izuzetak su bušotine u Metliki, L-1 kod Terma Čatež te u Marini Portorož. Iz svih ostalih se ona koristi na raznoličite načine - bazeni za kupanje i balneoterapiju, uzgoj bilja, te zagrijavanje vode i prostorija. Kapacitet bušotina je veći od sada korištenog i vodi se računa o racionalnom crpljenju, naročito iz bušotina panonskog bazena. Može se očekivati, da će se iz nekih postojećih bušotina zbog povečanog interesa za korištenje geotermalne vode u budućnosti crpiti veče količine vode, ili će se jednostavno izbušiti nove bušotine na geotermalnu vodu u širem graničnom području.

4. POVEZANOST GEOTERMALNIH VODONOSNIKA HRVATSKE I SLOVENIJE U GRANIČNOM PODRUČJU

U širem graničnom pojasu Hrvatske i Slovenije prema prikupljenim podacima poznato je 37 lokacija na kojima su izvori i/ili bušotine s geotermalnom vodom. Osim toga u bližoj budućnosti zbog povečanog interesa za korištenje geotermalne vode za očekivati je da će se u tom području izbušiti bušotine na geotermalnu vodu na novim lokacijama. Postoji velika vjerojatnost da su neki hidrogeološki i geotermijski sustavi s geotermalnom vodom u graničnom pojasu u podzemlju povezani odnosno da čine zajedničko prirodno dobro obiju zemalja. Geološka istraživanja s ciljem da se utvrdi koji su geotermalni vodonosnici u graničnom području povezani do sada nisu provedena. Na temelju do sada

prikupljenih podataka u okviru projekta Geotermalna karta Republike Hrvatske može se jedino zaključiti da nema dovoljno podataka da bi se sa sigurnošću mogla potvrditi ili osporiti povezanost odnosno jedinstvenosti geotermalnih vodonosnika s obje strane granice. Teoretski, mogućnost te povezanosti na nekim lokacijama je vrlo velika, ali dok se ne obave potrebna istraživanja o tome nije moguće dati mjerodavan sud.

Važan element za utvrđivanje mogućih veza vodonosnika geotermalne vode su podaci monitoringa - stalnog praćenja fizičkih i kemijskih parametara na lokacijama s geotermalnom vodom. Za sada niti Hrvatska niti Slovenija nemaju zakonske okvire za provođenje monitoringa geotermalnih voda. U Sloveniji je u postupku izrade i usvajanja podzakonski akt koji bi trebao regulirati to pitanje, a u Hrvatskoj takve aktivnosti nisu nam poznate. Inicijativa za monitoring geotermalnih voda iznesena na 3. hrvatskoj konferenciji o vodama u Osijeku nije urodila plodom [4] i na tom području čini se nema pomaka. Monitoring voda koji se provodi u Hrvatskoj usredotočen je većinom na površinske vode i gotovo isključivo na njihovu sanitarnu ispravnost [6]. Prilikom izrade prijedloga za monitoring geotermalnih voda neophodno je da se konzultiraju znanstvenici i stručnjaci koji se njima bave. Na taj način će se najbolje definirati parametri monitoringa kojima će se dobro moći pratiti stanje vodonosnika i eventualne promijene u njima. Monitoring geotermalnih voda bi trebala izvoditi nezavisna državna ustanova koja za to ima osposobljene djelatnike. U mnogim zemljama su to nacionalni geološki instituti (Geological Survey) koji podatke monitoringa pohranjuju, distribuiraju i obrađuju. Tako prikupljeni podaci monitoringa geotermalnih voda pripomoći će i prilikom istraživanja povezanosti geotermalnih vodonosnika u graničnom području Hrvatske i Slovenije. Navedena istraživanja moći će uspješno provesti jedino znanstvenici i stručnjaci obje zemlje kao zajednički međudržavni projekt. Treba pripomenuti da će ulaskom u Europsku uniju Republika Hrvatska prema Europskim direktivama biti obvezna obavljati monitoring svih svojih voda pa tako i geotermalnih [1].

5. ZAKLJUČAK

U širem graničnom pojasu Hrvatske i Slovenije prema prikupljenim podacima poznate su 37 lokacije na kojima su izvori i/ili bušotine s geotermalnom vodom. Za sada se ne koristie sve poznate količine te vode, ali interes i potrebe za njima stalno rastu. Zbog toga se u bližoj budućnosti očekuje znatno povečanje količina korištene geotermalne vode i izrada bušotina na poznatim i novim lokacijama. Vjerojatno su neki hidrogeološki i geotermijski sustavi s geotermalnom vodom u graničnom pojasu u podzemlju povezani odnosno čine zajedničko prirodno dobro obiju zemalja. Geološka istraživanja s ciljem da se utvrdi koji su to vodonosnici do sada nisu provedena. Prema prikupljenim podacima, teoretska mogućnost te povezanosti na nekim lokacijama je vrlo velika, ali dok se ne obave potrebna istraživanja o tome nije moguće dati mjerodavan sud. Neophodan element za takva istraživanja su podaci kontinuiranog monitoringa geotermalnih voda. Za sada niti u Sloveniji niti u Hrvatskoj ne postoje potrebni zakonski okviri za izvođenje spomenutog monitoringa. Bez provedbe potrebnih istraživanja koja uključuju kontinuirani monitoring neće biti moguće provesti djelotvornu zaštitu geotermalnih voda u graničnom pojasu Hrvatske i Slovenije.

LITERATURA

[1] Direktiva 2000/60/EC Europskog Parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. , čl.8. stav.1

[2] Jelić, Krešimir; Kovačić, Miron; Košćak-Kolin, Sonja. State of the Art of the Geothermal Resources in Croatia in the Year 2004 // Proceedings of the World Geothermal Congress 2005. / Horne, Roland,. Okandan, Ender (Eds.). Antalya-Turkey : IGA-International Geothermal Association WGC 2005, 2005. 9 pp.

[3] Kovačić, M. Exploration and Exploitation of Geothermal Waters in the Zagreb Area. // International Geothermal Days POLAND 2004. - International Workshop on Geothermal Energy Resources in Central and Eastern European Countries: State-of-the-Art and Possibilities for Development/ Popovski, Kiril ; Kepinska, Beata (Eds). Zakopane 2004. str. 5 pp.

[4] Kovačić, M., Pekaš, Ž. & Cibilić, A. (2003): Gospodarenje hrvatskim geotermalnim vodama sukladno koncepciji održivog razvoja - ciljevi i usmjerenja. // 3. hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode u 21 stoljeću/ Gereš, Dragutin (ur.). Osijek: Hrvatske vode, 2003. str. 593-598.

[5] Kovačić, Miron; Rajver, Dušan. (2006): Geothermal resources in the border regions of Croatia and Slovenija - State of the art // 2. Slovenski Geološki Kongres, *Book of Abstracts* / Režun, Bojan ; Eržen, Uroš ; Petrič, Metka ; Gantar, Ivan (ur.). Idrija : Rudnik živega srebra v zapiranju, 110-111

[6] Mustić, V., Pojatina Basta, Lj. i Širac, S. (2003): Oblikovanje i provedba monitoringa kakvoće voda u Republici Hrvatskoj // 3. hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode u 21 stoljeću/ Gereš, Dragutin (ur.). Osijek: Hrvatske vode, 2003. str. 395-400.

[7] Rajver, D. & Lapanje, A., 2006: Stanje neposredne uporabe geotermalne energije v Sloveniji. EGES, 2/2006, Ljubljana, 101-105.

[8] Rajver, D. & A. Lapanje (2005). The Current Status of Geothermal Energy Use and Development in Slovenia, *Proceedings of the WGC 2005*, R. Horne & E. Okandan (Eds), Antalya, Turkey, 9 pp.

AUTORI:

dr.sc. Miron Kovačić, dipl.ing.geol.,
Hrvatski geološki institut - Croatian geological survay, Sacsova 2, Zagreb, Hrvatska
miron.kovacic@hgi-cgs.hr

mr.sc. Dušan Rajver dipl.ing.geol.,
Geološki zavod Slovenije - Geological survey of Slovenia, Dimičeva 14, Ljubljana,
dusan.rajver@geo-zs.si

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.17.

IMPLEMENTACIJA ZNANJA I TEHNIKA INFORMATIČKE ZNANOSTI U "CRRS" MODELE

Duška Kunštek, Eva Ocvirk, Dalibor Carević, Kristina Novak, Ivan Halkijević

SAŽETAK: Konceptualni parametarski modeli, s ulazom - oborinom i izlazom - otjecanjem, popularno nazvani CRRS modeli (''Conceptual Rainfall - Runoff Models''), nezaobilazni su u hidrološkom determiniranju otjecanja sa sliva. Odlikuju se velikim brojem klimatoloških i fizičko - geografskih parametara koji paralelno određuju i modificiraju fizikalni proces otjecanja. Da bi se hidrološko ponašanje CRRS modela približilo stvarnom hidrološkom ponašanju sliva u prirodi, od tih modela traži se izrazita fleksibilnost (elastičnost u odnosu na promjenu vrijednosti parametara) i robusnost (prirodna održivost). U cilju osiguranja osnovnih zahtjeva na te CRRS modele, opsežna i detaljna analiza složenih prostornih značajki zemljišta i slivova izrađuje se GIS metodologijom ("Geographic Information System"). Tu se, primjenom softverskih alata (ArcInfo - funkcija, ArcView Spatial Analist-a, 3D Analist-a i drugih modula), kroz razne analize terena u kombinaciji s hidrološkim funkcijama otkriva fizikalni karakter otjecanja sa sliva. Nadalje, primjenom HEC ("Hydrologic Engineering Centar") programskog paketa, razvijenog od strane hidrološkog inžinjerskog centra US Army Corps of Engineers, ispituje se osjetljivost izlaznog rezultata (hidrograma) na skup GIS - om dobivenih prostorno - hidroloških parametara sliva (Terrain preprocessing, Basin processing; Basin characteristics, Hydrologic parameter estimation…). I konačno, kalibriranje CRRS modela radi se na malom brdskom slivu Botonege u Istri, s bogatom bazom podataka o oborinama i otjecanju. Uvođenjem GIS - a u CRRS modele može se eliminirati subjektivna procjena ulaznih parametara, prostorno definirati domena vrijednosti svakog parametra pojedinačno, te konačno definirati prostorne granice promjene vrijednosti parametara. Time se *konceptualni modeli* otjecanja, izrađeni prema spomenutoj metodologiji, dovode na jednu znatno objektivniju razinu opisa istog.

KLJUČNE RIJEČI: CRRS modeli, GIS, HEC, otjecanje, oborine, kalibracija

INFORMATION SCIENCE KNOWLEDGE AND TECHNIQUES IMPLEMENTATION FOR "CRRS" MODELS

SUMMARY: Conceptual parametric models with the input - precipitation and the output - runoff, popularly called CRRS models (''Conceptual Rainfall - Runoff Models''), are unavoidable factors in hydrologic determination of the watershed runoff. They feature a large number of climatic and physical geographic parameters that determine and modify in parallel the runoff physical process. To approximate the hydrologic behaviour of CRRS models to the real hydrologic behaviour of the watershed in nature the models are required

to be outstandigly flexible (elasticity in relationship to the parameter value change) and strongly constructed (natural sustainability). In order to ensure basic requirements for CRRS models, an extensive and detailed analysis of complex spatial characteristics of soil and watershed is being developed by GIS methodology ("Geographic Information System"). By application of the software tools (ArcInfo - functions, ArcView Spatial Analist, 3D Analist and other modules), through various terrain analyses in combination with hydrologic functions the physical character of watershed runoff is identified. Further on, by the HEC application ("Hydrologic Engineering Centar") of the programme package developed by a hydrologic engineering centre of the US Army Corps of Engineers, a sensitivity of output results is tested (hydrogramme) on the set of spatial and hydrologic watershed parameters obtained by GIS (Terrain pre-processing, Basin processing; Basin characteristics, Hydrologic parameter estimation…). Eventually, the calibration of CRRS models is carried out at the small hilly watershed of Botonega in Istria, with a rich data base on precipitation and runoff. The introduction of GIS into CRRS models can lead to the elimination of subjective evaluation of input parameters, further it can enable to physically identify the value domain of each single parameter, and finally can define spatial boundaries of parameter value change. In this way the runoff *conceptual models,* developed according to the mentioned methodology, are taken to a remarkably more objective description level.

KEY WORDS: CRRS models, GIS, HEC, runoff, precipiattion, calibration

1 UVOD

U inženjerskoj praksi se često javlja potreba za što pouzdanijom procjenom otjecanja sa slivova za koje ne postoje vodomjereni podaci, ili postoje oni koji nisu dovoljno dobro izučeni. Osobiti problem predstavljaju mali slivovi nepravilnog oblika sa kojih se otjecanje ne može pouzdano proračunati na osnovu često primjenjivih jednostavnih parametarskih metoda. Upotreba složenijih modela, s druge strane, daje pouzdanije rezultate, ali zahtjeva podatke koji uglavnom nisu dostupni. U takovim uvjetima, dobro odabran jednostavniji tip modela može biti ekonomičniji za uporabu, uz ne manju točnost od modela složenijeg tipa ukoliko se dobro kalibrira. Složenost, nepouzdanost i dugotrajnost utvrđivanja prostornih parametara sliva bila je do nedavno glavna prepreka za korištenje takovih modela.

2 FENOMEN POVRŠINSKOG OTJECANJA

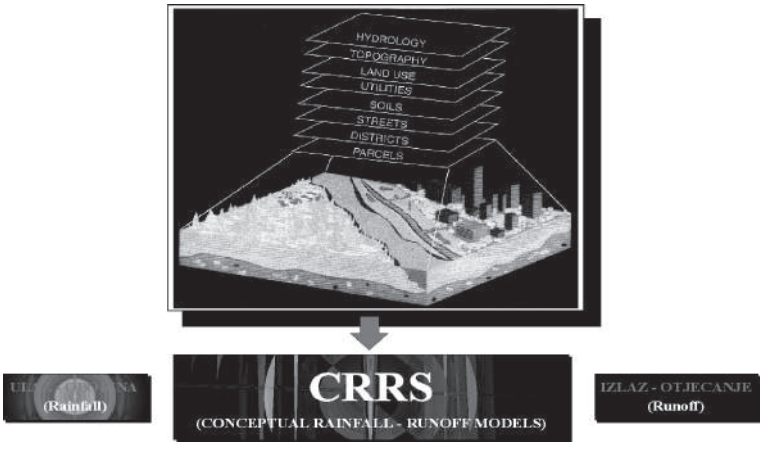
Fenomen površinskog otjecanja na malom slivu, kao dio hidrološkog ciklusa, vrlo je složen i u funkciji je oborine i fizičkih karakteristika sliva. S jedne strane pojava oborina, kao ulazni parametar, je slučajan proces. Njena prostorna i vremenska raznolikost utječu na složenost njenog kvantificiranja. S druge strane fizičke karakteristike sliva različite su po dijelovima slivne površine i mijenjaju se vremenom. Stoga su, za inženjersku praksu, razvijene i nadalje se razvijaju parametarske metode za proračun otjecanja sa sliva, koje uvode znatne restrikcije u matematickom opisu procesa otjecanja. Relativno su jednostavne za upotrebu i uglavnom koriste samo najznačajnije klimatološke i fizičko - geografske parametre koji su dominantni u procesu otjecanja (intenzitet oborine, površina, nagib i obraštenost sliva, i sl.). U praksi se uglavnom rabe procijenjene vrijednosti parametara koje se uprosječuju za neko područje. Naravno da je takav postupak opterećen subjektivnim činiteljem procjenitelja. Najčešće korišteni parametarski postupci su: racionalna metoda, postupak izokrona (Slika 2), SCS metoda, metoda sintetičkog jediničnog hidrograma i

razne druge metode nazvane po svojim autorima kao što su: Gavrilovićeva, Srebrenovićeva, VanTeChow metoda itd.

Ta prepreka u svezi relativno grubih procjena parametara otjecanja prevladana je razvojem informatike, ponajprije GIS - programskih paketa koji omogućuju opsežne i detaljne analize složenih prostornih fenomena.

3 CRRS MODELI (''CONCEPTUAL RAINFALL - RUNOFF MODELS'')

Konceptualni parametarski modeli, s ulazom - oborinom i izlazom - otjecanjem, popularno nazvani CRRS modeli (''Conceptual Rainfall - Runoff Models''), nezaobilazni su u hidrološkom determiniranju otjecanja sa sliva. Odlikuju se velikim brojem klimatoloških i fizičko - geografskih parametara koji u parametarskim modelima opisuju i promjenom vrijednosti modificiraju opis procesa otjecanja. Uvođenjem analize procesa otjecanja u konceptualne parametarske modele, svaki od promatranih ulaznih parametara sliva, s pripadnom težinom utjecaja, istovremeno (paralelno) sudjeluje u modificiranju slike simuliranog otjecanja sa sliva. Da bi se hidrološko ponašanje CRRS modela približilo stvarnom hidrološkom ponašanju sliva u prirodi, od tih modela traži se izrazita fleksibilnost (elastičnost u odnosu na promjenu vrijednosti parametara) i robusnost (prirodna održivost). Zahtjevi na CRRS modele najčešće se provode kalibriranjem klimatoloških i fizičko - geografskih parametara (slika 1). Stoga je upravo uporeba GIS -a postala neizostavna u inženjerskoj praksi pri rješavanju CRRS problema gdje postoji veza između prostora i hidroloških veličina, bilo da se radi o cijelim slivnim područjima, podpodručjima ili točkama toga prostora. To je snažan alat kojime je moguće riješavati niz zadaća.



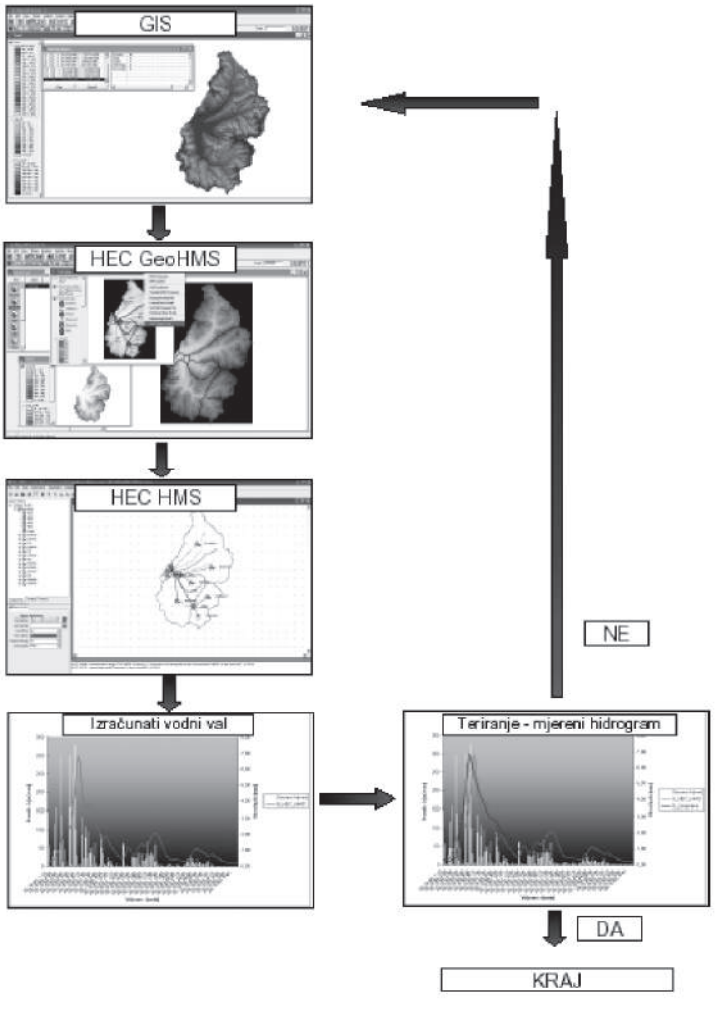
Slika 1: CRRS modeli (''Conceptual Rainfall - Runoff Models'')

Danas postoji nemali broj ESRI GIS kompatibilnih aplikacija za povezivanje hidroloških modela s GIS bazom podataka. Kao takva, a vjerojatno i najpotpunija, koristi se modelska ekstenzija HEC-GeoHMS razvijena od strane hidrološkog inžinjerskog centra US Army Corps of Engineers, koji se bave razvojem softvera svih hidrotehničkih namjena, a koja povezuje geografske podatke iz GIS baze podataka sa softverskim paketom HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) koji omogućuju hidrološko modeliranje, a razvijen od strane istog centra.

HEC-GeoHMS je skup procedura (alata) koji kao rezultat daju podatke o prostornim i hidrološkim karakteristikama slivnog područja u obliku ulaznih veličina za HEC-HMS. Verzija 1.1. GeoHMS-a koristi ESRI ArcView 3.x platformu uz obavezno proširenje s ArcView ekstenzijom Spatial analyst.

4 METODOLOGIJA RADA

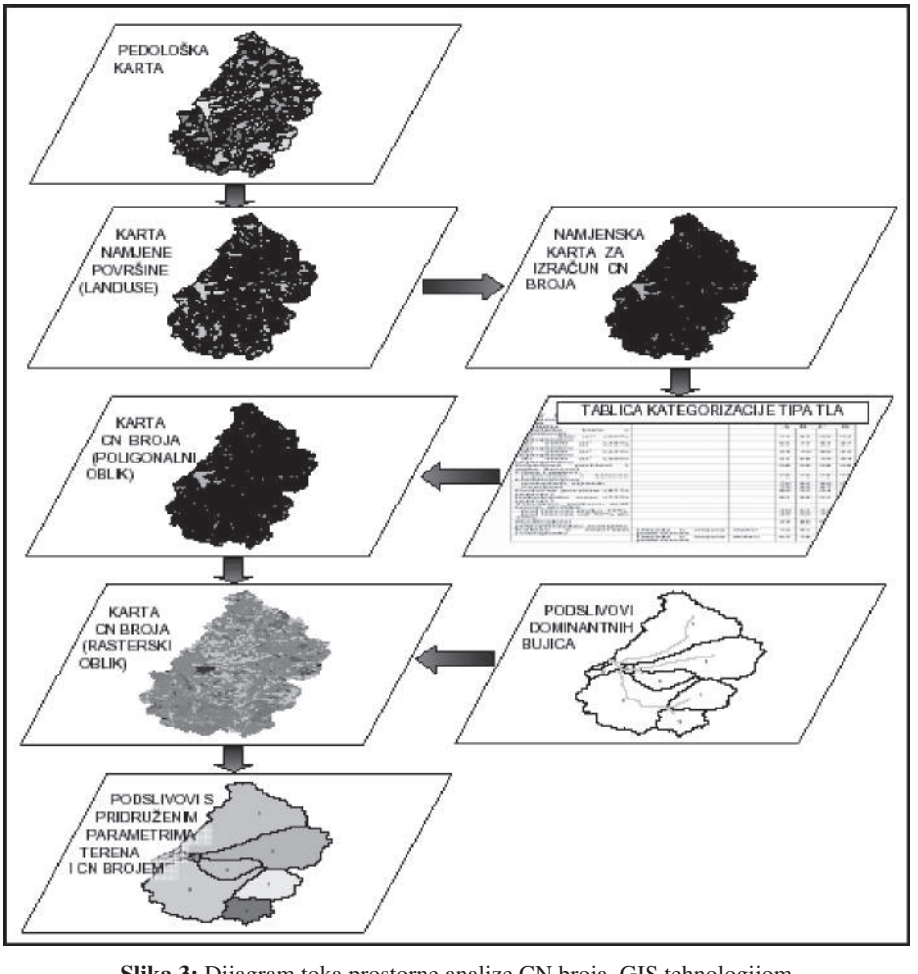
Metodologija izrade parametarskog modeliranja otjecanja sastoji se od slijedećih koraka (slika 2):



Slika 2: Dijagram toka parametarskog modeliranja otjecanja

- Primjeni GIS - tehnologije u izradi i poboljšanju modeliranja otjecanja u smislu pouzdanije procjene stvarnog stanja na terenu, kvalitetnije interakcije tih znanja, te izradi preciznijih podloga i parametara koji utječu na otjecanje sa sliva,

- Primjeni modelske ekstenzije HEC-GeoHMS u prijenosu i optimalizaciji parametara iz GIS prostornog modela sliva u hidrološki model (Terrain preprocessing, Basin processing; Basin characteristics, Hydrologic parameter estimation…), u cilju dobivanja optimalnih izlaznih rješenja, međusobno kompatibilnih i usporedivih s izmjerenim podacima,
- Izradi hidrološkog modela u HEC-HMS ("Hydrologic Engineering Centar - Hydrologic Modeling System") programskog paketa, razvijenog od strane hidrološkog inžinjerskog centra US Army Corps of Engineers. Ispituje se osjetljivost izlaznog rezultata (hidrograma), izrađenog prema postojećim parametarskim metodama koje koristi HEC - HMS, na skup GIS - om dobivenih prostorno - hidroloških parametara sliva
- Proces kalibriranja konceptualnog parametarskog modela ispitivanjem ponašanja, fleksibilnosti i osjetljivosti CRRS modela, za razne parove ulaza / izlaza (ulaze - mjerene oborine, izlaze -mjerene protoke). Izrađen je na numeričkom primjeru sliva Botonege, malog bujičnog sliva, za koji postoji bogata baza podataka o oborinama i slivu.



Slika 3: Dijagram toka prostorne analize CN broja, GIS tehnologijom

5 PRIMJER PRORAČUNA OTJECANJA I USPOREDBA PRORAČUNSKOG VODNOG VALA S ZABILJEŽENIM VODNIM VALOM

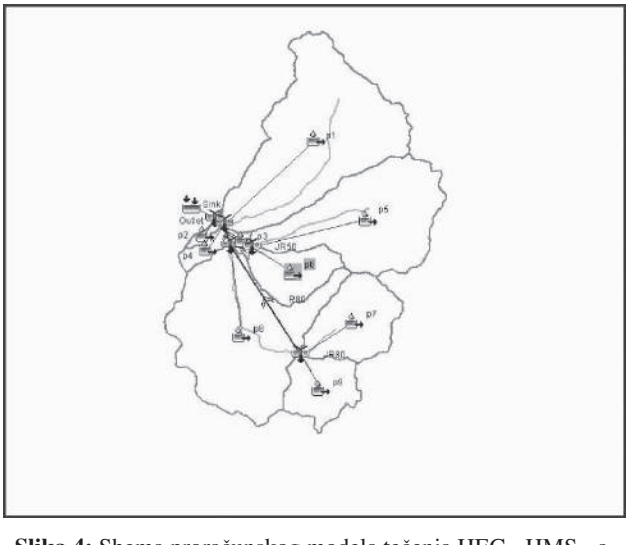
Provedba i kontrola proračunskog modela otjecanja rađena je na primjeru sliva Botonege za koji postoji opsežna baza podataka o palim oborinama i slivu, te ograničeni podaci o otjecanju. No taj je problem drugdje još naglašeniji, jer na malim slivovima se gotovo u pravilu uopće ne vrše hidrološka mjerenja.

Model proračuna otjecanja sa sliva Botonege , izrađen u HEC - HMS programskom paketu, sastoji se od dva koraka:

1. Proračuna efektivne oborine SCS metodom tzv. "SCS Curve Number Loss Model" (efektivna oborina se računa kao funkcija bruto oborine, obraštenost terena, "Land Use" kavera i vlažnosti terena)
2. Proračuna vodnog vala (hidrograma otjecanja)

bujične slivove s SCS jediničnim hidrogramom ("SCS UH Model"), koji dobro izražava reteniranje vode na slivu.

U cilju sprovedbe prvog koraka proračuna modela otjecanja HEC - HMS - om, odnosno proračuna efektivne oborine SCS metodom, izrađena je detaljna prostorna analiza CN broja (‘’Curve Number’’) GIS tehnologijom. U tu svrhu, izrađena je namjenska karta za izračun CN broja , preklapanjem "layera" pedološke karte koji sudjeluju u definiranju propusnost pojedinog tla i karte korištenja zemljišta (‘’Land Use’’). Na taj način dobivena je ‘’namjenska karta za izračun CN broja’’ s obzirom na površinske i potpovršinske uvjete otjecanja. Takova namjenska karta služila je kao osnov za izradu konačne CN karte i pridruživanju "layera" CN broja karti podslivova i dominantnih bujica sliva. Dijagram toka prostorne analize CN broja, GIS tehnologijom, dan je na slici 3.



Slika 4: Shema proračunskog modela tečenja HEC - HMS - a.

S obzirom da je šire područje zapadne Hrvatske pa tako i Kvarnerskog zaljeva nerijetko zahvaćeno tzv. "Genovskom ciklonom", za koju su karakteristične kiše višednevnog

trajanja, a kakova je dinamika i promatranog kišnog događaja, dobiveni CN brojevi korigirani su za potpuno saturirano tlo:

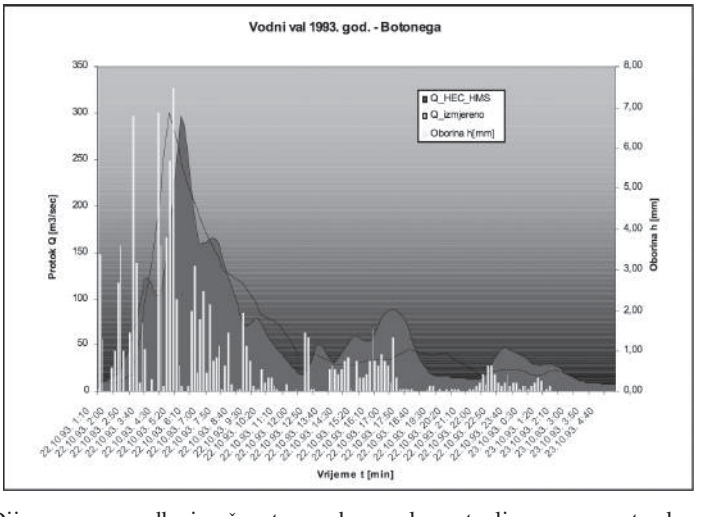
$$CN_{satur} = \frac{23 \cdot CN_0}{10 + 0{,}13 \cdot CN_0}$$

U cilju sprovedbe drugog koraka proračuna modela otjecanja HEC - HMS - om, odnosno proračuna vodnog vala (hidrograma otjecanja) SCS jediničnim hidrogramom ("SCS UH Model"), izrađen je digitalni model terena promatranog slivnog područja - DEM (digital elevation model) preko modelske ekstenzije HEC-GeoHMS. U okviru određivanja karakteristika sliva i riječnog toka definiraju se fizičke karakteristike sliva kao što su: duljina, površina, nagib, obraštenost, i hidrološke karakteristike sliva: detekcija podslivova i dominantnih vodnih tokova, CN broja, vremena koncentracije, duljina i trajektorija tečenja sa sliva. Na taj način dobivaju se prostorni i hidrološki podaci pridruženi shemi tečenja kao ulazu u hidrološki model u sklopu HEC-HMS-a (Tablica I i slika 4).

Tablica I: Ulazne vrijednosti prostornih i hidroloških parametara u proračunski model otjecanja u HEC - HMS - u.

PODSLIV	povr'lina [km2]	BCN	CN saturirano	INITABST	vrijeme_konc [h]	storage koeff [h]
1	21,290	69	84	0,00	**1,777407**	**1,96**
2	0,470	94	97	0,00	0,180885	0,20
3	0,373	85	93	0,00	0,194237	0,21
4	1,228	80	90	0,00	0,231560	0,25
5	15,031	67	82	0,00	**1,131790**	**1,24**
6	4,275	69	84	0,00	**0,529114**	**0,58**
7	6,734	65	81	0,00	**0,473865**	**0,52**
8	18,882	68	83	0,00	1,780033	1,96
9	4,557	63	80	0,00	**0,355901**	**0,39**

Kao zadnji korak CRRS modela predstavlja tariranje modela. Izrađeni model otjecanja tariran je na jedan izmjereni vodni val ekstremnog događaja iz 1993. za koji je izmjereno vrijeme koncentracije bilo 3 sata, te za koji su rezultati (proračunati vodni val) uspoređeni sa izmjerenim.



Slika 5: Dijagram usporedbe izračunatog vodnog vala postavljenog parametarskog modela i izmjerenog vodnog vala na terenu.

Iz usporedbe izmjerenog i izračunatog vodnog vala vidljivo je da su, obzirom na vremensku os, približno jednako pozicionirani, odnosno da su im vremena koncentracije vrlo slična: vrijeme koncentracije izmjerenog vodnog vala iznosi t_c= 3 sata, a vrijeme koncentracije proračunskog vv iznosi t_c= 2,67 sata. To znači da ovaj proračunski model povezuje vrijeme koncentracije s oborinskim i fiziografskim svojstvima sliva na pouzdan način. Ta pouzdanost je u funkciji valjanosti i opsežnosti ulaznih oborinskih podataka i saznanja o terenu. Nadalje, vršno otjecanje izmjerenog i izračunatog vodnog vala gotovo je identično i iznosi: $Q_{izmjereno}$ = 301,40 m^3/s, dok je $Q_{izračunato}$ = 297,64 m^3/s. Iz ovih usporedbi zaključuje se da proračunski model kvalitativan opis fizikalnog procesa otjecanja daje na vrlo zadovoljavajući način. Glede kvantitativnog opisa procesa otjecanja vodni valovi su volumno vrlo slični. Naime, usporedbom volumena otjecanja na izlaznom profilu (pregrada Botonega) pokazala je vrlo male razlike u proračunskom i mjerenom volumenu vodnog vala: $V_{izmjereno}$ = 6.493.140 m^3, dok je $V_{izračunato}$ = 6.313.896 m^3. Razlika u volumenima, iako vrlo mala, nastala je uslijed određivanja granice sliva u digitalnom modelu (DEM - u) i stvarne površine sliva. Naime, površina sliva Botonege iznosi F = 73,04 km^2 ,dok je površina modela F = 72,84 km^2. Stoga je i izračunati volumen za cca 180.000 m^3 manji od izračunatog.

6 ZAKLJUČAK

Uvođenjem GIS - a u hidrološke modele izrađene u priznatim hidrološkim aplikacijama kao što je HEC - HMS, i njihova međusobna interakcija, unaprijeđuje konceptualne CRRS modele, tako da se eliminira subjektivna procjena ulaznih parametara, i prostorno preciznije definira domena vrijednosti svakog parametra pojedinačno, te konačno definira prostorne granice promjene vrijednosti parametara. Time se *konceptualni modeli*, izrađeni prema spomenutim parametarskim metodama određivanja otjecanja dovode na jednu znatno objektivniju razinu opisa istog. Nužan uvjet, prilikom izrade CRRS modela je veća pouzdanost podloga, koja je nužan uvjet svakog vjerodostojnog proračunskog modela. Na koncu, smatramo da primjena GIS - tehnologije u CRRS modelu, za što pouzdaniju procjenu otjecanja sa sliva, čini metodu izrazito konkurentnom, i postavlja u vrh snažnih alata za određivanje istog.

LITERATURA

[1] Chow V. T., McGraw - Hill, (1964): *Handbook of Applied Hydrology*, New York.

[2] Carević D., Ocvirk E., Kunštek D., ''The application of GIS at the karst torrent hydrology model''; XXIII Conference of Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management; 28-31 August 2006; Belgrade.

[3] Kunštek D.,(2003): *Parametarsko modeliranje otjecanja primjenom izokrona i GIS - tehnologije*, Magistarski rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

AUTORI:

Mr.sc. Duška Kunštek, dipl.ing.građ., Mr.sc. Eva Ocvirk, dipl.ing.građ.

Carević Dalibor, dipl.ing.građ., Kristina Novak, dipl.ing.građ

Ivan Halkijević

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb
Tel. (1) 4561 101, Fax (1) 4561 260, E - mail: kduska@master.grad.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.18.

SVEUČILIŠNI STUDIJI NA HIDROTEHNIČKOM SMJERU GRAĐEVINSKOG FAKULTETA SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Josip Marušić

SAŽETAK: U radu su dati osnovni pokazatelji o izradi preddiplomskog i diplomskog sveučilišnog studija građevinarstva te poslijediplomskog doktorskog i specijalističkog studija građevinarstva na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u skladu s *Bolonjskom deklaracijom*. U srpnju 2003. g. Hrvatski sabor je *izglasao novi Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju* kojim se predviđa usklađivanje hrvatskog visokog obrazovanja s ciljevima Bolonjske deklaracije koja je potpisana od 29 europskih država, 19. lipnja 1999. g., a Hrvatska je to učinila 2001. g. u Pragu. U 2003. g. uslijedile su aktivnosti i pripremni poslovi na usklađivanju, prilagodbi i izradi novih sveučilišnih studijskih programa građevinarstva na 4 Sveučilišta u Hrvatskoj. U sklopu TEMPUS-projekta izvršene su zajedničke aktivnosti i poslovi na razmjeni te usklađivanju glavnih pokazatelja sa sveučilišnim studijskim programima Građevinskih fakulteta Hrvatske i 6 inozemnih fakulteta.

Posebno su prikazani osnovni podaci o broju predmeta, sati predavanja i ECTS bodova za 6 semestara zajedničkog sveučilišnog preddiplomskog i 4 semestra diplomskog studija na hidrotehničkom smjeru te poslijediplomskog doktorskog i specijalističkog studija na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Prva generacija studenata preddiplomskog studija je upisana u akademskoj godini 2005./06.

KLJUČNE RIJEČI: sveučilišni, studijski, programi, građevinarstvo, hidrotehnika, predmeti, ECTS, bodovi, istraživanja, kompetencije

UNIVERSITY STUDIES AT THE HYDROENGINEERING DEPARTMENT OF THE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, UNIVERSITY OF ZAGREB

SUMMARY: The paper presents the basic indicators referring to the development of Bachelor and Master university studies, and to the postgraduate doctoral and specialized studies of civil engineering at the Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, congruent with the *Bologna Declaration*. In July 2003 the Croatian National Parliament *voted a new Law of Scientific Activity and High Education* foreseeing the coordination of Croatian high education with the goals of Bologna Declaration signed by 29 European countries on 19 June 1999, and Croatia signed it in 2001 in Prague. In 2003 certain activities and preparations were carried out on coordination, adjustment and production of

new university curricula of civil engineering at 4 Universities in Croatia. Within the scope of the TEMPUS project several common activities and works were performed concerning the exchange and coordination of main indicators with the university curricula of Civil Engineering faculties in Croatia and 6 foreign faculties.

The paper gives a description of basic data on the number of courses, number of lecture classes and ECTS scores for 6 semesters of the common university Bachelor and 4 semesters of Master studies at the Hydro - engineering Department, and of the postgraduate doctoral and specialized studies at the Faculty of Civil Engineering in Zagreb. The first generation of students of the Bachelor studies enrolled in the academic year 2005/06.

KEY WORDS: university studies curricula, civil engineering, hydrotechnics, courses, ECTS scores, research, competences

1. UVOD

U skladu s potrebama harmonizacije studija i usporedivosti akademskih stupnjeva u Europi je pokrenut proces reforme visokoškolskog obrazovanja u cilju stvaranja učinkovitog i tržištu prilagođenog europskog visokoškolskog sustava. Dana 19. lipnja 1999. godine ministri 29 europskih država potpisali su *Bolonjsku deklaraciju* koja ima slijedeće ciljeve:

- prihvaćanje sustava lako prepoznatljivih i usporednih akademskih i stručnih stupnjeva te uvođenjem dodatka diplomi (suplementa) za potrebe bržeg i lakšeg zapošljavanja međunarodne konkurentnosti europskog sustava visokog obrazovanja;
- *prihvaćanje jedinstvenog sustava tri glavna ciklusa visokog obrazovanja: preddiplomski, diplomski i doktorski studij*;
- uvođenje sustava bodova kao sredstva za promicanje što veće pokretljivosti studenata;
- promicanje pokretljivosti uklanjanjem prepreka slobodnom kretanju za studente i nastavnike;
- promicanje europske suradnje u osiguranju i unapređivanju kvalitete obrazovnog procesa;
- promicanje potrebne europske dimenzije visokog obrazovanja - međuinstitucionalnu suradnju, planove mobilnosti i integrirane programe studija obuke i istraživanja.

Usklađivanje mjera i predviđenih ciljeva trajno prati Europska komisija odnosno Generalni direktorat za obrazovanje i kulturu. Izvješća obuhvaćaju analize struktura visokog obrazovanja, analize zakonodavstva i namjeravanih reformi te analize drugih aspekata vezanih za ciljeve *Bolonjskog procesa.*

Na sastanku ministra obrazovanja održanom u Pragu 2001. godine i *Hrvatska* je potpisala *Priopćenje* s kojim se punopravno priključila *Bolonjskom procesu obrazovanja,* a u priopćenju kojeg su potpisale 32 države, novi ciljevi su: uspostava strategije cjeloživotnog obrazovanja, sudjelovanje sveučilišta i drugih visokoobrazovnih ustanova te studenata u organizaciji i sadržaju studijskih programa, promicanje privlačnosti europskog prostora visokog obrazovanja.

Hrvatski je sabor u srpnju 2003. godine izglasao novi *Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju* (ZZDVO) u čijim odredbama se predviđa usklađivanje hrvatskog

visokog obrazovanja s navedenim ciljevima Bolonjskog procesa 1999. i Praškog priopćenja (2001.) Usklađivanje obuhvaća vrste, razine i trajanje studija, sustav ECTS bodova i akademske nazive.

2. ZAJEDNIČKE AKTIVNOSTI GRAĐEVINSKIH FAKULTETA SVEUČILIŠTA U ZAGREBU, OSIJEKU, RIJECI I SPLITU

U 2003. godini počele su zajedničke aktivnosti za međusobno usklađivanje, prilagodbu i izradu novih sveučilišnih studijskih programa građevinarstva u Hrvatskoj u skladu s *Bolonjskom deklaracijom.* Aktivnosti su prihvaćene kao projekt za financiranje u sklopu europskog programa TEMPUS - zajedno s Građevinskim fakultetom Sveučilišta u Ateni, Glasgowu, Ljubljani, Pecsi, Stuttgartu i Trstu te *Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu*. Projektom je predviđena razrada prilagodbe programa europskim procesima, te uvođenje mjera za povećanje učinkovitosti i privlačnosti studija građevinarstva sa slijedećim ciljevima:

- preoblikovanje i prilagodba studijskih programa u skladu s Bolonjskom deklaracijom,
- razvoj sustava i postupaka osiguranja, kontrole kvalitete studija radi ostvarenja i održavanja te kontinuiranog poboljšanja kvalitete studija - kao sustavnog dijela unutrašnje kontrole i vanjskog vrednovanja visokih učilišta cjelokupnog procesa sustava obrazovanja,
- obnova studijskih programa i uvođenje novih nastavnih oblika s uključivanjem suvremenih trendova u visokom obrazovanju uporabom suvremenih informacijskih tehnologija i komunikacijskih vještina u procesu provedbe novih nastavnih programa.

U 2004., 2005. i 2006. g. održano je 7 «Okruglih stolova - Radionica» na kojima se raspravljalo i usklađivalo sadržaje sveučilišnih studijskih programa građevinarstva 4 hrvatska i 6 europskih Građevinskih fakulteta.

3. PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA U ZAGREBU

Preddiplomski sveučilišni studij građevinarstva prvi je u slijedu od tri stupnja u procesu visokog obrazovanja u polju građevinarstva a uskladu sa smjernicama Bolonjske deklaracije. Predviđen je kao jedinstveni i opći trogodišnji sveučilišni studij na koji se mogu upisati učenici koji su završili odgovarajuće četverogodišnje opće ili tehničko srednje obrazovanje. *Cilj preddiplomskog studija je da studenti učinkovito svladaju znanstvene osnove i dio zajedničkih praktičnih znanja građevinske struke koji će im poslužiti ili za zapošljavanje na jednostavnijim stručnim poslovima u građevinarstvu ili kao preduvjet za daljnje uspješno specijalističko stručno ili znanstveno usavršavanje u polju građevinarstva.* U procesu predlaganja nastavnog programa nastojalo se ostvarenju ravnoteže između znanstvenih osnova struke i stručnih znanja koja su potrebna u djelatnostima i granama građevinarstva. Pri sastavljanju predloženih programa studija korišteni su pokazatelji sveučilišnih studija građevinarstva iz slijedećih europskih gradova: Delft - Nizozemska, Zürich, Hannover, Stuttgart, Trst, Glasgow. Također su korištene preporuke dva velika europska projekta čiji je zadatak definiranje ciljeva visokog obrazovanja u građevinarstvu

(SOCRATES i EUCEET - Europen Civil Enginering Education and Training) te preporuke njemačke udruge agencija za akreditaciju visokoobrazovanih nastavnih programa u građevinarstvu.

Pri sastavljanju predloženog preddiplomskog studija građevinarstva prihvaćen je ECTS bodovni sustav. Za svladavanje nastavnih obveza kojima odgovara jedan ECTS bod potrebno je 30 sati rada prosječnog studenta. Zajedno s propisanim sadržajima studijskih predmeta može se procjeniti stečeno znanje i vještine studenata koji uspješno izvršava svoje studentske obveze. Praćenje kvalitete uspješnosti izvedbe studija kontnuirano provodi Odbor za nastavu i Fakultetsko vijeće. Sastavni dio toga je i provedba studentske ankete. U provjeru uspješnosti izvedbe studijskih programa planira se uključivanje predstavnika *Komore-razreda inženjera građevinara i trgovačkih društava koji se bave građevinarstvom.* U akademskoj godini 2005./06. upisana je prva generacija studenata na preddiplomski studij građevinarstva po nastavnom programu u nominalnom trajanju od 3 godine (I. - VI. semestar)- sa stjecanjem akademskog stupnja **prvostupnik građevinarstva**.

Tablica 1.: Osnovni pokazatelji o broju predmeta, sati predavanja i bodova po semestru preddiplomskog studija

Semestar	Broj predmeta	Broj sati		Ispit	ECTS bodovi	Broj ispita	Broj hidro-predmeta sati i bodova		
		pred.	vježbi						
I.	4 + 6*(2^x)	15	10	5	30	5	-	-	-
II.	6 -	14	11	5	30	5	-	-	-
III.	5 + 2*(1^x)	14	10	6	30	6	2	(5+2+2)	9
IV.	4 + 4*(2^x)	16	8	6	30	6	1	(2+1+1)	4
V.	4 + 4*(2^x)	16	9	6	31	6	-	-	-
VI.	5 + 2*(1^x)	12	9	8	29	6	1	(3+0+1)	4
Ukupno	28+18 (8)	87	57	36	180	34	4	(10+3)	17

* Ukupan broj izbornih predmeta; (^{x}) - broj izbornih predmeta koji se upisuju

Na kraju VI. semestra izrada završnog rada s polaganjem završnog ispita (3 boda) ECTS sustav (European Credit Transfer System) - dokument u kojem se jasno opisuje stečena titula i njezino značenje, daje se popis položenih predmeta s odgovarajućim bodovima (Diploma Supplement).

U I., II. i V. semestra nema hidrotehničkih predmeta.

U III. semestru studenti upisuju predmet *Mehanika tekućina* (3 + 2 + 1 = 6 bodova) i predmet *Hidrologija I.* (2 + 0 + 1 = 3 boda).

U IV. semestru studenti upisuju predmet *Opskrba vodom i odvodnju* (2 + 1 + 1 = 4 boda) ili *Zaštitu voda* (2 + 1 + 1 = 4 boda).

U VI. semestru studenti upisuju predmet *Hidrotehničke građevine* (3 + 0 + 1 = 4 boda).

U tablici 2. dat je prikaz osnovnih pokazatelja o zastupljenosti pojedinih skupina predmeta za preddiplomski, diplomski i poslijediplomski studij građevinarstva.

Tablica 2.: Obilježja preddiplomskog studija građevinarstva (I.-VI. semestra)

Studij	Sadržaj (postoci se odnose na omjere u odnosu na ukupni broj ECTS bodova studija)	Akademski stupanj
Preddiplomski (3 godine, 180 ECTS bodova). Jedinstveni studij s barem 15% izbornih predmeta.	- ***Opći temeljni sadržaj (26%):*** Matematika, Deskriptivna geometrija, Fizika, Informatika, Mehanika; - ***Stručni temeljni sadržaj (38%):*** Visokogradnje, Geodezije, Materijali, Mehanika tekućina, Hidrologija, Geologija, Zaštita okoliša, Otpornost materijala, Građevna statika, Mehanika tla i stijena, Građevinska regulativa; - ***Stručni (31%):*** Opskrba vodom i odvodnja, Betonske, zidane, metalne, drvene konstrukcije; Geotehnika, Prometnice, Tehnologija građenja, Organizacija građenja, Mostovi, Hidrotehničke građevine, Terenska nastava; - ***Ostalo (3%):*** Uvod u graditeljstvo, društveni predmet; - (strani jezici, sociologija, poslovna ekonomija, osnove prava za građevinare); - Završni ispit (2%).	Prvostupnik-prvostupnica (baccalaureus/ baccalaurea) građevinarstva.

Kompetencije stečene preddiplomskim studijem građevinarstva u Zagrebu

Osobne kompetencije

Završeni je student sposoban*:* razmjenjivati informacije, ideje, probleme i rješenja sa stručnim i s laičkim osobama prilagođavati se promjenama u tehnologiji i metodama rada u okviru cijeloživotnog obrazovanja; učinkovito surađivat u projektnim timovima i prilagoditi se zahtjevima radne okoline; razumjeti utjecaje inženjerstva na društvo i okolinu te pokazati visokomoralni i etički pristup u rješavanju inženjerskih problema; primjeniti stečena znanja i navike u svom daljnjem stručnom i akademskom obrazovanju; kritički procjenjivati argumente, predpostavke, apstraktne koncepte i podatke pri donošenju odluka i pri svom doprinosu rješavanju kompleksnih problema, a sve na kreativan način; pokazati razumjevanje za nesigurnost, nejasnoću i ograničenja znanja.

Akademske kompetencije

Završeni je student sposoban*:* primjenjivati znanja iz matematike, znanosti i inženjerstva u građevinarstvu; pripremati i provoditi eksperimente te analizirati i interpretirati rezultate; prepoznati, opisati i rješavati inženjerske probleme; prepoznati interakciju između projektiranja, građenja marketinga, zahtjeva korisnika i uklanjanja građevine; koristi se uobičajenim računarskim alatima za izradu dokumenata, prezentacija, internetskih stranica, provedbu proračuna i simulacija; projektirati konstrukcije na osnovnoj razini; upravljati i nadzirati manji građevinski projekt; dimenzionirati manje građevinske konstrukcije na statička opterećenja; sudjelovati u planiranju i projektiranju vodogradnja i prometnica; prihvatiti pomoćnu ulogu u djelovima većih projekata kao što su ceste, mostovi, tuneli, luke i zgrade.

4. OSNOVNI PODACI O SMJEROVIMA SVEUČILIŠNOG DIPLOMSKOG STUDIJA GRAĐEVINARSTVA U ZAGREBU

Diplomski studij traje 2 godine (I.-IV. semestra), 120 ECTS bodova na 7 smjerova: *Geotehnika, **Hidrotehnika**, Konstrukcije, Materijali, Organizacija građenja, Prometnice, Teorija i modeliranje konstrukcija.*

Broj ECTS bodova: matematika i uvod u istraživački rad (8%), predmeti smjera - temeljni i istražni (57%), izborni predmeti uz suglasnost mentora (20%) i magistarski rad (15%).

Akademski stupanj: magistar građevinarstva.

Tablica 3.: Osnovni podaci o smjerovima sveučilišnog diplomskog studija građevinarstva u Zagrebu

Redni broj	SMJER DIPLOMSKOG STUDIJA	Broj predmeta, sati predavanja i vježbi, ispita i ECTS-bodovi										Napomena (postotak bo-dova obavez-ni+izborni predmeti)
		Obavezni predmeti					Izborni predmeti					
		I.	II.	III.	IV.	Uk.	I.	II.	III.	IV.	Uk.	
1.	GEOTEHNIKA (15-izbornih predmeta)	4 8+7 3 22,5	4 9+9 4 27	3 6+4 3 15	1 2+2 1 6	12 25+22 11 70,5	1 3+2 1 7,5	1 2+0 1 3	3 6+4 3 15	1 2+2 1 6	6 13+8 6 31,5	18 predmeta 38+30=68 sati 17 ispita 102(69+31%)
2.	HIDROTEHNIKA (22-izborna predmeta)	4 9+6 3 22,5	3 8+7 3 23	2 5+3 2 12	- - - -	9 22+16 8 57,5	1 3+2 1 7,5	2 4+1 2 7	3 6+6 3 18	2 4+4 2 12	8 17+13 8 44,5	17 predmeta 39+29=68sati 16 ispita 102 (56+44%)
3.	KONSTRUKCIJE (16-izbornih predmeta)	5 9+6 4 22,5	5 10+10 5 30	2 4+4 2 12	2 4+2 2 9	14 27+22 13 73,5	1 3+2 1 7,5	- - - -	4 8+4 4 18	1 2+1 1 3	6 13+6 6 28,5	20 predmeta 40+28=68 sati 19 ispita 102 (72+28%)
4.	MATERIJALI (20-izbornih predmeta)	4 9+6 3 22,5	3 8+6 3 21	3 6+6 3 18	1 2+2 1 6	11 25+20 10 67,5	1 3+2 1 7,5	2 4+2 2 9	2 4+4 2 12	1 2+2 1 6	6 13+10 6 34,5	17 predmeta 38+30=68 sati 16 ispita 102 (66+34%)
5.	ORGANIZACIJA GRAĐENJA (18-izbornih predmeta)	4 9+6 4 22,5	3 9+5 3 21	3 4+8 2 18	2 5+1 2 9	12 27+20 11 70,5	1 3+2 1 7,5	2 4+2 2 9	2 4+4 2 12	1 2+0 1 3	6 13+8 6 31,5	18 predmeta 40+28=68 sati 17 ispita 102 (69+31%)
6.	PROMETNICE (16-izbornih predmeta)	4 8+7 3 22,5	5 11+7 5 27	5 11+3 4 21	1 2+0 1 3	15 32+17 13 73,5	1 3+2 1 7,5	1 2+0 1 3	2 4+2 2 9	2 4+2 2 9	6 13+6 6 28,5	21 predmet 45+23=68 sati 19 ispita 102 (72+28%)
7.	TEORIJA I MODELIRANJE KONSTRUKCIJA (20-izbornih predmeta)	4 7+4 3 15	5 12+9 5 31,5	3 6+5 3 18	- - - -	12 25+18 11 64,5	2 5+4 2 13,5	- - - -	2 4+2 2 12	3 6+3 3 12	7 15+9 7 37,5	19 predmeta 40+27=67 sati 18 ispita 102 (63+37%)

Broj ***obaveznih predmeta*** od 9 do 15 po smjeru studija.
Broj ***izbornih predmeta*** koje studenti upisuju od 6 do 8 po smjeru studija.
Ukupan broj predmeta od 17 do 21 (iz drugih usmjerenja od 3 do 5).
Ukupan broj ***izbornih predmeta*** iz drugih smjerova i drugih studija na Sveučilištu u Zagrebu od 3 do 5.
Ukupan broj ispita od 16 do 19 po smjeru studija.
Broj predmeta iz kojih se radi seminarski rad - od 1 do 2 (a ne polože ispit) ***metode istraživačkog rada*** (svi smjerovi) i stručna praksa (smjer Organizacija građenja).
Završni rad za sve smjerove - 18 ECTS-bodova (u IV semestru).
Predmet: ***metode istraživačkog rada*** je u prvom semestru (1 sat; 1,5 ECTS-bod) diplomskog studija na svim smjerovima osim ***Prometnice*** - na kojem je u III. semestru.
Strani jezik (3 sata; 4,5 ECTS-boda) je u II semestru na smjeru Organizacija građenja; III. semestar na smjeru G, K, P i TMK i u IV semestru na smjeru H i M.
Tema - zadatak završnog rada odobrava se prilikom upisa u zadnju godinu studija.
Tjedne obveze studenata i broj izbornih predmeta (postotak) usklađen je sa statutom Sveučilišta u Zagrebu.

Kompetencije stečene diplomskim studijem građevinarstva (Sveučilište u Zagrebu)

Osobne kompetencije:

prihvatiti analitički pristup radu, temeljen na širokom i dubokom poznavanju znanosti; preuzeti vodeću ulogu u poduzećima +trgovačkim društvima, istraživačkim organizacijama te pridonositi inovacijama; planirati, nadzirati i izvoditi stručne, razvojne i znanstvene projekte; rastumačiti svoje zamisli i projekte suradnicima; pronalaziti rješenja tehničkih i ljudskih problema u radnoj sredini; primjeniti stečena znanja i kvalitete pri donošenju odluka na odgovornim radnim mjestima; raditi na međunarodnoj razini uzimajući u obzir kulturne, jezične, jezične i društvene utjecaje; prihvatiti odgovornost za vlastite odluke; prihvatiti zahtjeve drugih struka i biti spreman sudjelovati u interdisciplinarnim aktivnostima.

Akademske kompetencije:

sveobuhvatno razumjeti opće fenomene i probleme građevinarstva, a posebno u grani građevinarstva u kojoj se specijalizira; pronalaziti načine kako produbiti razumijevanje problema u grani građevinarstva u kojoj se specijalizira uživajući spoznaje iz drugih znanstvenih znanstvenih disciplina; primjeniti stečena znanja i vještine pri projektiranju i održavanju složenih građevinskih konstrukcija, zahvata i sustava u grani svoje specijalizacije sa stajališta stabilnosti, sigurnosti, uporabivosti, zaštite okoliša i troškova; tumačiti socijalne aspekte građevinskih pothvata na kojima radi kao i socijalni kontekst u kojem se građenje događa; primjeniti cijelo svoje osobno znanje i znanstveni pristup pri ostvarenju navedenih ciljeva; pokazati visoki stupanj profesionalnog znanja i ponašanja u grani građevinarstva za koju je specijaliziran; primjeniti stečene vještine i znanja potrebna za prepoznavanje, formuliranje i analiziranje problema te pronaći prihvatljiva rješenja u grani građevinarstva u kojoj se specijalizirao; stalno pratiti i usavršavati se u struci.

5. PROGRAM DIPLOMSKOG SVEUČILIŠNOG STUDIJA GRAĐEVINARSTVA U ZAGREBU

Smjer: Hidrotehnika (I. - IV. semestra; 120 bodova)

I. god. 1. semestar

Predmet			Broj sati			
			pred.	vjež	ispit	ECTS
1	Izborni	Matematika 3 Stohastički procesi	3	2	1	7,5
2	Metoda istraživačkog rada (seminarski rad)		1	0	0	1,5
3	Hidraulika		3	2	1	7,5
4	Hidrologija 2		2	2	1	6,0
5	Regulacije vodotoka		3	2	1	7,5
	Ukupno		12	8	4	30,0

I. god. 2. semestar

Predmet			Broj sati			
			pred.	vjež.	ispit	ECTS
1	Izborni	Opskrba vodom i odvodnja 1 Zaštita voda	2	1	1	4,0
2	Plovni putevi i luke		3	3	1	9,0
3	Hidrotehničke melioracije 1		3	2	1	7,5
4	Korištenje vodnih snaga		2	2	1	6,5
5	Izborni	Primijenjena geologija Zaštita okoliša	2	0	1	3,0
	Ukupno		12	8	5	30,0

II. god. 3. semestar

Predmet			Broj sati			Bodovi
			pred.	vjež.	ispit	ECTS
1	Hidrotehnički sustavi		3	1	1	6,0
2	Opskrba vodom i odvodnja 2		2	2	1	6,0
3	Izborni predmet		2	2	1	6,0
4	Izborni predmet		2	2	1	6,0
5	Izborni predmet		2	2	1	6,0
	Ukupno		11	9	5	30
Izborni predmet: 3. semestar						
1	Izborni za 3., 4. i 5.	Urbana hidrologija	2	2	1	6,0
2		Pročišćavanje voda	2	2	1	6,0
3		Modeliranje hidrotehnici	2	2	1	6,0
4		Hidrotehničke melioracije 2	2	2	1	6,0
5		Postupci zaštite od voda	2	2	1	6,0
6		Osnove diferencijalne geometrije	2	2	1	6.0
7		Ostali izborni predmeti (drugi smjerovi)				

II. god. 4. semestar

Predmet			Broj sati			Bodovi
			pred.	vjež.	ispit	ECTS
1	Izborni	Predmet	2	2	1	6
2	Izborni predmet		2	2	1	6
3	Završni rad		0	12	1	18
	Ukupno		4	16	3	30,0

Izborni predmet: 4. semestar						
1	Izborni za 1. i 2.	Projektiranje u hidrotehnici	0	4	0	6,0
2		Biološke vodogradnje	2	2	1	6,0
3		Hidrotehnička zaštita prometnica	2	2	1	6,0
4		Eksperimentalna hidraulika	2	2	1	6,0
5		Posebni hidroenergetski sustavi	2	2	1	6,0
6		Pomorske građevine	2	2	1	6.0
7		Strani jezik	0	3	1	4,5
8		Numerička matematika	2	2	1	6,0
9		Perspektiva	2	2	1	6,0
10		Valovi titranja	2	2	1	6.0

7. ZAKLJUČAK

Na sastanku ministara obrazovanja u Pragu 2001. g. Hrvatska je potpisala Priopćenje s kojim se punopravno priključila Bolonjskom procesu obrazovanja, a u skladu s novim Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju koji je izglasan u srpnju 2003. g. uslijedile su aktivnosti i poslovi na izradi novih sveučilišnih studijskih programa u Hrvatskoj. Fakultetsko vijeće Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu je na sjednici 11. ožujka 2005. g. donijelo ZAKLJUČAK kojim se utvrđuje prijedlog studijskih programa preddiplomskog i diplomskog sveučilišnog studija građevinarstva. Dana 2. lipnja 2005. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu je dobio dopusnicu za izvođenje preddiplomskog i diplomskog sveučilišnog studija građevinarstva, a prva generacija studenata upisana je u akad. god. 2005./06.

Preddiplomski studij traje tri godine odnosno šest semestara zajedničkih nastavnih sadržaja s ukupno 180 ECTS bodova - od 25 do 35 ECTS bodova po semestru. Nakon završetka preddiplomskog studija stječe se akademski naziv prvostupnik (baccalaureus-a) građevinarstva - s opisom stečenih osobnih i akademskih kompetencija i poslova.

Diplomski studij traje dvije godine odnosno četiri semestra s predmetima sedam smjerova - također od 25 do 35 ECTS bodova po semestru. Nakon završenog diplomskog sveučilišnog studija stječe se akademski naziv magistar-ra građevinarstva - s opisom stečenih osobnih i akademskih kompetencija i poslova.

Nažalost kadrovski i prostorni kapaciteti Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu ne zadovoljavaju potrebe preddiplomskog sveučilišnog studija građevinarstva po *Bolonjskoj deklaraciji* - zbog potrebe održavanja nastave i vježbi za manji broj studenata odnosno za veći broj skupina studenata u odnosu na dosadašnje nastavne programe sveučilišnog studija građevinarstva.

POPIS LITERATURE - IZVORA PODATAKA

1. Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN 123/03; 198/03, 105/04 i 174/04.

2. Darko Polšek, Visoko školstvo u Hrvatskoj i zahtjevi Europske unije, Poglavlje 11. u knjizi „Pridruživanje Hrvatske Europskoj uniji“, - Izazovi institucionalne prilagodbe, Institut za javne financije, Zagreb, 2004.

3. Statut Sveučilišta u Zagrebu, 25. veljače 2005.

4. Statut Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 11. listopad 2005.

5. Zaključak Fakultetskog vijeća Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (11. ožujak 2005.), Program preddiplomskog sveučilišnog studija građevinarstva.

6. Dopuna Nacionalnog vijeća za visoko obrazovanje, MZOŠ, (2006.). Dopusnica Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu za izvođenje preddiplomskog i diplomskog sveučilišnog studija građevinarstva.

7. Radionice Građevinskih fakulteta iz Hrvatske i inozemstva (4) o preddiplomskom i diplomskom studiju građevinarstva, Tempus projekt (2005. i 2006.), Zagreb, Split, Rijeka, Trst, Atena, Glazgov, Stutgart.

8. Prof.dr.sc. Antun Szavits-Nossan (2006.): Bolonjska deklaracija i novi studiji građevinarstva; Građevinar 58, 5, 357-366, Zagreb.

9. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2006.): Preddiplomski i diplomski sveučilišni studij građevinarstva, Zagreb.

AUTOR:

prof. dr. sc. Josip Marušić, dipl. ing. građ.,
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26,
tel. 01/4639-612, fax 01/4639-238, e-mail: marusicj@grad.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.19.

NEKE IMPLIKACIJE OKO PRIMJENIVOSTI MEĐUNARODNIH STANDARDA FINANCIJSKOG IZVJEŠĆIVANJA U HRVATSKIM VODAMA

Ivo Mijoč, Dražen Ćućić, Krešimir Belčić

SAŽETAK: Stupanjem na snagu Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja u svakodnevnu praksu uvode se nova pravila oko postupanja i prikazivanja računovodstvenih pozicija. Takvim činom određuju se obveznici primjene standarda financijskog izvješćivanja po kojima se moraju prikazivati bilančne pozicije u financijskim izvještajima poslovnih subjekata. Financijska izvješća sastavljena prema napucima Odbora za Međunarodne standarde financijskog izvješćivanja namijenjeni su eksternim korisnicima koji dolaze iz različtog društvenog miljea i kojima su potrebne raznolike informacije ovisno o načinu ustrojstva njihovog poslovanja. Sukladno pravnim stečevinama Europske unije i standardima financijskog izvješćivanja pojedini društveni segmenti imaju alternativu u primjeni spomenute materije čime želimo implicirati kako su takve norme i standardi neophodni u radu institucija i pravnih osoba, gdje ćemo se osvrnuti na primjenjivost standarda financijskog izvješćivanja u Hrvatskim vodama, koje su eklatantan primjer maloprije spomenutog izuzeća.

KLJUČNE RIJEČI : financijska izvješća,*Hrvatske vode,* Odbor za Međunarodne standarde financijskog izvješćivanja,eksterni korisnici.

SOME IMPLICATIONS OF APPLICABILITY OF INTERNATIONAL FINANCIAL REPORTING STANDARDS IN HRVATSKE VODE

SUMMARY: International Financial Reporting Standards have brought some new rules and procedures into the way accounting items are presented. They also determine which companies are obliged to apply the financial reporting standards when preparing their financial statements and balance sheets. Financial statements prepared in accordance with the instructions of the International Accounting Standards Board are intended for external users coming from a different business background that might need a range of information, depending on the way they run their operations. In accordance with the EU *acquis* and financial reporting standards, certain legal entities have an alternative in applying these regulations. We suggest that such standards are nevertheless essential for public institutions and legal entity. This paper will look into applicability of financial reporting standards in the public water management company *Hrvatske vode*, which is an example of the above mentioned exemption.

KEYWORDS: financial statements, *Hrvatske vode*, International Accounting Standards Board, external users.

1. UVODNA RAZMATRANJA OKO MEĐUNARODNIH STANDARDA FINANCIJSKOG IZVJEŠĆIVANJA

Donošenjem i stupanjem na snagu novog Zakona o računovodstvu došlo je do bitnih izmjena i promjena u odnosu na računovodstveni sustav vrijednosti koji se primjenjivao do te izmjene. Novi Zakon o računovodstvu uvodi u svakodnevnu praksu obveznu primjenu, dosada nepoznatih i nedovoljno istraženih, Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja. To nas dovodi do zaključka da je nužno poznavanje i razumijevanje standarda financijskog izvješćivanja. Ipak, moramo imati u vidu da računovodstvena teorija razlikuje računovodstvene i revizijske standarde. Ovdje ćemo dati pregled i analizu efikasnosti standarda financijskog izvješćivanja, te naglasiti njihovu važnost u svakodnevnoj primjeni s ciljem minoriziranja mogućih komplikacija koji obično nastaju kao posljedica nepoznavanja spomenutih standarda, ali i neusklađenosti pojedinih propisa sa Međunarodnim standardima financijskog izvješćivanja.

Hrvatsko gospodarstvo predstavlja uređen sustav koji u većem-manjem dijelu dobro funkcionira , a kojega čine različite pravne i fizičke osobe , te ostali sudionici gospodarskog života koji međusobno kontaktiraju i surađuju sa različitim organizacijama i javnim ustanovama u svome djelokrugu rada, a pri tome cjelokupno računovodstvo i financijsko izvješćivanje treba biti usuglašeno sa odredbama Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja.

Kako bi se u potpunosti razumjela suština i bit standarda financijskog izvješćivanja potrebno je poznavati Međunarodne računovodstvene standarde, njihovu politiku i načela kao i samu važnost računovodstva budući da oni predstavljaju ključni faktor u povezivanju određenih elemenata koji se u konačnici reflektiraju na samu izradu i prezentiranje temeljnih financijskih izvještaja.

Republika Hrvatska također je obvezna primjenjivati donešene i usvojene Međunarodne standarde financijskog izvješćivanja uz obvezu revidiranja temeljnih financijskih izvještaja od strane ovlaštenih osoba i institucija kako bi se osigurala vjerodostojnost sastavljenih isprava i dokumentacija namijenjenih eksternom financijskom izvješćivanju.

Određene devijacije , koje su se u našoj praksi pokazale da postoje u vidu ne primjenjivanja i parcijalnog poznavanja tretirane tematike stavlja nas u poziciju da su standardi financijskog izvješćivanja nužni kao i njihovo poznavanje i razumijevanje, a netransparentnost pojavljuje se kao posljedica različitih čimbenika (privatizacija, restrukturiranje, tranzicija, Domovinski rat, usvajanje pravnih stečevina Europske unije i sl.).

Uvođenjem obligacije u svezi izrade financijskih izvještaja sastavljenih na temelju Zakona o računovodstvu može se u kratkom roku predvidjeti uspjeh ili neuspjeh, dakle, opstojnost poslovnih jedinica i organizacija u mikro i makro okruženju.

2. RAČUNOVODSTVO PREMA MEĐUNARODNIM STANDARDIMA FINANCIJSKOG IZVJEŠĆIVANJA

Republiku Hrvatsku zahvatili su neizbježni procesi u vidu tranzicije s kojima je suočeno i hrvatsko gospodarstvo , a kojega karakterizira veliki broj propadanja poslovnih subjekata, te brojne ovrhe i stečajevi. Međutim, tu su mnogobrojni drugi faktori i čimbenici koji stvaraju poteškoće u poslovanju gospodarskim subjektima koji ga dovode pred sam čin pokretanja stečajnog postupka. U takvom okruženju uloga računovodstva i revizije je neminovna , koja mora provoditi određene mjere radi utvrđivanja nepravilnosti u radu, potom provođenju određenih korektivnih mjera radi ispravljanja uočenih poteškoća

u poslovanju, te konačno izvještavati javnost o situaciji u kojoj se nalazi revidirani subjekt.

Računovodstvena struka treba shvaćati kao svojevrsni most, koji će stvarati ravnotežu između korisnika financijskh izvještaja i zakonodavstva, te ujedno balansirati sve sudionike gospodarskog sustava pogotovo kada se radi o primjeni Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja, ali i ostalim elemetnima računovodstva.

Potreba edukacije mladih i obrazovanih ljudi, poglavito kroz upoznavanje sa materijom Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja , predstavlja hrvatski imperativ poglavito u sferi računovodstvene teorije i prakse uz nužnost poznavanja barem jednog stranog jezika.

Kako bi svi sudionici hrvatskog gospodarstva mogli ostvarivati postavljene ciljeve i podciljeve, te izvršavati definirane zadatke nužno je uspostavljanje računovodstveno-informacijskog sustava kao svojevrsna podrška u radu i djelovanju bez kojega izostaje pravilna upotreba i primjena standarda financijskog izvješćivanja.

3. PRIMJENJIVOST MEĐUNARODNIH STANDARDA FINANCIJSKOG IZVJEŠĆIVANJA U HRVATSKIM VODAMA

Već smo govorili o modernizaciji računovodstva i njegovoj usmjerenosti ka suvremenim i modernim tokovima koji su zahvatili sve sfere društvenog i gospodarskog života , a koji sublimiraju svjetske trendove i kretanja u progresivnom obliku nezaobilazeći ni naše krajeve.

Postavljajući takve premise ,kao primar, svrha nam je ukazati na funkcionalnost, važnost i nužnost Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja koje će u što skorijoj budućnosti biti nužno i neophodno poznavati . Ovaj proces pogotovo biva naglašen kako je Hrvatska pokazala tendenciju ka pridruživanju i uključivanju u sve eurointegracije, a to nužno podarzumijeva usklađenost pravnih stečevina Europske unije i hrvatskog zakonodavstva. Takvim činom naglašava se izvješćivanje koji će se temeljiti na transparentnosti i efikasnosti, koji će pritom osiguravati zadovoljavanje generalnih interesa , izbjegavajući parcijalnost , i potreba širih društvenih masa. Na taj način se mogu kanalizirati transparentni sustavi, koji su se specificirali za određenu djelatnost/-i , te usavršavaju se u tom pogledu i pravcu.

Takve spoznaje dovode nas do zaključaka o načinu organiziranja primjene standarda financijskog izvješćivanja, o načinu ispunjavanja postavljenih općih i posebnih ciljeva, o djelokrugu standarda, postavkama osnovnog koncepta, računovodstvenim postupcima, načinu prezentiranja i objavljivanja, učincima primjene financijske analize i pokazatelja u ovisnosti o stupnju realizacije planiranih aktivnosti aktualiziranih kroz njihovu primjenu ukazujući na njihovu važnost u područjima na kojima se primjenjuju..

Inicijativa Euorpske unije o aplikativnosti standarda financijskog izvješćivanja na sustavan i studiozan način dovodi nas do formiranja pozitivnog mijenja o načinu korištenja Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja , te upoznavanjem šireg miljea o sustavu vrijednosti koji vlada ili je uspostavljen unutar poslovnih jedinica koji po svome ustroju predstavljaju specifičnost računovodstvenog sustava.

"Hrvatske vode" kao jedna od respektabilnijih javnih ustanova Republike Hrvatske odličan su primjer svim ostalim ustanovama u regiji i šire, koja je pogodna za primjenu instrumenata standarda financijskog izvješćivanja. *"Hrvatske vode"* ustrojene su kao pravna osoba i neprofitna organizacija, a to je važno napomenuti budući da prikupljeni

prihodi vodnog gospodarstva čine akumuliranu sumu prihoda, koja se ,zatim, alocira na daljnje investicije, posebice za unapređenje postojeće vodnogospodarske infrastrukture reguliranih Međunarodnim standardima financijskog izvješćivanja. Zakonom o računovodstvu pravne osobe poput *"Hrvatskih voda"* imaju mogućnost izbora oko primjene standarda financijskog izvješćivanja, te ih mogu ,ukoliko tako odluče, čak i djelomično primjenjivati u svome poslovanju o čemu moraju sačiniti bilješku kod izrade temeljnih financijskih izvješća.

Vođeni idejom da Međunarodni standardi financijskog izvješćivanja su uistinu bitni faktori poslovnog uspjeha , koji bi nam u prvome redu trebali pomoći u predviđanju i prognoziranju poslovnih problema, dolazimo do spoznaje kako bi trebalo ,barem, parcijalno propisati obveznu primjenu standarda financijskog izvješćivanja u djelovanju i radu javnih ustanova i neprofitnih organizacija.

Nestabilnost financijskih tijekova, slab kontrolni mehanizam, nedostatak računovodstvenog znanja i umijeća čimbenici su koji pospješuju stupanj neizvjesnosti i rizika u poslovanju , a koji se podjednako pojavljuju u stabilnim i nestabilnim gospodarstvima. To prvenstveno znači da se stvorila potreba za divezifikacijom rizika poslovanja ,kao logičnog čina, kroz poznavanje i pravilnu primjenu propisanih regula Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja. Dakle, postoji niz determinanti koji pozitivno ili negativno određuju ovu materiju.

Standardi financijskog izvješćivanja usmjereni su na primjenu računovodstvenih sadržaja i okvira, u radu poslovnih subjekata, čiji je primaran cilj zarada i maksimiziranje profita, dakle zgrtanje bogatstva , ali i kvalitetno pružanje informacija dobivenih kroz financijske izvještaje neophodnih za stvaranje pozitivnog mikro i makro okruženja kao podloge za donošenje poslovnih odluka poštivajući pravila financijskog izvješćivanja.

Važnost standarda financijskog izvješćivanja ogleda se u njihovoj primijenjivosti kako bi se omogućio rad i djelovanje, korisnost i efikasnost financijskog izvješivanja u službi poslovnog sektora, a pomoću revidiranih računovodstvenih standarda dozvoljava se unapređenje i nadogradnja dosadašnjih istraživanja i spoznaja.

Dakle, pažnja je fokusirana na važan dio računovodstvene teorije i prakse, za koje moramo ustvrditi da su kompaktibilne i da se standardi financijskog izvješćivanja ne mogu razumijeniti bez nepostojanja kauzaliteta između ta dva elementa, budući da su mnogi poslovni subjekti, danas, suočeni sa poteškoćama u svome poslovanju što se u konačnici negativno reflektira na čitavo gospodarstvo i očitava kao posljedica nepoznavanja računovodstvenih propisa i standarda financijskog izvješćivanja.

Dosadašnja dostignuća računovodstvene teorije i prakse nisu diskutabilna , ali se različito primjenuju ,promatrano kroz prizmu različitih čimbenika, u Republici Hrvatskoj.

Postoji težnja i namjera da računovodstvena dostignuća, kao i ostale spoznaje, pripomognu strukovnom udruženju računovođa i sličnim strukovnim asocijacijama, kao i želja da što veći broj ljudi upozna važne činjenice o standardima financijskog izvješćivanja.

Ne smijemo zaboraviti aspiracije ni težnje Republike Hrvatske za punopravnim članstvom u sve eurointegracije. Naime, članstvo u Europskoj uniji ,između ostalog, preporuča usvajanje i prihvaćanje pravnih stečevina, a nama je cilj ukazati da članstvo osim prednosti koje donosi nužno znači i preuzimanje i ispunjavanje određenih obveza.

Analitički i sustavni pristup u shvaćanju standarda financijskog izvješćivanja može polučiti novim spoznajama u pogledu smanjenja vremena potrebnog u samostalnom istraživanju i upoznavanju relevantnih činjenica oko ustrojstva, organizacije i funkcioniranja Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja.

Zamijećeno iskustvo, možda i neiskustvo, računovodstvene struke u našoj državi

postavlja određene posebne zahtjeve u dva pravca . Prvi pravac kristalizira ne postojanje dovoljnog nadzora od odgovarajućih tijela nad poslovanjem gospodarskih subjekata. Napisano opravdavamo činjenicom da smo sve više svjedoci različitih natpisa o blokadi gospodarskih subjekata , koje zbog nepostojanja represivnih mjera mogu oštetiti širu društvenu zajednicu. Da li onda to nužno znači da postoje privilegirani pojedinci kojima je dopušteno sve?

Drugi pravac kristalizira teško činjenično stanje u pogledu edukacije, te time izravno implicirano teško stanje u našoj prosvjeti i znanosti. Računovodstvena struka mora svoje napore usmjeriti u pravcu unapređenja ove već i pomalo zapuštene i zapostavljene profesije.

Uloga ovog znanstveno-istraživačkog rada može se zrcaliti i u njegovoj izravnoj primjeni u gospodarskom miljeu ukazujući pri tome na važnost shvaćanja računovodstva kao svojevrsnog umjetničkog čina koja u kontroliranim uvjetima može povećati istinitost i objektivnost financijskih izvještaja, a potom minorizirati troškove poslovanja kao i ostale neželjene efekte imajući u vidu da je glavni imperativ i misija poduzeća poslovni uspjeh.

Očekivani teorijski doprinos može se objasniti razvojem novih aspekata oko shvaćanja Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja, koja su uglavnom slabo ili nedovoljno eksploatirano područje , u nas, sa uzlaznom putanjom u primjeni, a potom klasična dostignuća produbiti sa novim spoznajama , kao i mogućnost pravovremenog prognoziranja i uočavanja problema u poslovanju, kao i adekvatnim mjerama za njihovo suzbijanje i otklanjanje u čemu će nam uvelike pripomoći propisane regule i pravila Međunarodnih standarda financijskog izvješćivanja.

4. ZAKLJUČAK

Na samome početku možda smo trebali reći kako je ovo iznimno zahtjevna tema za obradu i istraživanje, zbog toga se napisano može sumirati i podijeliti u nekoliko faza.

Prvo, same spoznaje mogu u velikoj mjeri poslužiti u promicanju i unapređenju računovodstvene struke. Isto tako sva istraživanja mogu naći mjesto primjene izvan računovodstva prvenstveno zbog toga što mogu poslužiti različitim poslovnim subjektima (pravnim i fizičkim osobama) u sagledavanju turbulentnog okruženja u kojemu djeluju i posluju , ali i drugim osobama kao što su financijski analitičari, financijski manageri, banke i ostale kreditno-financijske institucije, jedinice lokalne i regionalne uprave i samouprave, razne udruge i zadruge koje su neprofitno organizirani i ini korisnici financijskih izvještaja, te može poslužiti i ostalim interesentima.

Drugo, stečena saznanja mogu poslužiti kao izvor informacija i ideja velikim strukovnim organizacijama i udruženjima u institucionalnom okruženju usmjeravajućim im pozornost kako povećati efikasnost, konkurentnost i produktivnost svoga rada.

Mnogobrojna visoka učilišta , ali i srednje škole mogu koristiti Međunarodne standarde financijskog izvješćivanja u pravcu transfera znanja studentima i učenicima kao blagi poticaj za buduća znanstvena istraživanja u pravcu produbljivanja dosada stečenih znanja.

Od početka prve primjene standarda financijskog izvješćivanja prošlo je nešto više od godine dana , a mišljenja smo da ova tematika nije dovoljno zastupljena u medijima i ostalim tiskovinama kako bi se svekolika javnost na što izravniji način upoznala sa tako zahtijevnom materijom u što kraćem roku.

5. LITERATURA

1. Cairns, D. (1996.): Vodič za primjenu međunarodnih računovodstvenih standarda, Faber& Zgombić Plus, Zagreb.
2. Cashin, J. (1996.): Financijsko računovodstvo I i II, izdanje Faber & Zgombić Plus, Zagreb.
3. Crnković, L., Martinović, J. (1999.): Financijsko računovodstvo, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek.
4. Deželjin Ja., Džajić, Lj, Mrša, J., Proklin, P., Peršić, M. i Spremić, I. (1995.): Računovodstvo, Hrvatska zajednica računovođa i financijskih djelatnika, Zagreb.
5. Direktive EEZ (EU) - IV. i VII. direktiva (smjernica)
6. Greuning, Hennie van (2006.): Međunarodni standardi financijskog izvješćivanja: praktični vodič, Novo revidirano izdanje , Zagreb.
7. Grupa autora (2006.): Vodič za prvu primjenu Međunarodnih standarda financijskog izvještavanja i revidiranih Međunarodnih računovodstvenih standarda, Zagreb.
8. Hrvatska zajednica računovođa i financijskih djelatnika (2005.): Međunarodni standardi financijskog izvješćivanja uključujući Međunarodne računovodstvene standarde i objašnjenja do 31. ožujka 2004., Zagreb.
9. Kenneth, R. Ferris (1987.): Financial Accounting and Corporate Reporting, Business publications, Inc, Piano, Texas.
10. Kodeks računovodstvenih načela, Hrvatska zajednica računovođa i financijskih djelatnika.
11. Međunarodni računovodstveni standardi (Narodne novine br. 65/96. 105/97, 39/97. i 3/99.).
12. Međunarodni standardi financijskog izvještavanja, (Narodne novine br. 140/2006.).
13. Meigs & Meigs (1999.) : Računovodstvo: temelj poslovnog odlučivanja, 9 izdanje, Mate, Zagreb.
14. Napoleoni, C. (1982.): Ekonomska misao dvadesetog stoljeća. Centar za kulturnu djelatnost, Zagreb.
15. Štahan, M. (2006.) : "Tko su obveznici primjene MSFI-a, a tko "starih" MRS-ova?", Financije i porezi, br. 7.
16. Zager, K., Žager, J. (1996.): Računovodstveni standardi, financijski izvještaji i revizija, Inženjerski biro, Zagreb.
17. Zakon o porezu na dobit (Narodne novine br. 35/95).
18. Zakon o porezu na dohodak (Narodne novine br. 25/95 i dalje).
19. Zakon o računovodstvu (Narodne novine br. 146/05).
20. Zakon o trgovačkim društvima (Narodne novine br. 111/93).
21. Zakon o vodama (Narodne novine br. 107/95, 150/05).
22. Zakon o financiranju vodnog gospodarstva (Narodne novine br.107/95, 19/96, 88/98, 150/05).

AUTORI:

Ivo Mijoč, dipl.oec., asistent
Ekonomski fakultet u Osijeku, Gajev trg 7 Osijek, imijoc@efos.hr, 091/22-44-087.

Dražen Ćućić, dipl.oec., asistent,
Ekonomski fakultet u Osijeku, Gajev trg 7,Osijek, dcucic@efos.hr, 091/22-44-093.

Krešimir Belčić, student,
Ekonomski fakultet u Osijeku, Gajev trg 7, Osijek.

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.20.

TRANSPOSITION OF THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE INTO CROATIAN LEGISLATION

Norman Sheridan, LLM Barrister

SUMMARY: The Water Framework Directive (WFD) establishes the basic principles of sustainable water policy in the EU on an integrated basis. The principle objective of the WFD is to ensure that water bodies achieve "good status" by 2015. This overall objective is to be met through actions at the level of each river basin district according to the process described in the Directive.

The Water Act defines the legal status of water and the water estate. It establishes the legal and institutional framework for water management, including water protection. Four river basin districts (RBD) are identified and designated. The Act establishes Croatian Water as the state water agency which is in charge of water management tasks, including the preparation of draft river basin management plans and the implementation of such plans. The Water Management Financing Act regulates revenues in water management, of which water charges are the most significant.

The Water Act and the Water Management Financing Act currently transpose some aspects of the WFD. However some significant gaps in transposition exist and the CARDS 2003 project "Harmonisation of Croatian water management legislation with the EU water acquis" is currently assisting the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management in drafting legislation so as to complete transposition of the WFD.

The main gaps in transposition relate to the detailed requirements of the River Basin District Management Plans and the procedures for public consultation. Many of the technical aspects of the Directive have not been transposed; including the environmental objectives, the requirements for programmes of measures for each river basin district, and the requirements for the classification and monitoring of water bodies.

A new draft Water Act and a new draft Regulation on the Content, Development and Implementation of Strategies for Water Management and for River Basin Management Plans are currently being drafted so as to complete transposition of the WFD. It is anticipated that the implementation of the WFD in Croatia will bring benefits in terms of the ecological quality of the water environment and the policy framework for maintaining and improving the water environment.

KEYWORDS: Water framework directive, principles, transposition, Croatia

1. WATER FRAMEWORK DIRECTIVE

1.1 Introduction

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000

establishing a framework for Community action in the field of water policy (The Water Framework Directive "WFD") establishes the basic principles of sustainable water policy in the EU on an integrated basis. The WFD is a comprehensive and forward-looking instrument that will have far reaching consequences for future management of water and aquatic ecosystems throughout Europe.

Being a "framework", the Directive focuses on establishing the right conditions to encourage efficient and effective water protection at the local level, by providing a common approach and common objectives, principles, definitions and basic measures. The mechanisms and specific measures required to achieve "good status" is however left to each EU member state and will be the responsibility of the national appointed competent authorities.

The overall objective of the WFD is to ensure that water bodies achieve "good status" by 2015. This overall objective is to be met through actions at the level of each river basin district (RBD) according to the process described in the Directive.

1.2 Integration

The WFD requires that all water shall be managed as one inter-related resource. The Directive aims at reducing isolated management of water as it takes place today in many EU countries, for example management of surface water, drinking water, agriculture, wastewater, industry, etc. is situated in many different ministries, departments and subordinate institutions between who planning and implementation are not coordinated. Thus the WFD reforms water management practices in the EU by introducing a river basin model as the basic planning unit for water management.

1.3 River Basin Management Plans

The WFD requires EU Member States to identify River Basin Districts and appropriate administrative arrangements (a competent authority) within each district by 3 years after the adoption of the Directive, that is, by the end of 2003. The RBD is to be the main unit for management of waters within the individual river basin and each RBD shall develop an integrated river basin management plan (RBMP). These plans will be instrumental in ensuring the Directive's environmental objectives through the programme of measures..

The programme of measures is one of the main elements in the river basin management plans. The programme of measures has to be coordinated for the whole RBD and included in the RBMP's to be produced for each RBD. The first set of measures needs to be established by 2009, when the RMBP is published and be fully operational by 2012 and up for review by 2015, and every 6 years thereafter. Further, the programme of measures included in the plan need to be evaluated and provides a "feedback mechanism" for identifying where further action is necessary.

1.4 Environmental objectives

The environmental objectives and exceptions are set out in Article 4 of the Directive. The main environmental objectives are:

- No deterioration in the status for surface waters and groundwaters
- The protection, enhancement and restoration of all water bodies
- Achievement of good status by 2015 - i.e. good ecological status (or potential) and good chemical status for surface waters and good chemical and good quantitative status for groundwaters

- Progressive reduction of pollution of priority substances, and phase-out of priority hazardous substances in surface waters and prevention and limitation of input of pollutants in groundwaters
- Reversal of any significant and sustained upward trend of pollutants in groundwaters
- Achievement of standards and objectives set for protected areas in other Community legislation

It is important to note that where more than one of the environmental objectives apply to a given body of water, then the more stringent shall apply, irrespective of the fact that all objectives must be met.

An integral part of the environmental objectives are the exemptions also set out in Article 4. These range from small-scale temporary exemptions to mid- and long-term deviations from the "good status" rule. The Directive sets out strict conditions that must be met for these exemptions, and their justification must be included in the river basin management plan.

1.5 The combined approach

The WFD adoption of the "combined approach" into general water management is regarded as a one of the tools/principles to be used to achieve the environmental objectives of the Directive. The combined approach introduces a regulatory control of both discharges from point sources and diffuse sources.

The combined approach for control of **point source** emissions is based, as a starting point, on the principle of "*Best Available Techniques*" (BAT). The control of **diffuse sources** polluting the water environment should be based on the "*Best Environmental Practice*" (BEP).

1.6 Monitoring requirements

The Directive requires that monitoring programmes are established to monitor water status in order to establish a coherent and comprehensive overview of water status within each RBD. The monitoring programmes must be made operational by 22 December 2006 at the latest. Three types of monitoring[1] are envisaged by the Directive: surveillance, operational and investigative.

1.7 Economic analysis

The WFD requires economic analysis and financial instruments to be incorporated and integrated with general water policy to remove or minimise obstacles for sustainable water management. Water pricing policies should provide adequate incentives for water use efficiency and should take account of the principle of cost recovery of water services.

1.8 Repeal of old EU legislation

Several pieces of EU legislation dating from 1975 to 1980 and currently regulating the management of water resources already have been or will be repealed according to the following timetable:

1 In the context of the WFD, monitoring here means the gathering of data and information on the status of water, and does not include the direct measurement of emissions and discharges to water.

1.9 Key milestones

The WFD entered into force on 22 December 2000. Its implementation will raise challenges for Member States and the Commission, and not just for the Candidate Countries. The implementation schedule covers from 3 years (for formal transposition) and 15 years (for achieving the objective of "good status", following the establishment and implementation of the necessary measures).

The key milestones set out in the WFD are listed in the table below.

Year	Issue	Reference
2000	Directive entered into force	Art. 25
2003	Transposition in national legislation Identification of River Basin Districts and Authorities	Art. 23 Art. 3
2004	Characterisation of river basin: pressures, impacts and economic analysis	Art. 5
2006	Establishment of monitoring network Start public consultation (at the latest)	Art. 8 Art. 14
2008	Present draft river basin management plan	Art. 13
2009	Finalise river basin management plan including progamme of measures	Art. 13 & 11
2010	Introduce pricing policies	Art. 9
2012	Make operational programmes of measures	Art. 11
2015	Meet environmental objectives	Art. 4
2021	First management cycle ends	Art. 4 & 13
2027	Second management cycle ends, final deadline for meeting objectives	Art. 4 & 13

2. CURRENT STATUS OF WATER MANAGEMENT LEGISLATION IN CROATIA

The framework for water management in Croatia is provided by the Water Act (OG 107/95, 150/05) and the Water Management Financing Act (OG 107/95, 19/96, 88/98, 150/05). Some 40 pieces of secondary legislation under these Acts provide further details and implementation of that framework.

In addition, other relevant acts include:

- Environmental Protection Act (OG 82/94),
- Nature Protection Act (OG 162/03),
- Public Utilities Act (OG 26/03, 82/04)

The Water Act defines the legal status of water and water estate, the activities and organization of water management, prerequisites for water use, water protection and protection from adverse effects of water and other issues relevant for water management.

The Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management (MAFWM) is responsible for implementing the water management policy. The Water Act establishes Croatian Water (CW), the legal entity in charge of water management tasks, whose responsibilities include, *inter alia*, the preparation of draft river basin management plans and water management plans, and the implementation of water management plans.

The existing division of Croatia into four river basin districts (RBDs) is based on historic

water management and administrative boundary basis; which are not fully in accordance with hydrographic criteria. However, where relevant, the RBDs include related groundwater, transitional waters and coastal water.

According to Article 18 of the Water Act, water management is to be based on the Strategy for Water Management, RBD Management Plans and the plan of water management.

According to Article 21 of the Water Act, A river basin district management plan (RBDMP) must be prepared for each RBD. Plans are enacted by the Government. The initial plans are valid for 15 years and thereafter for 6 years. The RBDMPs should be subject to public debate.

A draft Water Management Strategy has now been prepared and CW are actively preparing River Basin District Management Plans.

Chapter 7 of the Water Act sets out the provisions for water protection. By Article 68, such protection shall be carried out for the purpose of protection of human lives and health and of the environment, and allowing of harmless and unimpeded water use for various purposes. Article 71 requires water classification which defines the grades of water corresponding to water quality conditions in the sense of their general environmental function and to conditions of water use for various purposes. In addition, protected areas are determined by Article 71b of the Act.

Water Rights Permits are required (Article 128 of the Water Act) for

- water discharges,
- manufacturers of chemical substances and derivatives which could after use appear in water which are placed on the market
- each water use exceeding the scope of general water use, with the exception of those forms of water use for which a concession is necessary.

A water rights permit for water use is required (Article 129) for each water use and excavation of sand, gravel and stone in an area important for the water regime. In addition, a water rights permit for water discharge is required (Article 130) for dicharges of treated or untreated wastewaters to water bodies or to sewer systems.

CW is required to carry out systematic monitoring of water status. The monitoring of water status includes:

- for surface waters: quantity and rate or discharge in a measure which is adequate for ecological and chemical status of water and ecological potential,
- for groundwater: chemical and quantitative status of water.

Additional monitoring is required for waters in protected areas.

The Water Management Financing Act regulates revenues in water management, of which water charges are the most significant. Water charges are based on the polluter pays principle (Article 2.1).

3. ANALYSIS OF THE STATUS OF TRANSPOSITION OF THE WFD

A detailed legal gap analysis of the status of transposition of the WFD has been carried out. The main findings are that the Water Act, the Water Management Financing Act and secondary legislation partially transpose the requirements of the Directive. However, there are some significant gaps in transposition.

While there is an obligation to prepare River Basin Management Plans (RBMP), these

are not fully in accordance with the requirements of the Directive. In particular, there is not a full consideration of the programme of measures as envisaged by Article 11 of the Directive. The Article 4 environmental objectives have not been transposed.

Although the Water Management Financing Act provides a framework for regulation over diffuse sources of pollution such as agricultural run-off, no secondary legislation has yet been prepared to implement any such controls. New water quality standards and emission limit values will have to be introduced so that the combined approach to discharges to surface waters can be implemented. Monitoring programmes are not fully in accordance with the Directive.

In conclusion it can be said that the structures for implementation of the WFD are in place, however, significant work is required to complete transposition of the Directive so as to achieve an integrated and sustainable approach to water policy in Croatia.

4. CURRENT WORK

The European Commission is funding the CARDS 2003 project „Approximation of Croatian water management legislation with the EU water *acquis"*. This project is currently being implemented by Carl Bro and one of its components is to provide support to legal drafting to MAFWM so as to complete transposition of the WFD into Croatian legislation.

Within the framework of the project, a new draft Water Act is being prepared which will fully provide the legal basis for the implementation of the WFD - with the more technical aspects being included in secondary legislation. In this regard a draft new Regulation on the Content, Development and Implementation of Strategies for Water Management and for River Basin Management Plans is also being prepared. The draft legislation will, in particular deal with:

- Detailed content of RBDMPs
- Procedures for the preparation and adoption of the RMDMPs, including public consultation
- Requirements for the assessment of the characteristics of RBDs
- Establishment of environmental objectives
- Requirements of the programmes of measures for each RBD
- Requirements for the classification and monitoring of water bodies.

AUTHOR:

Norman Sheridan
Sheridan Chambers , Hertfordshire Business Centre
Alexander Road
London Colney
St. Albans
Herts. AL2 1JG
UK

E-mail: n.sheridan@nps1.demon.co.uk

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.21.

ODNOSI S JAVNOŠĆU U VODNOM GOSPODARSTVU

Ljudevit Tropan, Branka Beović

SAŽETAK: Cjelokupno djelovanje u vodnom gospodarstvu ima cilj uskladiti potrebe za vodom s raspoloživim mogućnostima i osigurati društvo - živote i imovinu, te okoliš od štetnih posljedica prouzročenih ekstremnim hidrološkim pojavama - poplavama i sušama.

U skladu s principima funkcioniranja demokratskog društva, nužno je pripadnike društvene zajednice - porezne obveznike u prvom redu, ali i sve druge vladine i nevladine organizacije, javnost općenito - odgovarajuće informirati o planovima, realizacijama i poteškoćama s kojima se susreću institucije i zaposlenici u vodnom gospodarstvu.

Navode se svjetska i hrvatska iskustva, a posebno hrvatske neiskorištene mogućnosti u odnosima s javnošću.

KLJUČNE RIJEČI: vodno gospodarstvo, odnosi s javnošću, obveze, iskustvo, mogućnosti

PUBLIC RELATIONS IN WATER MANAGEMENT

SUMMARY: The aim of water management activities is to harmonize the needs for water with available potential, and to protect the society - people and assets and the environment against adverse effects caused by extreme hydrological events - floods and droughts.

In line with the principles according to which a democratic society functions, it is necessary to properly inform the members of a social community - primarily tax payers, as well as all other governmental and non-governmental organizations, and the public in general - on the plans, achievements, and hindrances encountered by institutions and employees in water management.

The paper lists global and Croatian experience, and particularly unused potential in Croatia in the field of public relations.

KEYWORDS: water management, public relations, obligations, experience, potential

1. UVOD

Očekujući da će voda kao prirodno bogatstvo postati sve dragocjenija zbog svoje ograničenosti i ugrožene obnovljivosti treba raspraviti odnose s javnošću u vodnom gospodarstvu. Takvu raspravu nužno je pokrenuti i radi toga što u Republici Hrvatskoj nedostaje dovoljno kvalitetnih odnosa znanstvenika i stručnjaka koji se bave vodama, posebno u vodnom gospodarstvu, sa širom javnošću.

Vode su prirodno bogatstvo koje treba zadovoljiti potrebe građana, industrije i prirode u skladu s mogućnostima i raspodjelom voda u vremenu i prostoru. U vodnom režimu istovremeno se susrećemo i s problemima odnosa količine i kvalitete voda. Dinamičnost u pojavnosti voda uzrokuje poplave i suše, ograničava uvjete korištenja, a upotreba voda za osnovne ljudske potrebe ima prioritet u svakom od društava. Stoga su utjecaji koji prate porast stanovništva u svjetskim razmjerima, kao i porast broja i veličine gradova utjecaji koji u znatnoj mjeri zahtijevaju veći stupanj «otvaranja» javnosti. Nužno je objasniti odnose koji određuju vodnogospodarsku djelatnost.

Za cilj djelovanja u tom smislu, imajući na umu sve međunarodne obveze Republike Hrvatske (RH) proizišle na temelju ratificiranih međunarodnih konvencija i zakona RH, treba izabrati osnovni postulat održivog razvoja - da djelovanjem i odnosom prema vodama danas ne ugrožavamo pravo i mogućnosti budućih generacija na korištenje voda.

Odnos prema vodi treba promijeniti posebno stoga što se voda u svijetu i Hrvatskoj:

- neracionalno troši, i
- prekomjerno zagađuje, pa time posredno ugrožava u procesu moguće obnove.

Cilj bi trebao biti osviješteni pristup problemu obveze prema korisnicima usluga (potrošačima) i posebno naglašeno - **prema poreznim obveznicima**.

Vodno gospodarstvo u RH čine u ustrojbenom smislu tri kruga javne uprave:

- prvi krug čini Vlada RH,
- drugi krug čine ministarstva i državne upravne organizacije,
- treći krug čine javne ustanove, javnopravne udruge i trgovačka društva koja obavljaju javnu službu i čiji su većinski dioničari država, županije, gradovi i općine.

Vodama se u RH, uz Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i **vodnoga gospodarstva** (MPŠVG), Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (MZOPUG), **Hrvatske vode**, vodnogospodarska trgovačka društva, trgovačkim društvima za **vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda i njihovo pročišćavanje,** također bave brojne druge ustanove i tvrtke - počevši od obrazovnih (osnovno, srednje i posebno visoko školstvo), istraživačkih (instituti, laboratoriji), projektnih, proizvodnih, izvođačkih te drugih - na pr. tvrtke specijalizirane za intervencije nakon akcidentalnih događaja.

Svi u vodnom sektoru trebaju prepoznati obveze prema poreznom obvezniku i u skladu s time organizirano pristupiti informiranju tog obveznika/potrošača/korisnika o načinu korištenja onog dijela financijskih sredstava koje se prikupljaju putem poreza i drugih načina prikupljanja sredstava za različite naknade i usluge (vodoopskrba i odvodnja otpadnih voda).

Dio aktivnosti moguće je obaviti na nacionalnoj razini, a dio je moguće, i dobro, provesti na lokalnoj razini kako bi se izbjegli mogući nesporazumi i protivljenja obveznika izdvajanju sredstava za aktivnosti za koje ne znaju kako se obavljaju i kako se upotrebljavaju prikupljena financijska sredstva.

Najčešće su prikupljena sredstva nedostatna za redovito održavanje funkcionalnosti vodnogospodarskih sustava i objekata, a stoga još izrazitije nedostaje sredstava za njihov razvoj.

2. ISKUSTVA - DOMAĆA I STRANA

Na prvom mjestu treba navesti da je uvijek nužno odrediti **ciljne skupine** prema kojima treba razvijati, osmisliti i provoditi aktivnosti s kojima treba ukazati na objektivno

stanje sustava i objekata, planove održavanja i razvoja, poteškoće s kojima se vodstva i zaposlenici u vodnom sektoru susreću.

Ciljne skupine su:

- javnost; tzv. šira javnost,
- donosioci odluka (političari) - u zakonodavnoj, izvršnoj i sudskoj vlasti,
- djeca i mladi (u predškolskoj i školskoj dobi),
- poljoprivrednici,
- korisnici pojedinog sustava (na pr. vodovoda),
- i drugi.

Iza nas - gledajući hrvatska i dio svjetskih iskustava - nalazimo čitav niz zapisa iz kojih možemo isčitati koji su načini ostvarivanja odnosa s javnošću bili primjenjivani.

U posljednje vrijeme - posebno nakon drugog svjetskog skupa o zaštiti okoliša održanog u Rio de Janeiru 1992. godine, Ujedinjeni narodi (UN) putem svojih specijaliziranih organizacija nastoje primjereno ukazati na vrijednosti i važnosti okoliša i posebno voda u tom okolišu za čovjeka i okoliš općenito.

Tako se obilježavaju posebni dani koji se odnose na vode, kao što su:

- Svjetski dan močvarnih staništa - 2. veljače,
- Međunarodni dan rijeka - 14. ožujka,
- Svjetski dan voda - 22. ožujka,
- Svjetski dan meteorologa - 23. ožujka,
- Dan planeta Zemlja - 22. travnja,
- Dan biološke raznovrsnosti - 22. svibnja,
- Svjetski dan zaštite okoliša - 5. lipnja,
- Dan oceana - 8. lipnja,
- Svjetski dan borbe protiv suše - 17. lipnja,
- Dan borbe protiv prirodnih katastrofa - 11. listopada.

Istovremeno se organiziraju i **održavaju brojni skupovi** - kongresi, konferencije, radionice i seminari čiji je cilj također ukazivanje na probleme u gospodarenju vodama, predlaganju rješavanja kriza i održivom razvoju, s osnovnim ciljem - stvaranju uvjeta za buduće generacije i njihov opstanak na Zemlji. Dio skupova namijenjen je najvišim predstavnicima država članica UN, a zatim slijede skupovi znanstvenika i stručnjaka, te nevladinih organizacija (NVO - engleski Non Governmental Organization - NGO). U svjetskim relacijama prepoznata je uloga i vrijednost nevladinih organizacija - tzv. trećeg sektora, preduvjeta za funkcioniranje **civilnog društva.**

Međutim, treba naglasiti da nitko nije iznad društva - ni donosioci odluka ni stručnjaci ni predstavnici NGO - tek međusobno uvažavanje i suradnja mogu biti garancija za uspjeh.

Organizirane su različite manifestacije prigodom Svjetskog dana zaštite okoliša - 5. lipnja i Svjetskog dana močvarnih staništa - 2. veljače (nagradne natječaje, konferencije za novinare, izradu plakata i letaka).

Prethodnici MPŠVG i Hrvatske vode od 1993. godine obilježavaju diljem Hrvatske Svjetski dan voda - 22. ožujka zajedno s vodnogospodarskim tvrtkama i komunalnim vodnim gospodarstvom. Od 2004. godine obilježava se prigodno Dan Dunava - 29. lipnja, a od prije tri godine spominje se i Dan rijeke Save - 1. lipnja (za sada ostao javno

nezabilježen!?).

Primijenjen je niz mogućnosti - od izdavanja prigodnih plakata i letaka, organiziranja konferencija za novinare s obilaskom različitih vodnogospodarskih objekata i sustava, preko održavanja tribina, izložbi, izdavanja prigodnih brojeva glasila Hrvatska vodoprivreda i Hrvatske vode, snimanjem posebnih TV priloga i filmova, tiskanjem slikovnica, poklanjanje pribora za ispitivanje kvalitete voda itd.

Radilo se i na animiranju šire javnosti - posebno mladih, kako to i predlažu UN čija je Hrvatska članica.

Napominjemo da je uvijek potrebno osigurati mogućnost **povratne inforamacije** od korisnika/potrošača prema ustanovi/tvrtki i obratno.

Sa željom da svoje potrošače što bolje informira o svom radu, te da ih potakne na zajedničko sudjelovanje u zaštiti okoliša i vodnih resursa JP Vodovod-Kanalizacija (VO-KA) iz Ljubljane već dvanaest godina tiska glasilo VODA.

Water Supplies Department (WSD) iz Hong Konga, Bečki vodovod, Gelsenwasser dobar su primjer kako raditi na podizanju svijesti i informiranju potrošača (tiskanje raznih brošura, snimanje filmova, formiranje grupa za odnose s potrošačima, edukativne igre za djecu na webu ...).

U navedenim nužnim procesima komunikacije vrlo važnu ulogu imaju **novinari** kako tiskanih tako i elektronskih medija, koji su zamijenili glasnike iz ranih povijesnih razdoblja.

Postoji nadalje mogućnost da ustanove i tvrtke u okvirima vlastitih mogućnosti i obveza samostalno organiziraju primjerene aktivnosti i ostvare odnose s javnošću:

- izdavanjem vlastitih publikacija,
- organiziranjem skupova i izložbi,
- organiziranjem posjeta radovima i sustavima/objektima,
- naručivanjem plaćenih oglasa u medijima,
- objavljivanjem vlastite web-stranice i sl.

Upravo tada je potrebno odrediti ciljne skupine i prema njima odrediti sadržaj pojedine aktivnosti.

Takve aktivnosti uvijek sadrže i susrete s novinarima za koje je moguće organizirati **prigodne ili izvanredne konferencije za novinare**. Objavljivanje priopćenja također je moguće, ali nije preporučljivo, osim u iznimnim situacijama. Pokazalo se da su susreti s novinarima i izvan protokolarnih uvjeta dobrodošli, kako za novinara, tako i za ustanovu i tvrtku, budući da prenošenje informacije široj javnosti zahtijeva dobro poznavanje problematike i pojednostavljenje stručne terminologije.

Priprema informacija za novinare stoga je vrlo važna uz mogućnost dostupa do svih relevantnih i zakonom dopuštenih podataka. U ustanovama i tvrtkama formiraju se ili vlastiti timovi za odnose s javnošću ili se takvi poslovi povjeravaju nekoj od agencija za odnose s javnošću.

3. POTREBE I MOGUĆNOSTI

Nužno je nastaviti s dobrim iskustvima od kojih su, tek neka, prethodno navedena. Vlastita saznaja hrvatskih znanstvenika i stručnjaka o stanju vodnih resursa, potrebama za vodom ljudi, gospodarstva i okoliša u Hrvatskoj, opasnostima koje za iste kategorije nose još

uvijek nedovoljno uređeni vodotoci i promjenjivosti u vodnom režimu - poplave i suše - dovoljni su razlog da se šira javnost primjereno obavijesti o značenju voda za opstanak i razvoj našeg društva.

Naravno da se uvijek može bolje. U tom smislu predlaže se dogovor na državnoj razini svih prethodno navedenih ustanova i tvrtki u vodnom sektoru, budući da bi tako mogli biti ostvareni bolji rezultati.

Tako je moguće za različita krizna stanja - ograničenje u opskrbi vodom, suša i potreba navodnjavanja, incidentna zagađenja i sl. - objaviti i ponoviti informacije o ustanovama i tvtrkama na koje se građani mogu obratiti (letak, web stranice, teletekst, TV emisije), ali je još bolje preventivno djelovati - prije nego li se pojave krizna stanja.

Tako bi bilo dobro i nužno informirati javnost o stanju kvalitete vode za piće iz javnih vodoopskrbnih sustava/vodovoda. Naime, potrošnja konfekcionirane obične vode za piće u Hrvatskoj dnevno raste. Kako je cijena te vode približno tisuću puta veća od vode iz vodovoda, postavlja se pitanje radi čega građani kupuju tako pakiranu vodu u situaciji kad su njihovi kućanski proračuni znatno osiromašeni.

„Kakvu vodu pijemo?“, serijal Večernjeg lista u suradnji sa stručnjacima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo u veljači 2003. je pokazao da su građani iznimno zainteresirani za tu problematiku i da bi ih o tome trebalo puno više i bolje informirati. Najjednostavnije bi se to moglo napraviti putem web-stranica vodoopskrbnih poduzeća ili izradom raznih brošura koje bi se zajedno s računima dostavljali potrošačima.

Isto tako moguće je objaviti publikaciju - letak ili brošuru u kojoj bi se za približno 900.000 priključenih korisnika na javne vodovode u Hrvatskoj dala informacija o kriterijima (svjetskim i hrvatskim) na temelju kojih se ispituje voda za piće i njena zdravstvena ispravnost. K tome bi se moglo opisati načine pribavljanja i distribucije vode, način formiranja cijene i adrese svih nadležnih zavoda za javno zdravstvo koji kontroliraju vodu za piće.

Moguće je:

- **unaprijediti procese obrazovanja** od predškolske do visokoškolske razine s predlaganjem sadržaja koji objektivno informiraju i predočuju vrijednosti i važnosti vode za čovjeka, okoliš, i sve aktivnosti privrednog i društvenog karaktera,
- **poboljšati odnose s medijima** - tiskovinama i elektronskim medijima, kako bi novinari mogli prenijeti relevantne informacije do poreznog obveznika - potrošača i korisnika proizvoda i usluga vodnog sektora,
- izdavanje vlastitih oblika komunikacije (tiskovine, internet, ciljani prilozi u elektronskim medijima) sa zaposlenicima, znanstvenom i stručnom javnošću u vodnom sektoru, te širom javnošću,
- organiziranje različitih - okruglih stolova sa stručnjacima i posebno s NVO, koncerata, izrada naručenih TV spotova, plakata, brošura i letaka, natjecanja među novinarima, posebno fotografima, dječjih natjecanja u crtanju i drugim vještinama s dodjelom nagrada, dramskih performansa, izložbi slika i fotografija, prigodnih trka na kopnu i vodi,
- izrada crtanih filmova i slikovnica, proizvodnja i prodaja čaša, igraćih karata, pjesmarica s temom vode, CD i DVD s prigodnim sadržajima, čestitki i kalendara, bookmarka itd.

Mogućnost nečinjenja uvijek postoji, ali ona predstavlja očigledni izraz voluntarizma i nepoštivanja demokratičnosti.

Večernji list 4. 2. 2003. 47

Večernji list kakvu vodu pijemo?

TEST Prvo veliko neovisno ispitivanje pitke vode u Hrvatskoj

VEČERNJAKOV TEST JAVA U VIN DAJELA: DANAS – HRVATSKA

KAKVU VODU PIJEMO Građani podržali Večernjakov test

Zbog pitoiska javnosti Varaždin će dopustiti testiranje

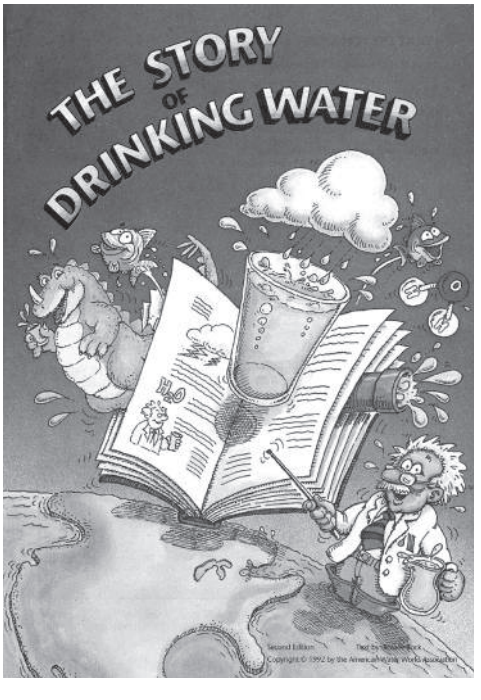
I UN-ova Međunarodna godina slatke vode povećava našu osjetljivost na kakvoću vode koju pijemo. U suradnji sa stručnjacima županijskih zavoda za javno zdravstvo analizirali smo kakvu vodu pije Hrvatska. Odgovor je - dobru

Hrvatska može nazdraviti – vodom!

Od devet ispitanih gradova najtoša voda pije se u Iloku, a deseti, Varaždin, zabranio je testiranje

REAKCIJE ČITATELJA: Zadovoljni i zahvalni građani

Slika 1: Rezultati analiza vode u Hrvatskoj u „Večernjem listu“, 2003. [6]



Slika 2: Slikovnica The story of drinking water, AWWA, 1992. [4]

Slika 3: Omotnica video-kazete „Hrvatske vode - vrijednost i izazov“

Slika 4: Glasilo „Voda“, JP VO-KA [2]

4. ZAKLJUČCI

Na temelju uvida u hrvatska iskustva, te načine komunikacije s poreznim obveznicima u razvijenim zapadnim kapitalističkim zemljama raspravljana je problematika odnosa s javnošću u vodnom gospodarstvu - najšire promatranom i nazvanom - vodnim sektorom.

Radi značenja vodnog gospodarstva, nužno je poduzimati sustavne mjere za poboljšanje odnosa s javnošću kao dokaza brige o korisnicima usluga i poreznim obveznicima.

Odgovarajuće mjere u razvoju i održavanju primjerenih odnosa s javnošću doprinose prevladavanju kriznih stanja i omogućuju lakše provođenje mjera koje katkada i nisu popularne, ali su nužne. Informiranje jedino u slučajevima incidenata, zagađenja i ograničenja pri opskrbi vodom je nedostatno. Javnost treba neprestano informirati. Brižljivo, potanko i jednostavno.

LITERATURA

1. http://www.lebensministerium.at
2. http://vo-ka.si
3. http://www.wien.gv.at
4. The story of drinking water (AWWA, 1992)
5. Richtlinie 98/83/EG des Rate vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (EG-Trinkwasserrichtlinie), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L330/32 vom 05.12.1998.
6. Beović, B. (2003): Europska smjernica za pitku vodu. Časopis GVIK-VODA, broj 5, godište IV.

AUTORI:

Ljudevit Tropan, dipl.ing.građ.
Ulica grada Vukovara 238, 10000 Zagreb

Branka Beović, dipl.ing.građ.
Institut građevinarstva Hrvatske d.d., J. Rakuše 1
10000 Zagreb, tel: +385/1/6125315, fax: +385/1/6125334
e-mail: branka.beovic@igh.hr

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.22.

ISKUSTVA SLOVENIJE I TVRTKE HIDROINŽENIRING NA IMPLEMENTACIJI EU BESPOVRATNIH SREDSTAVA

Gordan Vukelić, Danilo Dolinar, Meta Gorišek

SAŽETAK: Temeljem iskustva Republike Slovenije i tvrtke Hidroinženiring u korištenju bespovratnih sredstava u fazi pristupanja Europskoj uniji, te nastavkom započetih procesa ulaskom u Europsku uniju, ovim radom daje se prikaz implementacije strateških državnih planova za financiranje kroz pomoć EU Kohezijskog fonda. Koji predstavlja principijelno jednak način funkcioniranja kao u slučaju predpristupnih fondova (ISPA, PHARE, PHARE-LSIF i dr.). Daje se analiza i predstavljaju ključni problemi vezani na uspostavljanje EU legislative sukladno sa nacionalnom Slovenskom legislativom. Prikazani su glavni strateški ciljevi koji su definirani nacionalnim uredbama i EU direktivama prihvaćenim od strane Vlade Republike Slovenije. U pregledu prioriteta za sufinanciranje iz Kohezijskog fonda u vremenskom okviru 2004-2006 dana je racionalna selekcija prioritetnih investicijskih projekata, prema osnovnim selekcijskim kriterijima, sa listom prioritetnih investicijskih projekata. Objašnjena je institucionalna shema institucija i tijela odgovornih za implementaciju Kohezijskog fonda, s načinom financiranja. Razlažu ce ciljevi postignuti sufinanciranjem od strane Kohezijskog fonda, vezano na dostizanje rezultata zaštite voda sa vremenskim rokovima implementacije projekata. Dan je prikaz implementacijskog vremenskog plana prioritetnih investicijskih projekata uključivo sa financijskim planom, u kojem se također vidi struktura sufinanciranja svih financijskih izvora. Zaključno se nameće razmišljanje o mogućnosti Republike Hrvatske, o korištenju svih navedenih iskustava Republike Slovenije, o načinu korištenja bespovratnih sredstava.

KLJUČNE RIJEČI: Europska unija, predpristupni fondovi, bespovratna sredstava, vrijeme primjene, slovenska iskustva.

EXPERIENCE OF SLOVENIA AND THE HIDROINŽENIRING COMPANY REGARDING IMPLEMENTATION OF EU GRANTS

SUMMARY: On the basis of experience of the Republic of Slovenia and the Hidroinženiring company regarding the use of grants in the phase accession to the European Union and continuation of started processes of accession to the European Union, this paper presents an overview of implementation of strategic government plans for financing through help of the EU Cohesion Fund. It represents a principally same way of functioning as in case of pre-accession funds (ISPA, PHARE, PHARE-LSIF etc.). An analysis is given and the key problems connected to establishing the EU Legislation in accordance with the national Slovenian Legislation are presented. The main strategic goals are shown, which are defined

by national regulations and EU Directives accepted by the Government of the Republic of Slovenia. In the overview of the priorities for co-financing from the Cohesion Fund within the period from 2004 to 2006, a rational selection of priority investment projects is shown according to the basic selection criteria with a list of priority investment projects. The institutional scheme of institutions and authorities in charge of the implementation of the Cohesion Fund is explained, with the method of financing. The goals achieved by co-financing by the Cohesion Fund are explained in connection to the achievement of the goal of water protection with time limits for the implementation of projects. An implementation time scheme for the priority investment projects is shown together with a financial plan, in which the co-financing structure of all the financial resources can be seen. In conclusion, one has to give some thought to the possibilities of the Republic of Croatia, the use of all the stated experiences of the Republic of Slovenia and the method of using the grants.

KEYWORDS: European Union, pre-accession fund, grants, implementation, Slovenian experiences.

0 UVOD

Ulaskom Slovenije u članstvo Europske zajednice nastavljen je put razvoja i suradnje na području sufinanciranja ekoloških projekata. Slovenija je u fazi pristupanja EU bila jedna od najuspješnijih država u korištenju bespovratnih predpristupnih sredstava iz raznih EU predpristupnih fondova (ISPA, PHARE, PHARE-LSIF i dr.)

Prezentacijom implementacije strateških državnih planova za financiranje kroz pomoć EU Kohezijskog fonda u Sloveniji pokušava se dati uvid u način funkcioniranja cjelokupnog procesa korištenja bespovratnih sredstava u okvirima Republike Slovenije i svih njenih relevantnih institucija.

Možda je najbitnije naglasiti koliko je Slovenija bila uspješna u predpristupnom periodu, ako se iskaže činjenica da je Slovenija uspjela iskoristiti 110% od namijenjenih joj sredstava. Da bi tako nešto bilo izvedivo, nužno je bilo da se institucije države na vrijeme pripreme i uspostave sve potrebne resurse za tako nešto, te da u osnovi postoji volja za maksimalni angažman na tom području. Rezultat uspješnosti iznad odobrenog budžeta za predpristupna sredstva, svodi se na Slovenski angažman na nacionalnom planu u samofinanciranje projektne dokumentacije do faze molbi "aplications" za projekte izvođenja infrastrukturnih objekata na području gospodarenja vodom, otpadom i kvalitetom zraka. U fazi predpristupnih aranžmana na kraju tekuće financijske godine postoji mogučnost povlačenja veće količine sredstava ukoliko neke od ostalih država koje se nalaze u istom programu nemaju spremne projekte. U tom slučaju potrebno je imati gotove projekte za ulaganje molbi.

Upravo gledajući na navedeno, tvrtka HIDROINŽENIRING d.o.o. Ljubljana, je jedna od glavnih projektnih kuća koja je u cijelom procesu implementacije odradila više od 70% navedenih radova na području Slovenije vezano na projekte sufinancirane od EU, od pripreme projektne dokumentacije na svim razinama (studije, idejna rješenja, idejni projekti, glavni projekti, izvedbeni projekti), fisibiliti studije, pripreme molbi za predpristupna sredstva "applications", te po odobravanju sredstava za određeni projekat i pripreme tender dokumentacije i svega vezanog na tendiranje predloženih projekata.

Ovim radom koji se temelji na podacima Ministarstva ekologije, okolišnog uređenja i energije Republike Slovenije, te iskustvenim podacima tvrtke HIDROINŽENIRING d.o.o. Ljubljana želimo dati na uvid kako i na koji način Slovenija izuzetno uspješno provodi politiku korištenja bespovratnih sredstva, te o kakvim projektima i od kakve važnosti se

radi. Vidjet će se da se ovim projektima ne rješava samo pitanje ekologije Republike Slovenije, već i šire gledano, pod čime se misli na utjecaj prekograničnih voda, a time se direktno rješava pitanje kvalitete prekograničnih voda, gdje recimo u slučaju rijeke Save i šire gledano sliva rijeke Save ima korist i Republika Hrvatska.

1 ANALIZA I KLJUČNI PROBLEMI

Legislativa i strateški okvir

U skladu sa Nacionalnim programom za uvođenje "Acquis Communautaire (NPAA)", prihvaćenom od strane parlamenta 1998. godine, EU ekološka legislativa je primijenjena na nacionalnu legislativu kroz Akt o zaštiti okoliša "Environmental Protection Act (EPA)", prihvaćenom od strane parlamenta 1993. godine (predloženom amandmanom 2003. godine), Akt o vodama "Water Act", prihvaćenom od strane parlamenta 2002. godine i u korespodenciji sa propisom i direktivom, usvojenom u periodu 1999-2002, kojim su definirani specifični EU standardi i odgovarajuće iplementacijske sheme i tranzicijski perodi. Nacionalni akcijski program za okoliš "National Environmental Action Programme (NEAP)", prihvaćen od strane parlamenta 1999. godine i Nacionalni plan razvoja "National Development Plan (NDP)", prihvaćen od strane parlamenta 2001. godine predstavljaju osnovne strateške dokumente, koji definiraju nacionalnu ekološku politiku razvoja i glavne ciljeve raznih ekoloških sektora. Prateći smjernice, iskazane u "EPA", glavni ekološki ciljevi, iskazani u "NEAP" i tranzicijski periodi za implementacije "Acquis Communautaire (10 godina za implementaciju "Urban Waste Water Directive"; 8 godina za implementaciju IPPC Directive (industrija i sektor za obradu otpada) i 4 godine za implementaciju "Packaging and Packaging Waste Directive" (uvođenje odgovarajuće sheme za implementaciju)), ugovorene sa europskom komisijom, sektorom za akcijske planove za implementaciju najznačajnijih investicija vezanih na direktive u sektorima voda, otpada i zraka.

Prva faza implementacije "Urban Waste Water Directive" i "Drinking Water Directive (period 1999.-2006. god.), koja je fokusirana na izgradnju i unaprijeđivanje kanalske mreže i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u anglomeraciji na više od 15.000 ES, zaštita vodnih resursa, projektirano za veću mogućnost korištenja vode za piće, unaprijeđivanje i izgradnja vodoopskrbnih sustava u vodom deficitnim krajevima, definirana je akcijskim planom za "Urban Wastewater Collection" and Treatment With the Programme of Water Supply Projects", odobrenim od strane Vlade Republike Slovenije 1999. godine. Druga faza implementacije UWWD (period 2002.-2015. god.) definirana je akcijskim planom za prikupljanje i tretman komunalnih otpadnih voda u anglomeraciji između 2000 i 15.000 ES i za manje od 2000 ES, odobrenim od strane Vlade Republike Slovenije 2001. godine.

Također za implementaciju ostalih EU direktiva poput "IPPC", "Packaging and Packaging Waste", "End of life Vehicles", "Batteries", "Hazardous wastes", i ostalo., Uredbe za specifične akcijske planove su razrađene. Takvi akcijski planovi definiraju glavne aktivnosti, zahtjevane ciljeve, vremenske planove i institucionalne sheme za implementacije takvih direktiva, ali time se ne razrađuje definiranje detaljnih financijskih planova i financijskih izvora, zato jer se implementacija takvih planova vodi od strane privatnog sektora.

2 STRATEŠKI CILJEVI

Obzirom na ekološku legislativu i strateške dokumente navedene u poglavlju 1 (Analiza i ključni problemi), osnovni ciljevi ekološke politike su slijedeći:

– uvođenje sveobuhvatnog gospodarenja vodom (redukcija emisija iz različitih potencijalnih zagađivača vode, zaštita vodnih resursa za korištenje vode za piće i unaprijeđenje postojećeg sustava korištenja voda za piće)
– redukcija izvora onečišćavanja vode, zemlje i zraka iz industrijskih izvora (izgradnja uređaja za pročišćavanje, uvođenje obnovljivih izvora energije i unaprijeđivanje energetske efikasnosti)
– redukcija zagađenja voda iz raštrkanih općina i poljoprivrednih izvora zagađenja
– zaštita biološke različitosti i zaštičenih prirodnih staništa.

3 PRIORITETI ZA SUFINANCIRANJE IZ KOHEZIJSKOG FONDA U VREMENSKOM OKVIRU 2004-2006

Racionalna selekcija prioritetnih investicijskih projekata

Za selekciju prioriteta investicijskih projekata u opsegu limitiranih ekoloških projekata za sufinanciranje od strane Kohezijskog fonda prilikom razmatranja uzeti su u obzir specifični kriteriji.

Gospodarenje vodom

Lista prioritetnih investicija u sektoru voda za sufinanciranje od strane Kohezijskog fonda identificirana je na bazi Akcijskog plana za implementaciju "Urban Wastewater Directive (91/271/EEC, 98/15/EC) and Drinking Water Directive (80/778/EEC, 91/858/EEC, 90/656/EEC and 91/692/EEC)", kombinirana sa kriterijima ostalih odgovarajućim EU direktiva u sklopu "Water Framework Directive, signed Conventions and International Agreements".

Kako je prezentirano u 1. poglavlju ovog dokumenta, u vremenskom okviru 1999.-2002. god. većina investicijskih projekata definiranih Akcijskim planom za prvu fazu (1999.-2006. god.) za implementaciju NEAP, započeto je implementacijom. Implementacijske aktivnosti su započete u većini anglomeracija, sa više od 15.000 PU (tranzicijski period do 2010. god.) i sa više od 10.000 ES u osjetljivim područjima (tranzicijski period do 2008) i također u nekim anglomeracijama sa manje od 10.000 ES. Takve manje investicije financirane su iz nacionalnih financijskih sektora i EU PHARE programa, iz razloga limitiranog iznosa vrijednosti sufinanciranja koji nije bio dovoljan za implementaciju intenzivnih investicija za infrastrukturu otpadnih voda.

Kao dodatak kriterijima za "Urban Wastewater Directive (91/271/EEC, 98/15/EC)" u sektoru otpadnih voda slijedeći kriteriji su uzeti u obzir da definiraju listu prioritetnih investicija za sufinanciranje iz Kohezijskog fonda:

- dovršenost implementacije Akcijskog plana Faza I
- implementacija "Water Framework Directive" za površinske vode (princip razrade temeljem slivnih područja) i podzemne vode (vodozaštitna područja)
- financijski najznačajnije investicije
- ugovoreni 10 godišnji tranzicijski period
- spremnost projekata

Obzirom na kriterije "Drinking Water Directive (80/778/EEC, 91/858/EEC, 90/656/EEC and 91/692/EEC)" u zaštiti vode za piće i vodoopskrbnom sektoru slijedeći kriteriji su uzeti u obzir da definiraju listu prioriteta za investicije sufinancirane od strane Kohezijskog fonda:

- dovršenost implementacije Akcijskog plana Faza I
- implementacija "Water Framework Directive" - održiva vodoopskrba i zaštita prema

"Skali slivnih područja"
- financijski najznačajnije investicije
- spremnost projekata

4 SELEKCIJSKI KRITERIJI ZA SUFINANCIRANJE OD STRANE KOHEZIJSKOG FONDA

Osnovni selekcijski kriteriji za identifikaciju prioritetnih investicijskih projekata za sufinanciranje od strane Kohezijskog Fonda su slijedeći:

– sukladnost sa EU ekološkim smjernicama
– očuvanje, zaštita i unaprijeđivanje kvalitete vodnog okoliša (uključujući osjetljiva područja, zaštita biološke različitosti i zaštičenih staništa),
– uvođenje održivog gospodarenja vodom, baziranog na principu slivnih područja "river basin management principles"
– uvođenje gospodarenja otpadom na regionalnoj razini
– zaštita zdravlja ljudi.
– sukladnost sa EU ekološkim principima
– princip da zagađivač plaća za zagađenje - vezan na proizvođečevu odgovornost,
– princip predostrožnosti - vezan na poticanje reciklaže,
– implementacija NEAP i odgovarajućih prioriteta iz Akcijskog plana u sektoru voda - "investment-intensive Directives";
– implementacija EU tehničkih i okolišnih standarda;
– prikazivanje:
– količinski najefikasnije redukcije zagađivanja ("environment-efficiency criteria"),
– dugoročnog optimalnog održavanja ("affordability criteria"),
– financijska učinkovitost investicije i uporabljivosti ("cost-efficiency criteria")
– uvođenje čvrstog partnerskog odnosa između centralnih i lokalnih tijela vlasti;
– doprinos ekonomskoj i socijalnoj koheziji Slovenije sa Europskom unijom (pokazujući najveće ekonomske i socijalne dobrobiti).

Gospodarenje vodom

Na osnovu kriterija "Urban Wastewater Directive (91/271/EEC, 98/15/EC) and Drinking Water Directive (80/778/EEC, 91/858/EEC, 90/656/EEC and 91/692/EEC)", kombinirana sa kriterijima ostalih odgovarajućih EU direktiva u sklopu "Water Framework Directive, signed Conventions and International Agreements", Prioritetni projekti Kohezijskog fonda u sektoru za vode definirani su na bazi dva Akcijska plana u tom sektoru u području 5 glavnih slivnih područja u Sloveniji. Pristup na bazi slivnih područja "River Basin approach" predstavlja integralno održivo vodno gospodarenje, gledajući na to kao na prirodnu jedinicu vodnog ciklusa. Glavni ciljevi za koje se očekuje da budu dostignuti, definirani sa NEAP, NDP i odgovarajućim Akcijskim planovima su slijedeći:

– zaštita bazena podzemnih voda i površinskih voda, za korištenje opskrbe vodom za piće;
– smanjenje zagađenja voda, proglašeno za osjetljiva područja (rijeke, rezervoari podzemnih voda, Obalno Jadransko more - Trščanski zaljev);
– smanjenje direktnog ispuštanja otpadnih voda u prirodne rijeke, močvarna područja

i ostale akvatične biološki različite zaštičene okoliše;
- zaštita voda nastanjenih ribom i školjkašima;
- smanjenje ispuštanja otpadnih voda u prekogranične vode.

5 LISTA PRIORITETNIH INVESTICIJSKIH PROJEKATA

Gospodarenje vodom

Slijedeće tabele predstavljaju prioritetne investicijske projekte u vodnom sektoru za sufinanciranje od strane Kohezijskog fonda.

otpadne vode

Investicijski projekt	ES	Komponente investicije	Početak	Prioritetni kriteriji definirani Akcijskim planom
Kanalizacijski sustav i pročišćavanje u Obalnom slivnom području • Koper, Izola • Piran	84.500 33.000	• izgradnja glavnih kolektora • izgradnja UPOV-a	2004	• osjetljivo obalno područje Trščanskog zaljeva • zahtjevi kvalitete voda za standard života riba i školjaka • vode sa zahtjevom kvalitete za kupanje ljudi
Sliv rijeke Save - Središnji dio • Litija • Zagorje • Trbovlje • Hrastnik	11.000 15.000 20.000 11.000	• rekonstrukcija i nadogradnja kanalizacijskog sustava • izgradnja glavnih kolektora • izgradnja UPOV-a	2004	• koncentracija industrije i influenata porijeklom iz rudnika ugljena • nizvodno područje rijeke Save je proglašeno kao osjetljivo područje iz razloga unjetnih jezera budućeg hidroenergetskog lanca • prekogranični utjecaj zagađivanja
Sliv rijeke Drave • Integralna zaštita podzemnih voda Ptujskog polja (kanalizacijski sustav i uređaji pročišćavanje Ptuja i ostalih općina lociranih u Ptujskom polju)	Ptuj 30.000	• izgradnja glavnih kolektora • rekonstrukcija i nadogradnja kanalizacijskog sustava • izgradnja UPOV-a	2005	• proglašeno osjetljivo područje Ptujskog polja resursa podzemnih voda za mogućnost korištenja vode za piće • prekogranični utjecaj zagađivanja **napomena**: ES svih uređaja za pročišćavanje biti će definiran fizibiliti studijama, uzimajući u obzir najoptimalnije rješenje u kontekstu zaštite podzemnih voda Ptujskog polja
Sliv rijeke Save - Središnji dio • Integralna zaštita podzemnih voda Ljubljanskog polja (glavni kolektori na centralni uređaj Ljubljana, kanalizacijski sustav i uređaju za pročišćavanje ostalih općina lociranih na Ljubljanskom polju)		• rekonstrukcija i nadogradnja kanalizacijskog sustava • izgradnja glavnih kolektora do UPOV-a Ljubljana • izgradnja malih UPOV-a	2005	• proglašeno osjetljivo područje Ljubljanskog polja, resursi podzemne vode za korištenje vode za piće **napomena**: ES svih uređaja za pročišćavanje biti će definiran fizibiliti studijama, uzimajući u obzir najoptimalnije rješenje u kontekstu zaštite podzemnih voda Ljubljanskog polja
Sliv rijeke Sava iKrke • Kanalizacijski sustav i pročišćavanje riječnog bazena Krka (Novo Mesto i ostale općine locirane na riječnom bazenu rijeke Krke)	Novo Mesto 45.000	• izgradnja UPOV-a Novo Mesto i malih UPOV-a • izgradnja glavnih kolektora do UPOV-a Novo Mesto	2006	• proglašeno osjetljivo područje, zbog sporog protoka rijeke Krke • vapnenačko područje • prekogranični utjecaj zagađivanja napomena: ES svih uređaja za pročišćavanje biti će definiran fizibiliti studijama, uzimajući u obzir najoptimalnije rješenje u kontekstu sliva rijeke Krke

opskrba vodom

Investicijski projekt	Komponente investicije	Planirano za izvođenje u godini	Prioritetni kriteriji definirani Akcijskim planom
Sliv rijeke Save - Kolpa podslivno područje • Održiva zaštita voda i opskrba vodom Bele Krajine (Šemič, Metlika, Črnomelj)	• nadogradnja vodoopskrbnog sustava • zaštita vodnih resursa rekonstrukcijomi nadogradnjom kanalizacije i izgradnja OPOV-a	2005	• potencijalni rizik kvalitete izvora vode za piće, uzrokovanih komunalnim izvorima zagađenja • potencijalni rizik vezan na količine pitke vode tijekom sušnog perioda - područje deficitno vodom • slabo nastanjeno ruralno područje
Obalno slivno područje • Održiva zaštita voda obalnog područja i Istarskog zaleđa vapnenačkog područja (Izola, Koper, Piran, Ilirska Bistrica, Sežana)	• izgradnja akomulacijske građevine za prihvat vode • izgradnja uređaja za tretman vode za piće • nadogradnja vodoopskrbnog sustava	2006	• potencijalni rizik kvalitete vode za piće iz razloga vapnenačke konfiguracije terena • potencijalni rizik vezan na količine pitke vode tijekom sušnog perioda - područje deficitno vodom
Sliv rijeke Mure • Održiva zaštita voda i opskrba vodom Pomurskog područja	• nadogradnja vodoopskrbnog sustava • zaštita vodnih resursa rekonstrukcijomi nadogradnjom kanalizacije i izgradnja OPOV-a	kraj 2006	• potencijalni rizik kvalitete izvora vode za piće, uzrokovanih komunalnim izvorima zagađenja • potencijalni rizik vezan na količine pitke vode tijekom sušnog perioda - područje deficitno vodom • slabo nastanjeno ruralno područje

6 INSTITUCIONALNA SHEMA ZA IMPLEMENTACIJU

Institucije i tijela odgovorna za implementaciju Kohezijskog fonda su:

- Upravljačko tijelo (“Managing Authority”)
- Među-komunikacijsko tijelo (“Intermediate Body”)
- Implementacijska tijela (“Implementing Bodies”)
- Tijelo za protok financija-plaćanja (“Paying Authority”)
- Tijelo nezavisne financijske kontrole (“Independent Financial Control Authority”)

Uredbom Vlade Slovenije (Implementacijska uredba), utemeljenom na izvršenju akata državnog buđeta, definiraju se u detalje implementacijski aranžmani između relevantnih tijela, njihovih zadataka, odgovornosti i relacija unutar institucionalnih postavki u programiranju i fazi implementacije, uključujući financijsko upravljanje i kontrolu, takve postavke čine čvrst i transparentan sistem za programiranje i uspješnu implementaciju Kohezijskog fonda.

Funkcija **Upravljačkog tijela** dodijeljena je **Vladinom uredu za strukturalnu politiku i regionalni razvoj (GOSP)**. **Upravljačko tijelo (“Managing Authority”)** ima odgovornost za sveobuhvatni management svih operacija Kohezijskog fonda, imajući odgovornosti u fazama programiranja, implentacije, monitoringa i evaluacije, također i financijski management i kontola, te informiranje i odnosi s janošću. Upravljačko tijelo osigurat će smjernice za **Među-komunikacijska tijela (“Intermediate Body”)** na osnovu priručnika Kohezijskog fonda “Manual”. Nadalje, uspostavit će, upravljati i održavati

jedinstveni kompijuterski sistem za upravljanje CF-m.

Funkcija **Tijela za protok financija-plaćanja (“Paying Authority”)** dodijeljeno je **Ministarstvu financija - Državni fond.** Tijelo za protok financija-plaćanja djeluje kao centralno tijelo za financijski management Kohezijskog fonda**.**

Ured za kontrolu bođeta (“Budget Supervisory Office”) predstavlja nezavisni ured unutar Ministarstva financija djelujući kao **Tijelo nezavisne financijske kontrole (“Independent Financial Control Authority”)**. Ova funkcija je nazavisna od Upravljačkog tijela, Tijela za protok financija-plaćanja, Među-komunikacijskog tijela i svih ostalih implementacijskih funkcija.

Ministarstvo za okolje in prostor (“Ministry of Environment, Spatial Planning and Energy”) odgovorno je za sveukupno gospodarenje vodom u Republici Sloveniji i odgovorno je za pripremu i implementaciju strateških ekoloških programa i odgovarajućih akcijskih planova. U 1999. godini. ustanovljena je posebna Jedinica za pripremu projekata i implementaciju, koja je odgovorna za:

- razradu strateških financijskih planova za sufinanciranje od strane programa Europske komisije “(National ISPA Strategy of Republic of Slovenia -Environment Sector, Strategic Reference Framework for Cohesion Fund Assistance - Environment Sector)”
- koordinaciju i pomoć općinama i komunalama u procesu pripreme projekata za pristup EU bespovratnim sredstvima
- tender procedure u skladu sa potpisanim ugovorima za implementaciju projekata, doniranih iz EU programa
- izvještavanje komisije o implementaciji EU donacijskih projekata
- u skladu sa definiranim instrumentima indikacije, nadgledanje implementacije i napretka Akcijskog plana u području otpadnih voda, zaštite voda i opskrbe vodom, te odjelom i strateškim financijskim planom za sufinanciranje programa od strane Europske komisije

U institucionalnoj shemi Kohezionog fonda Ministarstva za okolje in prostor **(“Ministry of Environment, Spatial Planning and Energy”)** je dodijeljena uloga **Među-komunikacijska tijela (“Intermediate Body”)**.

U skladu sa Aktom o zaštiti okoliša (“Environmental Protection Act (EPA)”), tijela komunalnih institucija (komunalna poduzeća, općine, gradovi) odgovorne su za organizaciju, upravljanje, održavanje i rad opskrbe vodom, obrade otpadnih voda. Nadalje u skladu sa EPA-om tijela komunalnih institucija (komunalna poduzeća, općine, gradovi) vlasnici su cjelokupne infrastrukture u sektoru voda i akt o implementacijskom procesu definira ih kao investitora ili ugovaračko tijelo. U institucionalnoj shemi Kohezionog fonda implementacija komunalnih tjela predstavlja **Implementacijska tijela (“Implementing Bodies”)**

Sa ISPA tehničkom pomoći “**MOP-a”** institucionalna shema za implementaciju Kohezionog fonda uspostavljena je do kraja 2003. godine.

Većina izgrađene opskrbe pitkom vodom, kanalizacije i objekata za pročišćavanje otpdnih voda biti će održavana od strane javnih poduzeća, koja su uspostavljena sa strane gradova i općina, sa očekivanjem novih infrastrukturnih objekata za opskrbu pitkom vodom za održivu vodooskrbu Obalnog područja i vapnenačkog zaleđa Slovenskog dijela, a MOP-a će izdati koncesiju za upravljanje i rad.

Budući infrastrukturni objekti u vlasništvu gradova i općina biti će dani na upravljanje javnim komunalnim poduzećima, ustanovljenim od strane gradova i općina.

Za unaprijeđivanje organizacijske i upravljačke sheme komunalnih djelatnosti, da bi bili kadra planariti, upravljati i održavati nove infrastruturne objekte u skladu sa ekološkim i tehničkim standardima, ekonomski učinkovito, biti će implementirane slijedeće horizontalne mjere na nacionalnoj razini u paraleli sa implementacijom investicijskih aktivnosti:

- suradnja državnih i lokalnih administrativnih institucija u poslovima planiranja, implementacije i nadzornih procesa
- suradnja na lokalnoj razini između gradova, općina i javnih komunalnih poduzeća u poslovima planiranja, implementacije i nadzornih procesa
- suradnja eksperata na lokalnoj razini u procesu planiranja i razrade investicija komunalne infrastrukture, uzimajući u obzir ekološke i tehničke standarde, ekonomsku efikasnost i pristup na bazi slivnih područja u sektoru voda, te regionalni pristup u gospodarenju otpadom
- uvođenje redovitog obučavanja tehničkog osoblja operativnih poduzeća na adekvatnom planiranju, monitoringu i održavanju (u skladu sa ekološkim i tehničkim standardima, ekonomskom efikasnošću i financijskim mogučnostima) vezano na nove infrastrukturne objekte
- uvođenje redovitog obučavanja operatora na adekvatnim operacijama (u skladu sa ekološkim i tehničkim standardima) na novim infrastrukturnim objektima

7 FINANCIJSKI IZVORI

Planirana namjena dostupnih financijskih izvora financiranja za implementaciju sufinanciranih investicija Kohezijskog fonda u područja voda za piće i otpadnih voda su slijedeća:

- Kohezijski fond između (55-75) % vrijednosti investicije (definirano po principu "projekt po projekt", uvjetovano mogućnostima nacionalnih financijskih izvora)
- Državni buđet (prosječno 25 % vrijednosti investicije)
- direktno sufinanciranje do 10 % vrijednosti investicije ("EIB Framework loan inclusive")
- taksa na zagađenje voda između (20-35) % (tijekom perioda izvođenja sva taksa na zagađenje voda prikupljena od strane stanovništva predmetnih anglomeracija, u kojima će investicije infrastrukture za otpadne vode biti sufinancirane iz Kohezionog fonda, moraju biti namijenjene za sufinanciranje)
- taksa na gubitke vode iz sustava za opskrbu pitkom vodom između (5-10) % (tijekom perioda izvođenja sva taksa na gubitke vode iz sustava za opskrbu pitkom vodom prikupljena od strane stanovništva predmetnih anglomeracija, u kojima će investicije infrastrukture za otpadne vode biti sufinancirane iz Kohezionog fonda, moraju biti namijenjene za sufinanciranje)
- Općine-gradovi minimalno 10 % vrijednosti investicije

8 CILJEVI POSTIGNUTI SUFINANCIRANJEM OD STRANE KOHEZIJSKOG FONDA

U cilju dostizanja glavnih ciljeva implementacje strategije Kohezionog fonda u vremenskom okviru 2004.-2006. god., glavne ekološke potrebe ciljanih grupa stanovništva biti će ispunjene u komunalnom sektoru, u kojem će prioritetna komunalna infrastruktura biti izvedena kroz sufinanciranje putem Kohezijskog fonda, i to:

- zaštita postojećih resursa vode za piće
- smanjenje izvora komunalnih zagađivača vode, proglašeno za osjetljiva područja i vode za kupanje
- održiva opskrba vodom, uzimajući u obzir smanjenje gubitaka na mrežama za oskrbu vodom i osiguravanje pitke vode u skladu sa svim zahtjevanim standardima

navedeno će unaprijediti i zaštititi kvalitetu ljudskog i prirodnog okoliša, ljudskog zdravlja, zaštititi vodne resurse za buduće generacije, podržati zaštitu ekosustava i imati najbolje moguće doprinose ekonomskom razvoju ciljanih grupa stanovništva, a time i općina i gradova u cjelini.

IMPLEMENTACIJSKI VREMENSKI PLAN PRIORITETNIH INVESTICIJSKIH PROJEKATA UKLJUČUJUĆI FINANCIJSKI PLAN

Slijedeće tabele prezentiraju listu prioritetnih investicijskih projekata sa implementacijskim vremenskim planom i raspodjelom različitih financijskih izvora sufinanciranja.

ANEKS Ia - Najprioritetniji projekti za sufinanciranje iz Kohezijskog fonda

A) Predloženi najprioritetniji investicijski projekti - Otpadne vode

Br.	Naziv projekta	Financijski izvori	predviđene vrijednosti investicija *(milion EURO)*							
			Ukupno	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Kanalizacija i uređaji za pročišćavanje obalnog sliva (Koper, Izola, Piran)	Ukupno	26,00	3,00	7,00	5,00	5,00	6,00		
		Koh. fond	14,30	1,65	3,85	2,75	2,75	3,30		
		Drž. buđ.	9,10	1,05	2,45	1,75	1,75	2,10		
		Kom. buđ.	2,60	0,30	0,70	0,50	0,50	0,60		
2	Integralna zaštita podzemnih voda Ptujskog polja (kanalizacija i uređaju za pročišćavanje grada Ptuja i ostalih općina lociranih u području Ptujskog polja)	Ukupno	25,00		2,00	6,00	6,00	6,00	5,00	
		Koh. fond	15,00		1,5	3,5	3,5	3,50	3	
		Drž. buđ.	7,50		0,30	1,90	1,90	1,90	1,5	
		M. B.	2,50		0,20	0,60	0,60	0,60	0,5	
3	Integralna zaštita podzemnih voda Ljubljanskog polja (glavni kolektori za spoj na UPOV-a Ljubljana, i ostalih općina lociranih u području Ljubljanskog polja)	Ukupno	24,00		2,00	8,00	8,00	6,00		
		Koh. fond	14,60		1,5	4,5	4,5	4,10		
		Drž. buđ.	7,00		0,30	2,70	2,70	1,30		
		Kom. buđ.	2,40		0,20	0,80	0,80	0,60		
4	Kanalizacija i uređaji za pročišćavanje središnjeg dijela sliva rijeke Save (Litija, Zagorje, Trbovlje, Hrastnik)	Ukupno	27,00		5,00	7,00	8,00	7,00		
		Koh. fond	17,00		3,4	4,2	5,2	4,20		
		Drž. buđ.	8,30		2,10	2,10	2,00	2,10		
		Kom. buđ.	2,70		0,50	0,70	0,80	0,70		
	Kohezijsko sufinanciranje	Ukupno	60,90	1,65	10,25	14,95	15,95	15,10	3,00	
	Investicijske vrijednosti kanalizacije i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda	Ukupno	102,00	3,00	16,00	26,00	27,00	25,00	5,00	

B) Predloženi prioritetni investicijski projekti - Opskrba vodom

Br.	Naziv projekta	Financijski izvori	predviđene vrijednosti investicija (milion EURO)							
			Ukupno	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Održiva zaštita voda i opskrba vodom Bele Krajine (Semič, Metlika, Črnomelj)	Ukupno	10,00		2,00	2,50	3,00	2,50		
		Koh. fond	6,50		1,30	1,70	1,80	1,70		
		Drž. buđ.	2,50		0,50	0,55	0,90	0,55		
		Kom. buđ.	1,00		0,20	0,25	0,30	0,25		
	Kohezijsko sufinanciranje	Total	6,50		1,30	1,70	1,80	1,70		
	Investicijske vrijednosti infrastrukture za opskrbu vodom	Total	10,00		2,00	2,50	3,00	2,50		

ANEKS IIa - Rezervna lista projekata za sufinanciranje iz Kohezijskog fonda

A) Predloženi prioritetni investicijski projekti - Otpadne vode

Br.	Naziv projekta	Financijski izvori	predviđene vrijednosti investicija (milion EURO)							
			Total	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Kanalizacija i uređaji za pročišćavanje sliva rijeke Krke (Novo Mesto i ostale općine locirane u slivu rijeke Krke)	Ukupno	30,00			3,00	7,00	7,00	7,00	6,00
		Koh. fond	20,00			2,00	5,00	5,00	5,00	3,00
		Drž. buđ.	7,00			0,90	1,30	1,30	1,30	2,20
		Kom. buđ.	3,00			0,30	0,70	0,70	0,70	0,60
	Kohezijsko sufinanciranje	Total	20,00			2,00	5,00	5,00	5,00	3,00
	Investicijske vrijednosti kanalizacije i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda	Total	30,00			3,00	7,00	7,00	7,00	6,00

B) Predloženi prioritetni investicijski projekti - Opskrba vodom

Br.	Naziv projekta	Financijski izvori	predviđene vrijednosti investicija (milion EURO)							
			Total	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Održiva zaštita voda i opskrba vodom Istarskog vapnenačkog zaleđa (Izola, Koper, Piran, Ilirska Bistrica, Sežana)	Ukupno	60,00			6,00	13,50	13,50	13,50	13,50
		Koh. fond	45,00			4,60	10,10	10,10	10,10	10,10
		Drž. buđ.	15,00			1,50	3,40	3,40	3,40	3,40
2	Održiva zaštita voda i opskrba vodom područja Pomurja	Ukupno				Predlaganje u 2006 g.				
	(grubo procijenjene vrijednosti investicije	Koh. fond								
	30,0 miliona ukupno)	Drž. buđ.								
	Investicijske vrijednosti infrastrukture za opskrbu vodom	Ukupno	60,00			6,00	13,50	13,50	13,50	13,50

9 ZAKLJUČAK

Temeljem prezentiranog daje se zaključiti da je Slovenija ušla apsolutna spremna u predpristupne procese sufinanciranja od strane EU fondova i da se taj trend sa članstvom u EU nastavlja jednakim intenzitetom. Također je bitno naglasiti ono što bi Hrvatskoj trebalo biti vodilja za period u koji ulazi, da se iznađu rješenja, institucionalna i financijska kako bi se što uspješnije prihvatili navedenih zadaća. Tu se prvenstveno misli na formiranje svih potrebnih institucija unutar republike Hrvatske koje su trenutačno u fazi formiranja i akreditiranja od strane Europske komisije, te na spremnost državnih institucija, gdje se daje naglasak na Hrvatske vode da preuzmu ulogu vodećeg tijela sa gledišta organizacije i financiranja. Ukoliko Hrvatska želi što kvalitetnije iskoristiti navedena financijska sredstva mora prvenstveno biti spremna osigurati financijska sredstva za pripremu sve potrebne dokumentacije do faze molbi za ishođenje sredstava, a ne koristiti navedene izvore za financiranje projekata od samog početka. Znano je da je glavna i najveća vrijednost projekta sama investicija izvođenja i to je ono za što Hrvatska mora koristiti ponuđena joj EU bespovratna sredstva. Ukoliko Hrvatska želi biti uspješna koliko i Slovenija, nužno je osigurati državna financijska sredstva za nazovimo "projekt više", jer ulaskom u EU, cjelokupan posao i projekti idu dalje, što vidimo kroz ulogu Kohezijskog fonda, prema tome niti jedan projekat (molba) više, ne predstavlja izgubljenu investiciju. Te na kraju za svaki slijedeći projekat tvrtka Hidroinženiring je spremna pružiti maksimalnu pomoć.

LITERATURA:

1. Službeni izvještaji Ministarstva za okolje in prostor:
2. Nacionalni program za uvođenje "Acquis Communautaire (NPAA)
3. Nacionalni akcijski program za okoliš "National Environmental Action Programme (NEAP)
4. Nacionalni plan razvoja "National Development Plan (NDP)
5. Akcijski plan za "Urban Wastewater Collection and Treatment" sa programom "Water Supply Projects" (akcijski plan za prvu fazu (do 2006. godine.))
6. Nacionalni strateški referentni okvir za Kohezisjki sklad-sektor okoliš (National Strategic Reference Framework for Cohesion Fund Assistance-Environment Sector)
7. Preslikana je opisino struktura uključenih državnih tijela prema stvarnom sustavu
8. Tehnički i financijski podaci tvrtke Hidroinženiring d.o.o., Ljubljana

AUTORI:

Gordan Vukelić dipl.ing.građ.
HIDROINŽENIRING d.o.o. Ljubljana, Podružnica Zagreb, Antuna Jakića 5, Hrvatska
tel: 385 1 2326969; fax: 385 1 2327890; e-mail: gordan.vukelic@ hidroinzeniring.hr

Danilo Dolinar dipl.ing.stroj.
HIDROINŽENIRING d.o.o. Ljubljana, Slovenčeva 95, Ljubljana, Slovenija
tel: 386 1 5603706; fax: 385 1 5684502; e-mail: danilo.dolinar@hidroinzeniring.si

Dr. Meta Gorišek dipl.ing.građ.
MINISTARSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR,
Dunajska cesta 48, Ljubljana, Slovenija
tel: 386 1 3094220; fax: 385 1 3094230; e-mail: meta.gorisek@gov.si

4. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE I EUROPSKA UNIJA - IZAZOVI I MOGUĆNOSTI
OPATIJA 17. - 19. SVIBNJA 2007.

R 6.23.

USKLAĐIVANJE S EUROPSKIM NORMIZACIJSKIM SUSTAVOM U PODRUČJU VODOOPSKRBE I ODVODNJE

Davorin Žugčić, Zvonko Varga, Dejan Kovačević

SAŽETAK: Prihvaćanje i usklađivanje s Europskim normizacijskim sustavom jedan je od preduvjeta za ulazak u Europsku uniju. U članku je dat cjeloviti prikaz dosad usvojenih Hrvatskih norma - HRN EN za vodoopskrbu i odvodnju. Predstavljena je struktura Hrvatskog zavoda za norme, te rad tehničkog odbora za kakvoću vode, rad pododbora za obradu otpadnih voda i pododbora za opskrbu vodom.

KLJUČNE RIJEČI: hrvatske norme, vodoopskrba, odvodnja otpadnih voda

HARMONISATION OF WATER SUPPLYING AND SEWERAGE DOMAIN WITH EUROPEAN STANDARDISATION SYSTEM

SUMMARY: Adoption and harmonization with European standardization system stands for one of the postulates of reception into European Community. In this article a complete overview is given concerning Croatian standards HRN EN for water supplying and sewerage that are adopted by now. The structure of Croatian standardization institute is also introduced, together with work of technical comity for water quality, and work of subcommittees for sewage treatment and water supplying.

KEYWORDS: Croatian standards, water supply, waste water engineering

1. UVOD - HRVATSKI ZAVOD ZA NORME

Hrvatski zavod za norme (HZN) je neovisna i neprofitna javna ustanova osnovana 2004. godine kao nacionalno normirno tijelo Republike Hrvatske.

Izrada hrvatskih norma i praćenje međunarodne i europske normizacije započelo je u Državnom zavodu za normizaciju i mjeriteljstvo (DZNM) koji je osnovan 1991. godine kao posebno tijelo državne uprave.

Hrvatski zavod za norme punopravan je član:

- Međunarodne organizacije za normizaciju (ISO),
- Međunarodnog elektrotehničkog povjerenstva (IEC)
- Europskog instituta za telekomunikacijske norme (ETSI)

Hrvatski zavod za norme pridruženi je član:

- Europskog odbora za normizaciju (CEN)
- Europskog odbora za elektrotehničku normizaciju (CENELEC).

Uz to Hrvatski zavod za norme obavlja poslove informativne središnjice za Sporazum o tehničkim zaprekama u trgovini Svjetske trgovinske organizacije (WTO) i poslove kontaktne točke za Codex Alimentarius (što u doslovnom prijevodu s latinskog znači "zakon o hrani").

Za ostvarivanje zadataka normizacije u Hrvatskom zavodu za norme osnovani su tehnički odbori, pododbori i radne skupine.

Tehnički odbori osnivaju se za obavljanje poslova hrvatske normizacije i za praćenje međunarodne i europske normizacije u pojedinim užim područjima normizacije. Za obavljanje poslova iz užeg područja rada, tehnički odbori mogu osnovati pododbore i radne skupine. Rad u tehničkim odborima je dragovoljan.

Broj tehničkih odbora je oko 175 i stalno raste. Pojedini odbori Hrvatskog zavoda za norme prate rad više odbora tako da oni prate rad čak 533 međunarodnih i europskih odbora. Broj članova tehničkih odbora, pododbora i radnih skupina je oko 1.600. Doneseno je oko 12.000 novih hrvatskih norma.

2. USKLAĐIVANJE HRVATSKOG ZAKONODAVSTVA S NAČELIMA EUROPSKE UNIJE

Prema europskoj praksi *novog pristupa*, razgraničuje se odgovornost između državne uprave i organizacije za normizaciju.

Načela *novog pristupa tehničkom usklađivanju i normama* donijelo je Europsko vijeće u svibnju 1985. godine. Prema tim načelima zakonodavstvom se određuju (putem smjernica, direktiva) samo *bitni zahtjevi*, na primjer oni koji se odnose na zaštitu zdravlja, sigurnosti i zaštitu okoliša i drugi zahtjevi od općeg interesa. Izrada tehničkih specifikacija potrebnih za proizvodnju i stavljanje na tržište proizvoda koji su sukladni bitnim zahtjevima povjerena je organizacijama nadležnim u području normizacije. Treba naglasiti da je uporaba norma dragovoljna.

Pravni temelj normizacije u EU je Direktiva 98/34/EC za postupak obavješćivanja u području tehničkih propisa i norma koja je dopunjena Direktivom 98/48/EC.

Pristupni put Europskoj uniji uključuje usklađivanje velikog broja tehničkih propisa te uspostavljanja sustava normizacije. O području normizacije pregovara se u okviru Prvog poglavlja - Sloboda kretanja roba.

Obveze usklađivanja u području tehničkih propisa, normizacije, ocjenjivanja sukladnosti utvrđene su člankom 73 Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju koji je potpisan 29. listopada 2003. godine.

U cilju usklađivanja hrvatskog tehničkog zakonodavstva sa uvjetima za članstvo u Europskoj uniji, u rujnu 2003. godine usvojeni su novi zakoni u području tehničkog zakonodavstva:

- Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjeni sukladnosti (NN 158/03.)
- Zakon o općoj sigurnosti proizvoda (NN 158/03.)
- Zakon o normizaciji (NN 163/03.)
- Zakon o akreditaciji (NN 158/03.)
- Zakon o mjeriteljstvu (NN 163/03.)

Temeljem tih zakona iz Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo nastaju četiri ustanove:

- Tijelo državne uprave - Državni zavod za mjeriteljstvo (DZM)
- Javne ustanove - Hrvatski zavod za norme (DZN), Hrvatska akreditacijska agencija (HAA) i u osnivanju Hrvatski mjeriteljski institut (HMI)

Europska unija postavila je svoja načela i ciljeve normizacije.

Načela normizacije su između ostalog transparentnost, konsenzus svih zainteresiranih strana, javnost rada, neovisnost rada i koherentnost zbirke norma.

Najvažniji ciljevi normizacije su uz očuvanje zdravlja i života ljudi te zaštite okoliša i ograničenje raznolikosti, osiguranje spojivosti i zamjenjivosti te otklanjanje tehničkih zapreka u međunarodnoj trgovini.

Za prijem Hrvatskog zavoda za norme u punopravno članstvo europskih odbore CEN-a i CENELEC-a potrebno je uz prihvaćanja načela i ciljeva normizacije ispuniti i dodatne uvjete koji su dani u devet točaka od kojih su neke već ispunjene (npr. Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju koji određuje prijelazno razdoblje te zakonodavni okvir za dragovoljnu normizaciju).

Jedan od uvjeta za prijem u punopravno članstvo je prihvaćanje najmanje 80% europskih norma i predlaganje prihvatljivog roka za prihvaćanje ostalih i povlačenje oprečnih norma.

Također je potrebno dokazati mogućnost djelatnog doprinosa europskoj normizaciji. U prijelaznom razdoblju hrvatski članovi u europskim odborima imaju status promatrača te iako ne mogu glasovati imaju mogućnost davanja primjedbi i sudjelovati u oblikovanju norma.

Hrvatske se norme pripremaju u skladu s međunarodnom i europskim pravilima.

Tehnički mogu prihvatiti norme međunarodnih i europskih normizacijskih organizacija u izvorniku, u izvorniku s hrvatskim ovitkom i prijevodom.

Tehnički odbori mogu donijeti i hrvatsku izvornu normu. Donošenje hrvatskih izvornih norma, s obzirom na to da one mogu biti zapreka slobodnoj trgovini ograničeno je samo za slučajeve kada za određeni predmet normizacije ne postoje odgovarajuće međunarodne ili europske norme.

3. TEHNIČKI ODBOR 147 - KAKVOĆA VODE

Tehnički odbor HZN/TO 147 - Kakvoća *vode* osnovan je 25. travnja 1995. godine u cilju praćenja rada međunarodnih odbora:

- ISO/TC 147, Water quality
- ISO/TC 224, Service activities relating to drinking water supply systems and wastewater systems - Quality criteria of the service and performance indicators

te europskih odbora:

- CEN/TC 164, Water supply
- CEN/TC 165, Waste water engineering
- CEN/TC 230, Water analysis

Ovaj je tehnički odbor prihvaćen je 1995. godine kao promatrač (Observer member) međunarodnog tehničkog odbora ISO/TC 147, a od 1997. godine promatrač je europskog tehničkog odbora CEN/TC 230, Water analysis.

Tehnički odbor osnovan je u području *Zdravlje, okoliš i medicinska oprema*, a organiziran

je u 6 pododbora. Četiri pododbora odnose se na uzorkovanje i ispitivanje kakvoće vode a dva pododbora se posebno odnose na:

- TO 147/PO 10, Kakvoća vode; Opskrba vodom
- TO 147/PO 11, Kakvoća vode; Obrada otpadnih voda

Na razini cijelog odbora TO 147 prate se norme vezane uz nazivlje. U području kakvoće voda nazivlje je definirano nizom od devet međunarodnih ISO norma koje su prihvaćene kao trojezično hrvatsko - englesko - francusko izdanje.

Nakon reorganizacije Hrvatskog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo i formiranja Hrvatskog zavoda za norme došlo je do malog zastoja u radu tehničkog odbora i njegovih pododbora.

Praktično je odbor obnovljen tek u listopadu 2006. godine. Nakon uvađanja članarine za članstvo u Hrvatskom zavodu za norme, a što je uvjet za rad u tehničkim odborima, dio članstva je odustao od rada u odboru a odbor je popunjen novim članovima.

4. NORME PRIHVAĆENE OD TO 147/PO 10

Pododbor TO 147/PO10 (Kakvoća vode; Opskrba vodom) HZN-a osnovan je 18. listopada 2000. godine u cilju praćenja rada europskog odbora CEN/TC164, Water supply.

Područje rada tog pododbora obuhvaća norme za instalacije, konstrukcije i komponente za opskrbu vodom, uključujući obradu vode radi održavanja kakvoće vode.

Pripadajući europski tehnički odbor CEN/TC164 (Water supply) objavio je sto devedeset četiri norme, a pedeset dvije norme su u fazi razvoja.

Pododbor TO147/PO10 prihvatio je sedamdeset pet europskih norma kao hrvatske norme ili 39 %. U planu za 2007. godine je prihvaćanje oko 80 novih norma čime bi se postotak prihvaćenih norma povećao na 80 %. Tijekom 2008. godine slijedila bi prijava pododbora za promatračko članstvo u pripadajućem europskom tehničkom odboru CEN/TC 164.

Skupine norma koje su obuhvaćene u području rada ovog pododbora, odnosno pripadajućeg europskog tehničkog odbora su:

- Vlakneno-cementni proizvodi
- Armiranobetonske tlačne cijevi i betonske tlačne cijevi uključujući spojeve i fitinge
- Zahtjevi za sustave i dijelove izvan zgrada
- Specifikacije za instalacije u zgradama za dovod vode za ljudsku uporabu
- Sustavi i dijelovi sustava za pohranu vode za ljudsku uporabu
- Sanitarne armature
- Ventili u zgradama
- Uređaji za sprečavanje onečišćenja pitke vode uslijed povratnoga toka u vodovodnim instalacijama
- Oprema za pripremu vode u zgradama
- Utjecaj materijala na vodu namijenjenu ljudskoj uporabi
- Kemikalije za obradu vode namijenjene ljudskoj uporabi
- Kemikalije za obradu vode bazena za plivanje

Jedna norma koja sadrži definicije za anorganske nosive i filtracijske materijale prevedena je kao četverojezični, hrvatsko - englesko - njemačko - francuski rječnik.

Potpuni popis prihvaćenih hrvatskih norma mogu se naći na internetskoj stranici Hrvatskog zavoda za normizaciju: *http://www.hzn.hr* .

5. NORME PRIHVAĆENE OD TO 147/PO 11

Pododbor TO 147/PO10 (Kakvoća vode; Opskrba vodom) HZN-a osnovan je 19. rujna 2000. godine u cilju praćenja rada europskog odbora CEN/TC165, Waste water engineering.

Područje rada tog pododbora obuhvaća norme o značajkama sustava i dijelovima sustava za obradu otpadnih voda, o projektiranju, proračunu, izradi, radu i održavanju u području tehnike otpadnih voda, uključujući postrojenja za obradu otpadnih voda.

Skupine norma su:

- Keramičke cijevi, oblikovni komadi i cijevni priključci za odvodne i kanalizacijske sustave
- Vlakneno-cementne cijevi za kanalizacijske sustave i odvodnju
- Betonske cijevi i oblikovni komadi, nearmirani, s čeličnim vlaknima i armirani
- Betonska kontrolna okna i komore, nearmirana, s čeličnim vlaknima i armirana
- Cijevi i oblikovni komadi uzdužno zavarenih čeličnih cijevi
- Odvodi za zgrade
- Gravitacijski odvodni sustavi u zgradama
- Odvodni i kanalizacijski sustavi izvan zgrada
- Tlačni kanalizacijski sustavi izvan zgrada
- Odvodni kanali za prometna i pješačka područja
- Poklopci za slivnike i kontrolna okna za prometne i pješačke površine
- Odzračni ventili za odvodne sustave
- Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala
- Izgradnja i ispitivanje odvodnih i kanalizacijskih sustava bez iskopa rova
- Uvjeti za razvrstavanje proizvoda za cjevovode za vodu i otpadnu vodu prema tlaku
- Statički proračun podzemnih cjevovoda pod različitim uvjetima opterećenja
- Sustavi za odvajanje lakih tekućina -- separatori
- Separatori masnoća
- Mali uređaji za obradu otpadnih voda, za opterećenje do 50 ES
- Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda

Jedna norma je prevedena. Popis prihvaćenih norma dan je na internetskoj stranici Hrvatskog zavoda za normizaciju.

6. ZAKLJUČAK

U postupku približavanja Hrvatske Europskoj unije iznimnu je pozornost potrebno posvetiti usklađenju tehničkih propisa i norma.

Normizacija je sastavni dio Prvog poglavlja pregovora - Sloboda kretanja roba.

Norme nisu obvezujuće no njihova uloga je otklanjanje zapreka u međunarodnoj trgovini, osiguranje spojivosti i zamjenjivosti proizvoda, ograničenje raznolikosti, povećanja razine sigurnosti i promicanje kvalitete proizvoda, procesa i usluga u cilju očuvanja zdravlja i života ljudi te zaštite okoliša.

Sadašnji rad tehničkih pododbora HZN 147/PO10 (Kakvoća vode; Opskrba vodom) i HZN 147/PO11 (Kakvoća vode; Obrada otpadnih voda) sveden je na prihvaćanje europskih norma kao hrvatskih norma kako bi se uhvatio korak s radom odgovarajućih europskih odbora.

Jedan od strateških ciljeva Hrvatskog zavoda za norme je punopravno članstvo u europskim organizacijama CEN i CENELEC.

U tom cilju, u daljnjem radu pododbora 10 i 11, nakon postizanja višeg stupnja usklađenosti norma iz ovog područja, predviđen je zahtjev za pridruženo članstvo u CEN 164 (Water supply) i CEN 165 (Waste water engineering).

Time bi rad ovih pododbora već tijekom pridruženog članstva Hrvatskog zavoda za norme u europskim organizacijama dobio novu dimenziju. Iako bez mogućnosti glasovanja odbor bi imao mogućnost sudjelovanja u donošenju europskih norma i davanju primjedbi. To bi bio korak prema punopravnom članstvu Hrvatskog zavoda za norme u europskim organizacijama za normizaciju, ali i korak Hrvatske prema Europskoj uniji.

LITERATURA:

1. Flegar, Ljerka: Hrvatske norme i kakvoća vode. Hrvatske vode, 13/2005
2. Ivić, Ivana: Hrvatske norme za područje zaštite okoliša. Glasilo HZN, 3/2006
3. Topić, Jakša, dr. sc. : Tehničko usklađivanje u Republici Hrvatskoj prema zahtjevima Europske unije. Glasilo DZNM, 3-6/2003
4. Varga, Zvonko: Hrvatske norme -HRN EN za vodoopskrbu i odvodnju. Zbornik radova, Seminar Odvodnja otpadnih i oborinskih voda - uvjet održivog razvoja, 2006
5. Zima, Snježana: Priprema za pregovore - područje normizacije. Glasilo HZN, 2/2006
6. ***: Pravilnik o članstvu u Hrvatskome zavodu za norme. Glasilo HZN, 1/2005
7. ***: Statut Hrvatskog zavoda za norme. Glasilo HZN, 1/2005

AUTORI:

Davorin Žugčić, dipl. ing. građ.,
Institut građevinarstva Hrvatske d.d., J. Rakuše 1, Zagreb

Zvonko Varga, dipl. ing. geot.,
Institut građevinarstva Hrvatske d.d., J. Rakuše 1, Zagreb

Dejan Kovačević, dipl. ing. građ.,
Institut građevinarstva Hrvatske d.d., J. Rakuše 1, Zagreb

KAZALO AUTORA

Broj	autor	rad	stranica
A			
1	Abdulaj Roberta	R 6.01.	823
2	Ahel Marijan	R 3.15.	465
3	Ahmetović Nihada	R 4.01.	513
4	Ahmetović Ademir	R 4.01.	513
5	Anić-Vučinić Aleksandra	R 3.16.	473
6	Andričević Roko	R 4.16.	657
7	Andročec Vladimir	R 3.07.	399
8	Andročec Vladimir	R 3.16.	473
9	Antolić Jasmina	R 6.05.	857
10	Arbneshi Tahir	R 1.01.	61
11	Arbneshi Tahir	R 1.02.	69
B			
12	Babić Marijan	R 3.12.	439
13	Bajraktarević-Dobran Haša	R 5.03.	697
14	Barbalić Darko	R 1.12.	145
15	Barbalić Darko	R 6.02.	831
16	Barbalić Darko	R 6.03.	839
17	Barbalić Marina	R 2.01.	263
18	Barbalić Marina	R 6.02.	831
19	Barbalić Sanja	R 3.11.	427
20	Barbalić Sanja	R 5.01.	681
21	Barbalić Sanja	R 6.03.	839
22	Barišić - Lasović Antonija	R 5.15.	797
23	Bašić Ferdo	R 4.18.	671
24	Bečelić Milena	R 6.12.	913
25	Bekić Damir	R 1.05.	91
26	Bekić Damir	R 1.13.	153
27	Belčić Krešimir	R 6.19.	971
28	Bensa Aleksandra	R 2.03.	281
29	Bensa Aleksandra	R 4.15.	647
30	Beović Branka	R 3.01.	355
31	Beović Branka	R 3.12.	439
32	Beović Branka	R 6.21.	983
33	Benac Čedomir	R 2.02.	273
34	Benac Čedomir	R 2.05.	297
35	Beraković Boris	R 6.15.	937
36	Berisha Liridon	R 1.01.	61
37	Best Ross	R 6.10.	897
38	Biondić Danko	P 01.	19
39	Biondić Danko	R 2.09.	321
40	Biondić Danko	R 6.03.	839
41	Bobetko-Majstorović Blanka	R 5.02.	687
42	Bogunović Matko	R 2.03.	281
43	Bogunović Matko	R 4.15.	647
44	Bogut Irella	R 5.10.	751
45	Bojić D.	R 5.09.	745
46	Bonacci Ognjen	P 04.	37
47	Bonacci Ognjen	R 1.11.	137
48	Bosak Sunčica	R 1.03.	75
49	Bosak Sunčica	R 1.24.	241
50	Bošković N.	R 1.04.	85
51	Brkić Berislav	R 4.09.	587
52	Brozinčević Andrijana	R 5.13.	779
53	Brkić Željka	R 5.14.	787
54	Bruins Hans	R 6.04.	847
55	Bujas Neven	R 6.05.	857
56	Bura-Nakić Elvira	R 1.04.	85
57	Bura-Nakić Elvira	R 1.25.	253
58	Bura-Nakić Elvira	R 5.11.	763
59	Burić Zrinka	R 1.03.	75
60	Burić Zrinka	R 1.04.	85

61 Busuladžić Hasija R 5.03. 697
62 Butorac Anđelko R 4.18. 671

C

63 Caput-Mihalić Katarina R 1.03. 75
64 Carević Dalibor R 1.05. 91
65 Carević Dalibor R 1.13. 153
66 Carević Dalibor R 6.17. 953
67 Carević Toni R 6.06. 863
68 Carević Toni R 6.14. 931
69 Carić Marina R 1.03. 75
70 Carić Marina R 1.17. 185
71 Celija Ivan R 2.02. 273
72 Cesarec Ksenija R 1.18. 193
73 Cesarec Ksenija R 6.07. 869
74 Ciglenečki Irena R 1.04. 85
75 Cindrić Ksenija R 2.04. 289
76 Crmarić Ranko R 2.05. 297
77 Cvrković Željka R 1.07. 107

Č

78 Čargonja - Reicher Koni R 5.06. 723
79 Čerba Dubravka R 5.10. 751
80 Čupić Daria R 6.08. 879
81 Čupić Srđan R 1.06. 99

Ć

82 Ćosić-Flajsig Gorana R 6.04. 847
83 Ćosović Božena R 1.04. 85
84 Ćosović Božena R 1.07. 107
85 Ćosović Božena R 1.25. 253
86 Ćosović Božena R 5.11. 763
87 Ćućić Dražen R 6.19. 971
88 Ćurić-Batan Ružica R 6.09. 889

D

89 Dautović Jelena R 1.08. 115
90 Dautović Jelena R 1.25. 253
91 David Katarina R 6.10. 897
92 Degobbis Danilo R 1.19. 203
93 Delić Davor R 4.04. 537
94 Deluka-Tibljaš Aleksandra R 6.11. 905
95 Dević Davor R 4.12. 617
96 Dolanjski Dragutin R 4.12. 617
97 Dolar Davor R 3.06. 393
98 Dolinar Danilo R 6.22. 991
99 Domijan Nenad R 1.06. 99
100 Donevska Katerina R 4.03. 527
101 Duić Željko R 5.16. 805

Đ

102 Đakovac Tamara R 1.19. 203

E

103 Ecimović Tanja R 1.09. 123

F

104 Fiket Željka R 1.08. 115

G

105 Gajić-Čapka Marjana R 2.06. 303
106 Gašpar Ivan R 4.18. 671
107 Gavrilović Olivera R 6.12. 913
108 Gereš Dragutin R 6.13. 921
109 Gjetvaj Goran R 1.10. 129
110 Gjetvaj Goran R 3.07. 399
111 Gjetvaj Goran R 3.16. 473
112 Glavaš Berislav R 2.11. 337

113 Glavaš Jerko R 4.08. 579
114 Gorišek Meta R 6.22. 991
115 Gotovac Hrvoje R 4.16. 657
116 Gržetić Zvonko R 1.06. 99
117 Gržetić Zvonko R 1.17. 185

H

118 Hadžić Emina R 5.04. 705
119 Hahn Hermann H. P 05. 47
120 Hajduk Černeha Bojana R 3.02. 361
121 Halkijević Ivan R 6.17. 953
122 Haničar Davor R 2.10. 329
123 Hasimja Hilmi R 1.02. 69
124 Hinić Višnja R 3.03. 371
125 Holjević Danko R 2.09. 321
126 Holjević Danko R 4.11. 607
127 Horvat Bojana R 1.11. 137
128 Horvat Bojana R 1.20. 211
129 Horvat Bojana R 3.14. 455
130 Hrenović Jasna R 3.16. 473
131 Hrestak Sonja R 1.03. 75
132 Husnjak Stjepan R 2.07. 309
133 Husnjak Stjepan R 4.14. 639
134 Husnjak Stjepan R 4.15. 647

I

135 Ibrahimović Eldar R 5.15. 797
136 Ivančić Ingrid R 1.24. 241
137 Ivanković Ivana R 1.18. 193
138 Iveglija Čorak Sanja R 5.05. 713
139 Ivezić Andreja R 3.04. 379

J

140 Jokić Marija R 1.22. 223
141 Jukić Damir R 6.06. 863
142 Jukić Damir R 6.14. 931
143 Juračić Mladen R 2.05. 297
144 Jurela Sandra R 6.07. 869
145 Jusić Suvada R 3.05. 385

K

146 Kadić Vlatko R 1.12. 145
147 Kapelj Sanja R 5.09. 745
148 Kapetanović Damir R 4.02. 519
149 Karleuša Barbara R 4.11. 607
150 Karleuša Barbara R 5.05. 713
151 Karleuša Barbara R 6.11. 905
152 Karleuša Barbara R 6.15. 937
153 Kartelo Robert R 4.04. 537
154 Keran Husejin R 4.01. 513
155 Kerovec Mladen R 1.14. 163
156 Kerovec Maja R 5.06. 723
157 Kešetović Elvis R 4.05. 547
158 Kešetović Elvis R 4.06. 559
159 Kisić Ivica R 4.18. 671
160 Klobučar Nives R 5.05. 713
161 Kolovrat Ivan R 4.09. 587
162 Kos Zorko R 4.07. 571
163 Košutić Krešimir R 3.06. 393
164 Kovačević Dejan R 6.23. 1003
165 Kovačić Miron R 6.16. 947
166 Kozar Sonja R 1.08. 115
167 Kozarac Zlatica R 5.11. 763
168 Krmek Zdravko P 01. 19
169 Krznarić Damir R 1.07. 107
170 Kuhta Mladen R 1.20. 211
171 Kunst Branko R 3.06. 393
172 Kunštek Duška R 6.17. 953
173 Kuspilić Neven R 1.05. 91
174 Kuspilić Neven R 1.13. 153
175 Kwokal Željko R 1.15. 171

L

176 Labinac Velimir R 5.05. 713
177 Lamza - Maronić Maja R 4.08. 579
178 Leder Nenad R 1.06. 99
179 Ličina Dane R 6.01. 823
180 Likso Tanja R 4.14. 639
181 Lončar Goran R 3.07. 399

182 Lubura Matković Tanja R 1.18. 193
183 Luttenberger Axel R 5.07. 729
184 Lutz H. O. R 5.09. 745

Lj

185 Ljubenkov Igor R 4.16. 657

M

186 Maduna Valkaj Karolina R 5.08. 735
187 Madžar Tomislav R 6.09. 889
188 Mahmutspahić Zijah R 3.08. 407
189 Maldini Krešimir R 1.09. 123
190 Malus Davor R 3.19. 497
191 Mandić M. R 5.09. 745
192 Maričić Siniša R 3.09. 413
193 Marijanović Rajčić Marija R 1.09. 123
194 Marušić Josip R 4.09. 587
195 Marušić Josip R 4.10. 595
196 Marušić Josip R 6.18. 961
197 Medić Đorđa R 5.01. 681
198 Medić Đorđa R 6.05. 857
199 Mesić Milan R 4.18. 671
200 Meštrović Hrvoje R 4.04. 537
201 Mihaljević Melita R 5.06. 723
202 Mihaljević Melita R 5.10. 751
203 Mihaljević Zlatko R 1.14. 163
204 Mihanović Hrvoje R 1.06. 99
205 Mihanović Hrvoje R 1.17. 185
206 Mihelčić Nataša R 3.02. 361
207 Miholić Tina R 1.12. 145
208 Miholić Tina R 6.02. 831
209 Mijoč Ivo R 6.19. 971
210 Mijušković-Svetinović Tatjana R 3.09. 413
211 Mikac Nevenka R 1.08. 115
212 Mileta Marina R 2.08. 315
213 Mišetić Stjepan R 5.06. 723
214 Mlakar Marina R 1.15. 171
215 Mrak Ervino R 3.03. 371
216 Mustač Ivica R 4.06. 559
217 Mustać Ivan R 4.12. 617

N

218 Nežić Mladen R 3.17. 483
219 Nimac Nataša R 1.16. 177
220 Novak Kristina R 6.17. 953

O

221 Ocvirk Eva R 6.17. 953
222 Olujić Goran R 1.17. 185
223 Orlović-Leko Palma R 5.11. 763
224 Oštrić Maja R 3.13. 447
225 Oštrić Maja R 3.14. 455
226 Ožanić Nevenka R 4.11. 607
227 Ožanić Nevenka R 6.11. 905
228 Ožanić Nevenka R 6.15. 937

P

229 Palijan Goran R 5.10. 751
230 Pandžić Krešo R 4.14. 639
231 Panov Angelco R 4.03. 527
232 Pašić-Škripić Dinka R 5.12. 771
233 Pašić-Škripić Dinka R 5.17. 813
234 Pavlus Natalija R 5.13. 779
235 Pekaš Želimir R 5.14. 787
236 Petošić Dragutin R 4.12. 617
237 Petraš Josip R 2.09. 321
238 Petričec Mladen R 1.18. 193
239 Pivčević Branka R 3.10. 419
240 Plantić Krešimir R 2.12. 345
241 Plavšić Marta R 5.11. 763
242 Plišić Ivica R 3.12. 439
243 Popović Ivica R 3.11. 427
244 Precali Robert R 1.19. 203

R

245 Radeljak Ivan R 5.15. 797
246 Radeljak Ivan R 5.16. 805

247 Rajnović Slavko P 01. 19
248 Rajver Dušan R 6.16. 947
249 Ravlić Nenad R 3.12. 439
250 Rexhepi Fatos R 1.02. 69
251 Ričković Vedrana R 1.18. 193
252 Roje Vibor R 1.08. 115
253 Roller-Lutz Z. R 5.09. 745
254 Romić Davor R 4.10. 595
255 Rubinić Josip R 1.20. 211
256 Rubinić Josip R 2.02. 273
257 Rubinić Josip R 3.02. 361
258 Rubinić Josip R 3.13. 447
259 Rubinić Josip R 3.13. 447
260 Rubinić Josip R 3.17. 483
261 Rubinić Josip R 4.11. 607
262 Rukavina Tomislav R 1.21. 217
263 Ružić Igor R 2.02. 273
264 Ružić Igor R 2.05. 297
265 Ružić Igor R 3.13. 447
266 Ružić Stanislav R 4.13. 627
267 Ružinski Nikola P 02. 27
268 Ružinski Nikola R 3.16. 473

S

269 Santo Vera R 1.07. 107
270 Senta Ankica R 4.14. 639
271 Senta Ivan R 3.15. 465
272 Sever Sanja R 1.09. 123
273 Singer Davorin R 6.04. 847
274 Sheridan Norman R 6.20. 977
275 Skukan Ivana R 3.10. 419
276 Smital Tvrtko R 3.10. 419
277 Sraka Mario R 2.03. 281
278 Sraka Mario R 4.15. 647
279 Stević Filip R 5.10. 751
280 Stilinović Božidar R 3.16. 473
281 Stojanovska Maja R 5.13. 779
282 Stričević Ivo R 4.12. 617
283 Strinić Goran R 1.06. 99
284 Stroj Andrej R 1.20. 211

Š

285 Šeruga Marijan R 1.07. 107
286 Šikanić Aco R 4.13. 627
287 Šimunić Ivan R 4.14. 639
288 Širac Siniša P 01. 19
289 Šperac Marija R 2.10. 329
290 Štefanek Željko R 2.12. 345
291 Šturlan Popović Sandra R 3.11. 427
292 Šurmanović Dagmar R 1.22. 223
293 Šustić Diana R 1.10. 129
294 Švonja Mirjana R 1.18. 193
295 Švonja Mirjana R 6.06. 863
296 Švonja Mirjana R 6.14. 931

T

297 Tadić Lidija R 2.10. 329
298 Tadić Lidija R 5.16. 805
299 Tadić Zdenko R 2.10. 329
300 Tadić Zdenko R 5.15. 797
301 Tadić Zdenko R 5.16. 805
302 Temimović Emir R 1.23. 231
303 Terek Borivoj R 1.16. 177
304 Ternjej Ivančica R 1.14. 163
305 Terzić Senka R 1.03. 75
306 Terzić Senka R 3.15. 465
307 Teskeredžić Emin R 4.02. 519
308 Tomašić Zvonimir R 1.10. 129
309 Tomec Marija R 4.02. 519
310 Tomić Frane R 4.12. 617
311 Tomić Franjo R 4.14. 639
312 Travica Tatjana R 3.13. 447
313 Travica Tatjana R 3.17. 483
314 Trček Branka R 3.17. 483
315 Troni Naser R 1.01. 61
316 Tropan Ljudevit R 6.21. 983
317 Turković-Juričić Alenka R 3.03. 371

V

318 Varga Zvonko R 6.23. 1003

319 Varićak-Keranović Boško R 3.18. 491
320 Veseli Albana R 1.02. 69
321 Vidaček Željko R 2.03. 281
322 Vidaček Željko R 4.15. 647
323 Vidaković Jasna R 5.10. 751
324 Vidaković Šutić Renata R 1.18. 193
325 Vidoš Damir R 2.11. 337
326 Viličić Damir R 1.03. 75
327 Viličić Damir R 1.24. 241
328 Vlah Senko R 4.07. 571
329 Vlašić Alena R 6.05. 857
330 Vlašić Alena R 6.08. 879
331 Vojvodić Vjeročka R 1.25. 253
332 Vouk Dražen R 3.09. 413
333 Vouk Dražen R 3.19. 497
334 Vranješ Mijo R 2.11. 337
335 Vranješ Mijo R 4.16. 657
336 Vrhovec Danijela R 2.07. 309
337 Vujasinović Branko R 4.17. 665
338 Vukelić Gordan R 6.22. 991

W

339 Weller Philip P 03. 33

Z

340 Zamolo Mihaela R 3.20. 505
341 Zgorelec Željka R 4.18. 671
342 Zrinski Goran R 4.13. 627
343 Zrnčević Stanka R 5.08. 735

Ž

344 Žigić Izet R 5.12. 771
345 Žigić Izet R 5.17. 813
346 Žugaj Ranko R 2.12. 345
347 Žugčić Davorin R 6.23. 1003
348 Županić Barbara R 5.16. 805

AUMA - AUTOMATIZACIJA I UPRAVLJANJE SVIH VRSTA ARMATURA

Automatizacija ventila ulazi u sve djelove industrije. U raznim granama industrije automatizira se rad većine procesa, a njihovo upravljanje je centralizirano i izvodi se s jednog mjesta. U tom procesu automatizacije važnu ulogu imaju razne vrste armatura (leptirice, zasuni, kuglaste slavine, regulacijski ventili itd.) i mogućnost centraliziranog upravljanja njihovim radom. Pomoću elektromotornih pogona AUMA mogu se automatizirati sve vrste armatura, u različitim industrijskim postrojenjima, a njihovim radom se može upravljati lokalno ili preko centralnog upravljačkog sustava koji se koristi u određenom procesu. Način upravljanja s elektromotornim pogonima AUMA se prilagođava postojećem upravljanju u određenom procesu i može biti:

- digitalno (24 V)
- analogno (0/4 - 20 mA)
- PROFIBUS - DP
- MODBUS - RTU.

Modernizacija postojećeg izvršnog pogona

Elektromotorni pogon bilo kojeg proizvođača se može zamijeniti s novim elektromotornim pogonom AUMA.

Kod primjera na ilustraciji elektromotorni pogon MODACT je zamijenjen elektromotornim pogonom AUMA tip SAR 07.5.

Automatizacija ručne armature

Automatizirati se mogu i armature s ručnim pogonom. Kod primjera na ilustraciji je automatiziran zasun DN 700 s elektromotornim pogonom AUMA SA 14.5 i reduktorom AUMA GST 30.1

Postojeći pogoni AUMA koji ne zadovoljavaju novim zahtjevima upravljačkog sustava (PROFIBUS-DP, MODBUS...), mogu se jednostavnom ugradnjom dodatnih potrebnih sklopova prilagoditi novim zahtjevima.

APIS CENTAR d.o.o. ima veliko iskustvo u automatizaciji različitih vrsta armatura i prilagođavanju načina njihovog upravljanja novonastalim uvjetima u procesu upravljanja, regulacije i mjerenja u različitim granama industrije.

auma®

Solutions for a world in motion

www.auma.com

AUMA kontrolira protok !

U raznim vrstama postrojenja postoji potreba za automatizacijom rada raznih vrsta ventila. Na osnovi signala iz upravljačkih sustava, električni pogoni AUMA konstantno reguliraju položaj ventila, a samim time i protok raznih medija kroz cjevovode.

AUMA proizvodi električne pogone ventila.
Osigurajte pouzdanu regulaciju protoka pomoću AUMA proizvoda .

APIS CENTAR d.o.o.
Ventilatorska 2g
HR - 10250 Lučko

tel: +385 (0)1 / 6531 485
faks: +385 (0)1 / 6531 484
e-mail: auma@apis-centar.hr
www.auma.com

9 789539 645593