



**HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT
CROATIAN GEOLOGICAL SURVEY**



**Hidrogeološka i paleolimnološka istraživanja
Baćinskih jezera**

**Knjiga I
Hidrogeološka istraživanja Baćinskih jezera**

Broj: ___/15

**Predstojnik Zavoda za hidrogeologiju i
inženjersku geologiju**

Ravnatelj Hrvatskog geološkog instituta

Dr. sc. Josip Terzić, dipl. ing. geol.

Dr. sc. Josip Halamić, dipl. ing. geol.

rujna, 2015.

PROJEKTNI ZADATAK:	HIDROGEOLOŠKA I PALEOLIMNOLOŠKA ISTRAŽIVANJA BAĆINSKIH JEZERA Knjiga I. Hidrogeološka istraživanja Baćinskih jezera
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE Ulica grada Vukovara 220 10.000 Zagreb
IZVOĐAČ:	HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju Sachsova 2 10.000 Zagreb
UGOVOR:	Klasa : 325-01/13-10/0000186 Ur. broj 374-1-03-13-8 3422/13 (HGI) od 25.9.2013.
DODATAK UGOVORU:	Klasa : 325-01/13-10/186 Ur. broj 374-1-03-14-18 4497/14 (HGI) od 28.11.2014.

VODITELJ HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVAČKIH RADOVA:

dr. sc. Josip Terzić, dipl. ing. geol.

SURADNICI:

dr. sc. Jasmina Lukač Reberski, dipl. ing. geol.
dr. sc. Tihomir Frangen, dipl. ing. geol.
dr. sc. Josip Rubinić, dipl. ing. građ. – *autor poglavlja 7.3.*
dr. sc. Tamara Marković, dipl. ing. geol.
Ivana Boljat, dipl. ing. geol.
Pavle Ferić, dipl. ing. geol.
dr. sc. Andrej Stroj, dipl. ing. geol.
Marina Filipović, dipl. ing. geol.
Goran Kresnik, dipl. ing. geol.
Josip Kolarić, ing. geoteh.
Hrvoje Burić, geol. tehn.
Helena Čučuzović, mag. kem.

AUTORI IZVJEŠĆA:

dr. sc. Josip Terzić, dipl. ing. geol.

dr. sc. Jasmina Lukač Reberski, dipl. ing. geol.

dr. sc. Tihomir Frangen, dipl. ing. geol.

dr. sc. Josip Rubinić, dipl. ing. građ. (pogl. 7.3.)

SADRŽAJ:

1.	UVOD	5
2.	PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	9
3.	BAĆINSKA JEZERA – GEOGRAFSKI PREGLED	11
4.	GEOLOŠKA GRAĐA I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE RAZMATRANOG TERENA	13
4.1.	<i>Pregled geološke građe terena</i>	13
4.2.	<i>Hidrogeološke značajke stijena kao posljedica geološke građe</i>	23
4.3.	<i>Hidrogeološki odnosi u slijevu i hidrogeološka situacija neposredne okolice Baćinskih jezera</i>	27
5.	TRASIRANJA PODZEMNIH TOKOVA	30
5.1.	<i>Prethodna trasiranja u istražnom području</i>	30
5.2.	<i>Trasiranje podzemnih tokova iz polja Jezero (Vrgoračkog polja) simultano dvama traserima</i>	35
	<i>5.2.1. Hidrološki uvjeti u vrijeme trasiranja</i>	36
	<i>5.2.2. Traseri i mjesta ubacivanja traseri</i>	37
	<i>5.2.3. Opažačka mreža i dinamika uzorkovanja</i>	40
	<i>5.2.4. Rezultati trasiranja</i>	41
6.	VODNI OBJEKTI U SLIJEVU I TOČKE OPAŽANJA	47
6.1.	Točke opažanja	48
	<i>6.1.1. Vodni objekti na širem području istraživanja</i>	49
	<i>6.1.2. Vodni objekti na Baćinskim jezerima</i>	73
6.2.	Monitoring automatskim mjeracima	81
6.3.	Mjerenja protoka	99
6.4.	Metode i rezultati mjerenja in situ i laboratorijskih hidrogeokemijskih parametara	105
	<i>6.4.1. Metode i tehnike mjerenja</i>	105
	<i>6.4.2. Rezultati mjerenja in situ i laboratorijskih hidrogeokemijskih, izotopnih i mikrobioloških parametara</i>	111
6.5.	<i>Plima/oseka i utjecaj na jezera</i>	133
7.	DISKUSIJA REZULTATA	136
7.1.	Hidrokemijska istraživanja	136
	<i>7.1.1. Statistička analiza – Box-Whisker dijagrami</i>	136
	<i>7.1.2. Hidrogeokemijski facijesi</i>	141
	<i>7.1.3. Fizikalno-kemijski parametri T, pH, EC</i>	144
	<i>7.1.4. Metali</i>	148
	<i>7.1.5. Mikrobiologija</i>	150
	<i>7.1.6. Izotopi</i>	151

7.2.	<i>Regionalna hidrogeološka konceptualizacija slijevnog područja</i>	158
7.3.	<i>Hidrološka analiza (bilanca)</i>	160
	<i>7.3.1. Uvodne napomene o provedenim hidrološkim istraživanjima i analizama</i>	160
	<i>7.3.2. Hidrografski opis istraživnog područja</i>	162
	<i>7.3.3. Metodologija ocjene globalne vodne bilance</i>	171
	<i>7.3.4. Rezultati procjene globalne vodne bilance</i>	174
	<i>7.3.5. Hidrološka analiza mjerenih hidroloških podataka na utjecajnom slijevnom području</i>	181
7.4.	<i>Utjecajne površine (podsljevovi) i njihov međuodnos</i>	190
7.5.	<i>Hidrogeološka situacija neposredne zone Baćinskih jezera: utjecaji, posljedice i moguća rješenja</i>	195
8.	ZAKLJUČAK S PRIJEDLOGOM NASTAVKA ISTRAŽIVANJA	197
	LITERATURA	202

PRILOZI:

Prilog 1. Hidrogeološki zemljovid slijeva Baćinskih jezera, M 1:50.000;

Prilog 2. Hidrogeološki zemljovid neposredne okolice Baćinskih jezera, M 1:5000;

Prilog 3. Tablični prikaz rezultata trasiranja podzemnih tokova – laboratorijski podatci

Prilog 4. Rezultati analiza kakvoće vode, Zavod za javno zdravstvo – zbog opsežnosti samo u pdf verziji na priloženom DVD-u.

1. UVOD

Na temelju ugovora između Hrvatskih voda (Klasa: 325-01/13-10/0000186 Ur. broj 374-1-03-13-8) i Hrvatskog geološkog instituta (3422/13) je 25.9.2013. sklopljen ugovor o izvođenju Hidrogeoloških i paleolimnoloških istraživanja Baćinskih jezera. Tematski ova su istraživanja podijeljena u dvije zasebne cjeline, koje su važne i međusobno se upotpunjuju u interpretacijskom smislu. Ipak, kako je riječ o različitim strukama unutar geologije, kao i opsežnosti istraživanja, odlučeno je kako će se i konačno izvješće napisati u dvije knjige – jedna hidrogeološka (Knjiga I) i jedna paleolimnološka (Knjiga II). Hidrogeološka istraživanja proveli su stručnjaci Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju Hrvatskog geološkog instituta, uz suradnju s kolegama iz Zavoda za mineralne sirovine, uz korištenje hidrokemijskog laboratorija, kao i nekih vanjskih laboratorija, te uz suradnju vanjskog eksperta za hidrologiju.

Istraživanja su vođena pod konstantnim nadzorom od strane investitora za koja je bila zadužena mr. sc. Darija Čupić, dipl. ing. geol. O svim problemima tijekom rada, kao i manjim intervencijama unutar inicijalnog programa istraživanja do kojih je dolazilo zbog dolje opisane „više sile“, investitorski nadzor je bio pravovremeno obaviješten. Ukupna količina i kakvoća provedenih istraživanja zapravo je u konačnici nadmašila predviđeni opseg i sva naša očekivanja, prvenstveno zbog sretne okolnosti djelomičnog preklapanja s međunarodnim projektom Drinkadria. Međutim, kako je rok za izvršenje radova bio previše kratak s obzirom na potrebu za minimalno jednogodišnjim nizom mjesečnih podataka, kao i zbog u procesu ugovaranja zanemarene činjenice da se podatci DHMZ-a dobivaju sa „zakašnjenjem“ od nekoliko mjeseci budući se moraju obraditi, odlučeno je da se napravi i aneks ugovora kojima je samo produžen rok izrade s konca 2014. na konac rujna 2015. godine (Hrvatske vode – Klasa: 325-01/13-10/186 Ur. broj 374-1-03-14-18 i HGI 4497/14 od 28.11.2014.).

Nakon početnih faza prikupljanja i proučavanja literature te nabave neophodne opreme, hidrogeološka istraživanja započela su u rujnu 2013. te trajala (u terenskoj fazi) sve do srpnja 2015. (dakle, daleko duže nego je bilo predviđeno ugovorom), nakon čega su izrađene završne analize, obrade i interpretacije te je napisano konačno izvješće. U hidrogeološkim istraživanjima u sklopu razmatranog projekta sudjelovalo je desetak stručnjaka HGI-a, a hidrološke analize obavio je dr. sc. Josip Rubinić, dipl. ing. građ., kao sastavni dio naše istraživačke ekipe, te je autor hidrološkog poglavlja ovog elaborata, a time i suautor cjelokupnog izvješća.

Zbog problema na terenu moralo je doći do manjih promjena programa istraživanja, sveukupan opseg prikazanih rezultata zapravo je veći od prvobitno ugovorene količine radova. Kao osnovni problemi pri terenskom radu može se istaknuti gubitak nekoliko logera (automatskih mjerača), kao i drugih dijelova opreme, što je podrobno opisano u relevantnim poglavljima i može se pripisati višoj sili, odnosno nečemu na što je s naše strane nemoguće utjecati nako što se poduzmu sve početne mjere opreza, informiranja nadležnih i fizičkog osiguranja opreme. Npr. neki od logera postavljenih na konstrukciji u samim jezerima nestao je na nejasan način, moguće i ukraden, dok je primjerice cijela konstrukcija s letvom i vrlo skupim Eijkelkamp logerom postavljena na izvoru Butina nestala tijekom radova na rekonstrukciji crpilišta – gotovo sigurno namjernom „akcijom“ nepoznatog junaka, no na žalost, bez očevidaca. Iako je postavljena oprema bilo kome osim stručnjaka HGI praktički neupotrebljiva, do ovih je nemilih događaja ipak došlo. Iako je financijski gubitak zbog vrijednosti „nestale“ opreme velik, još je veći problem gubitak izmjerenih podataka i nemogućnost postavljanja novih mjerača u takvim socio-uvjetima. Ova će činjenica predstavljati značajan pokazatelj koji će usmjeravati možebitne radove u budućnosti, kada će pažnja usmjerena čuvanju opreme morati biti daleko veća, a na nekim mjestima mjerenja ove vrste biti će praktično neprovediva. Osim misterioznog nestanka automatskih mjerača, problemi koji su se pojavljivali tijekom radova uobičajene su prirode i često se pojavljuju u istraživanima ove vrste, kao npr.: (1) nereprezentativnost hidrološke godine, (2) loš rezultat mjerenja protoka zbog obraštenosti ili same konfiguracije korita, (3) problema sa spajanjem podataka iz BiH, koji su važni za hidrogeološke interpretacije, a često manjkavi, zatim npr. (4) uobičajenih problema vezanih uz tehničke značajke dijelova opreme (npr. uzorkivača

– samplera za vodu u koji se nije bilo moguće 100% pouzdati, ili (5) loših podataka na automatskim mjeračima zbog kvara ili prijanjanja organske ili plinovite tvari na samo osjetilo logera. Također, tijekom rada je došlo i do manjih promjena u izvornom projektnom zadatku kada je procijenjeno da stručna problematika tako zahtijeva. Tako je npr. odlučeno da se u prilogu 1 (hidrogeološki zemljovid) uključi cijelo potencijalno utjecajno područje (slijev), koje se velikim dijelom nalazi u Bosni i Hercegovini. Kako u drugoj državi nismo mogli istraživati kao u Hrvatskoj, tako je i u samome zemljovidu razina podataka unutar BiH na daleko nižoj razini (gustoći) nego u RH. Iz istog je razloga zaključeno da se u prilogu 1 ne prikazuje zemljovid ranjivosti terena, nego „klasični“ hidrogeološki zemljovid. Na temelju svih podataka zaključeno je kako je takav prikaz daleko ilustrativniji i pogodniji za nastavak istraživanja bilo koje vrste, dok bi prostorna neujednačenost količine i kakvoće podataka bila nepremostiva zapreka za izradu zemljovida ranjivosti. Ovi problemi, kao i neki drugi manji problemi, opisani su detaljnije u relevantnim poglavljima izvješća. Ipak, usprkos svim problemima, rezultat je bio u skladu s očekivanjima i može se reći kako je na temelju provedenih istraživanja došlo do bitnog povećanja ukupne količine znanja o hidrogeološkom funkcioniranju razmatranog terena.

Istraživani teren koji, naravno, pripada području dinaridskog krškog pojasa, izuzetno je složen. Hidrogeološki odnosi su do te mjere zamršeni da sve postojeće interpretacije mogu biti uzete kao temelj za nastavak istraživanja. U ovom izvješću je prikazana relativno nova logika hidrogeološkog koncepta slijevnog područja – koja zahvaća terene do duboko u Bosnu i Hercegovinu, ali i diskretiziran cjelokupni slijev na više manjih podsljevova koji utječu na više izvorišta u isto vrijeme, ili ovisno o hidrološkim prilikama. Slijev je, dakle, podijeljen u više podsljevova (utjecajnih površina) s kojih se dio voda površinskim i/ili podzemnim putovima može kretati prema zoni istjecanja u dijelu Južne Dalmacije kojima pripadaju i Baćinska jezera. Ta zona istjecanja kreće se otprilike od jakog krškog izvora Prud (izvor Norinske rijeke) u blizini Metkovića, zatim desnim rubom doline (aluvijalne doline) rijeke Neretve dolazi do Ploča uz čitav niz jakih i manje jakih krških vrela. U samim Pločama (zapravo u Baćini i Peračkom blatu – selima uz sama Baćinska jezera) nalazi se također jak krški izvor Klokun i Baćinska jezera s većim brojem izvora. Razmatrana zona podzemnog istjecanja od Baćine se krškim terenom proteže sve do Gradca gdje

potpuna i funkcionirajuća fliška barijera dotiče obalu mora i prekida ovaj krški kontinuitet. U toj završnoj zoni najvažnije mjesto opažanja bila je Mandina mlinica, krško vrelo – zapravo izvorišna zona s nekoliko priobalnih izvora, ali i nekoliko snažnih vrulja u uvali Žrnovnica (prethodno se često naziv Žrnovnica, ili inačica Žrnovica, koristio i za samo izvorište Mandina mlinica). Osim izrazite složenosti terena treba naglasiti i dodatnu okolnost koja je prirodne odnose zamrsila do krajnosti. U terenu je tijekom godina izgrađena mreža brojnih drenažnih i melioracijskih, općenito hidrotehničkih, zahvata od kojih su najznačajniji tuneli – dovodni tunel koji iz Jezera (Vrgoračko polje) dovodi poplavne vode velikim dijelom godine izravno u Baćinska jezera – izgrađen 1938.; zatim odvodni tunel iz jezera prema moru – izgrađen 1913. i kasnije proširivan. Kao treći izrazito važan tunel u ovom širem sustavu ističe se tunel koji odvodnjava poplavne vode Imotsko – Bekijskog polja u Bosni i Hercegovini (BiH) i čiji je „ispust“ u blizini jakog krškog vrela rijeke Tihaljine (izgrađen 1951.). Teren u BiH nije bio predmetom terenskih radova u sklopu provedenih istraživanja, no zbog gotovo sigurnog utjecaja prvenstveno rijeke Tihaljine/Trebižata s pripadajućim ponornim zonama sve do iza Ljubuškog, uzet je u razmatranje pri tumačenju regionalnih hidrogeoloških i hidroloških odnosa.

U konačnici, potrebno je izraziti zahvalu svima koji su doprinijeli izradi ovog projekta. Osim investitora, Hrvatskih voda, potrebno je napomenuti kako su korišteni i brojni podatci iz drugih znanstvenih i stručnih projekata, kao npr. projekta Drinkadria (IPA Adriatic CBC, financiran od EU), CC- WaterS (SEE TC, financiran od EU) i Osnovne hidrogeološke karte Republike Hrvatske (jednog od temeljnih projekata Hrvatskog geološkog instituta). Zahvaljujemo Hrvatskom hidrografskom zavodu i Upravi luke Ploča na ustupljenim podacima plime i oseke mjerenim na mareografskoj postaji Ploče. Zahvaljujemo vodovodnim tvrtkama iz šireg područja istraživanja, a to su: Izvor Ploče (gđin. Đino Zmijarević), Metković d.o.o. za vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda (gđin. Matko Jerković), Komunalno d.o.o. iz Vrgorca i Neretvansko-Pelješko-Korčulansko-Lastovski vodovod. Posebnu zahvalu izražavamo g. Luki Giljeviću, dipl. ing., tehničkom voditelju u vodoopskrbnoj tvrtci iz Ploča (Izvor Ploče) na velikoj pomoći tijekom višegodišnjih istraživanja – ne samo u sklopu ovog projekta, kao i na čestom ustupanju „broda“ za uzorkovanje voda u samim jezerima.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Budući je hidrogeološki slijev Baćinskih jezera izrazito velik i osim velikog dijela južne Dalmacije obuhvaća područje duboko prema središtu Bosne i Hercegovine, velik je i broj referenci kojima je obrađivana geologija ili hidrogeologija istražnog područja. Stoga se ovdje referira na najvažnije reference – one hidrogeološke – i one koje imaju izravan učinak na neke od hidrogeoloških zaključaka. Tu se prije svega ističu studijski i pregledni radovi kojima su autori na temelju velikog iskustva i višegodišnjih istraživanja obradili velike površine terena. Nezaobilazna referenca je Hidrogeološka studija (BOJANIĆ & IVIČIĆ, 1980). U ovoj se studiji detaljno razrađuju hidrogeološki odnosi, temelj svih kasnijih radova uključujući ovdje prikazane, te se daju vrijedni podatci o protocima važnijih izvorišta i općenito početnim bazama hidrogeoloških i geomorfoloških podataka.

Kao najvažnije reference i hidrogeološka istraživanja koja su izravno prethodila sadašnjima ističu se i radovi vezani uz prijedlog zona sanitarne zaštite izvorišta Klokun i Modro Oko (IVIČIĆ & PAVIČIĆ, 1996), te donekle i izvora Prud (SLIŠKOVIĆ, 1996). Treba napomenuti kako ove zone sanitarne zaštite nikada nisu zaživjele niti je donesena Odluka, no predstavljaju kvalitetan izvor podataka, prije svega kartografskih, koji će se obilno koristiti i u ovom elaboratu. Regionalne odnose u slijevu Imotskog polja obrađuju stručnjaci HGI (BOJANIĆ et al., 1981). Hidrogeologijom i zaštitom voda izvora Norinske rijeke bave se SLIŠKOVIĆ et al. (1997). IVIČIĆ i BOJANIĆ (1978) izrađuju inženjerskogeološki profil odvodnog tunela od Vrgoračkog polja do Baćinskih jezera. BOJANIĆ (1980) rekognoscira ponorno područje od mosta u Otoku do Crnog vira, koje je kasnije bilo trasirano s više mjesta. BOJANIĆ i suradnici (1981) objavljuju zanimljiv članak o hidrogeologiji Imotskog polja. IVIČIĆ (1992) izrađuje zanimljivu rekapitulaciju dotadašnjih spoznaja i predlaže plan hidrogeoloških radova sa svrhom zaštite slijevnog područja izvora Modro oko. Isti autor (IVIČIĆ, 1994) izrađuje prijedlog zona sanitarne zaštite izvora Opačac kod Imotskog. Opačac je uzlazno krško vrelo u razini Vrljike kod Prološca, te je rubno

važan i za izučavanje hidrogeoloških odnosa područja sve do Baćinskih jezera, jer vode Vrljike i Opačca što prirodno podzemno, što tunelom iz Imotsko-Bekijskog polja dolaze do Tihaljine, pa u ponornim zonama Trebižata doprinose južnijoj zoni istjecanja. SLIŠKOVIĆ i suradnici (1997) objavljuju znanstveni rad u Hrvatskim vodama u kojem se opisuje zaštita izvora Prud i daje zanimljiv prikaz regionalnih hidrogeoloških odnosa. Zaštitom podzemnih voda s naglaskom na zaštitu krških polja i voda na njima i ispod njih također se bave stručnjaci HGI-a (PAVIČIĆ & IVIČIĆ, 1999), s primjerima iz područja Vrgoračkog polja Jezero i Rastok polja. SLIŠKOVIĆ (2001) izvodi trasiranje iz područja Ljubuškog u blizini Trebižata te dokazuje i kvantificira (samo brzina) podzemno vodnu vezu s izvorom Norinske rijeke – Prudom. Stručnjaci Hrvatskog geološkog instituta (KAPELJ & TERZIĆ, 2005) trasiraju jedan od bočnih ogranaka ponorne zone Crnog Vira i dobivaju vrijedne podatke o podzemnim vezama s izvorima u Desnama sve do Modrog oka. IVIČIĆ i suradnici (2008) istražuju utjecaj autoceste na podzemne vode svih razmatranih izvorišta. SLIŠKOVIĆ (2009 i 2009a) izrađuje radne verzije tumača Osnovne hidrogeološke karte za listove Ston, Metković i Ploče. Iako neobjavljeno i nerecenzirano, ovi će materijali biti korišteni i pri prikazanim analizama. TERZIĆ, J. (2012) istražuje utjecaj prometnice (brze ceste) na vode izvora u području istraživanja, prvenstveno Modrog oka. Brojni drugi radovi, prvenstveno izrađeni od strane stručnjaka HGI obrađeni su prilikom izvođenja prezentiranih istraživanja pa se spominju na relevantnom mjestu u tekstu, detaljnije.

Izrazito je zanimljiv presjek hidrogeoloških odnosa u području Baćinskih jezera prikazan u sklopu 2. hrvatskog geološkog kongresa, tj. jedne od njegovih ekskurzija, gdje su autori koji su cijeli radni vijek proveli u istražnom području objavili nekoliko vrlo zanimljivih preglednih radova o Baćinskim jezerima, njihovoj neposrednoj okolini, ali i odnosima u širem terenu. Tako IVIČIĆ (2000) daje regionalni hidrogeološki pregled u razvijenim profilima od Livanjskog i Duvanjskog polja, preko Imotskog i Posušskog polja, polja Rastok i polja Jezero (Vrgoračkog polja) do izvora Klokun – jedne od najvažnijih točaka našeg istraživanja. Razlaže se tečenje podzemnih voda u dva niza – iz Livanjskog i Duvanjskog polja – „kaskadno“ prema hipsometrijski nižim razinama sve do same baze – Baćinskih jezera (Klokun) i desnog ruba doline rijeke Neretve. Vrlo zanimljiv rad o hidrogeološkim značajkama neposredne okolice jezera,

te samim Baćinskim jezerima pišu IVIČIĆ & PAVIČIĆ (2000). Daje se čitav niz podataka o jezerima na temelju dotadašnjih spoznaja, te se opisuje tunel kojim se dreniraju poplavne vode Vrgoračkog polja (Jezero) u jezero Podgora (Baćinska jezera).

U zadnjim godinama, treba istaknuti, načinjena su dva vrlo kvalitetna diplomatska rada vezana uz funkcioniranje Baćinskih jezera (KOSOVIĆ, 2008; PIRJEVAC, 2015). U oba slučaja kolege su tijekom izrade diplomskih radova surađivali sa stručnjacima HGI, a u drugom slučaju dijelom su korišteni i rezultati hidrokemijskih analiza dobivenih u sklopu ovog projekta. Analize utjecaja odlagališta otpada Lovornik izvrsno su obrađene u sklopu diplomskog rada (KOSOVIĆ, 2008) te dodatno istražene u sklopu naših istraživanja. Na koncu ovog relativno sažetog prikaza prethodnih istraživanja potrebno je istaknuti nedavno objavljenu knjigu „Vode u kršu slivova Neretve i Cetine“ (SLIŠKOVIĆ, 2014) koja na zanimljiv i znanstveno-stručno-popularan način prikazuje regionalne hidrogeološke odnose u širem terenu, te brojne podatke izravno vezane uz Baćinska jezera i obližnje izvore: Klokun, Modro oko, Mandina mlinica (Žrnovnica) i Prud.

Po završetku ovog programa istražnih radova trebalo bi nastaviti s proučavanjem ovog iznimno osjetljivog hidrogeološkog sustava, jer samo kontinuiranim praćenjem u različitim uvjetima i kroz što duže vrijeme može doći do značajnijeg povećanja količine znanja, a time i poboljšanja u sustavu upravljanja.

3. BAĆINSKA JEZERA – GEOGRAFSKI PREGLED

Baćinska jezera smještena su u južnoj Dalmaciji, u blizini grada Ploče, a uz njih su razvijena dva sela: Baćina i Peračko blato. Riječ je o morfološkoj depresiji (kriptodepresiji) koja je ispunjena vodom, tek nešto višom od razine mora. Ukupna

površina jezera je približno 1,38 km², što je, naravno, ovisno o razini vode. Zbog reljefa terena nepravilnog su oblika.

Postoji sedam jezera, a njihovi osnovni podatci navedeni su u tablici 1. Treba naglasiti kao postoji više podataka o najvećim dubinama, a za relevantne treba uzeti podatke koje su tijekom ovih istraživanja dobili kolege iz Zavoda za mineralne sirovine Hrvatskog geološkog instituta u sklopu paleolimnoloških istraživanja (Knjiga II). Često se navodi podatak o tome kako ima šest jezera, jer se Vitanj (Šipak) i Plitko smatraju jednim jezerom.

Tablica 1. Površine i dubine Baćinskih jezera (CURIĆ, 1995)

Jezero	Površina (ha) (Curić, 1995)	Maksimalna dubina (m) (Curić, 1995)	Maksimalna dubina (m) (Ivičić, 2000)	HGI – Paleolimnološka istraživanja – Knjiga II. Mjereno sonarom (m n.m.)
1 - Crniševo (Trniševo)	43,0	31	34	-33
2 – Oćuša (Voćuša)	55,4	18	19,6	-18
3 – Podgora	11,3	10	10	-8
4 – Vrbnik (Vranjak)	3,1	8	8,7	-1
5 - Sladinac	16,5	16	16,4	-15
6 – Vitanj (Šipak)	9,0 (zajedno s Plitkim)		-	-4
7 – Plitko jezero (Potkušinac)	-	5	-	-3
Baćinska jezera - ukupno	138,3	31	34	-33

Dva tunela, jedan dovodni i drugi odvodni, koji značajno utječu na režim Baćinskih jezera, detaljno su opisana u poglavljima koja slijede. Radi sprječavanja prodora mora kroz odvodni tunel u jezero Sladinac, izgrađen je betonski prag, približno na 0,8 m n.m., što je ujedno približno i najniža razina vode u jezerima. Zimska je razina viša od ove za preko 2 m, ovisno o dotocima (prirodnim i tunelom iz polja Jezero – Vrgoračkog polja). Zbog najveće dubine, jezero Crniševo je u geološkoj prošlosti vjerojatno predstavljalo glavnu ponornu zonu ove depresije, a kroz te ponore dana se je vjerojatan dotok miješane bočate vode u jezero, što su zabilježile i naše sonde. Iako su Baćinska jezera slatkovodna, u Crniševu je

zabilježeno miješanje s morskom vodom – dublji su horizonti stalno zaslanjeni, boćati, a boćata voda u jezero utječe i izvorom Mindel.

Najveće je jezero Oćuša (ili Voćuša), a kao zanimljivost treba spomenuti tri otočića koja se nalaze u njemu i koji se nazivaju „Mlečićima“. Jedan je od njih kamenite građe i lokalno ga stanovništvo zove „Kameni Mlečić“. I oni jasno ilustriraju razvedenost reljefa, kako okolice jezera, tako njihovih dna. Za naša je istraživanja osim Oćuše najzanimljivije bilo jezero Crniševo, pa su u ta dva jezera i postavljeni logeri te su uzorkovana, praćena i analizirana po dubini. Most na dodiru Crniševa i Oćuše izgrađen je 1921.



Slika 1. Pregledni zemljovid okolice Baćinskih jezera s točkama opažanja.

Dubine pojedinih jezera navedene u tablici 1 ilustrativne su, osim posljednje koja je rezultat mjerenja sonarom. Treba napomenuti kako su se s vremenom jezera naizložena donosu materijala iz Vrgoračkog polja moguće dodatno zapunila. Radi ilustracije daju se dva starija navoda o njihovim dubinama, no u tome razdoblju promjene su vjerojatno neznatne. Na žalost ne postoje stariji zapisani podatci. Kao referentne razine (dubine) treba uzeti one mjerene sonarom u sklopu paleolimnoloških istraživanja (Knjiga II). U ovom se stupcu, za razliku od ostalih, daju razine najdublje točke dna, pa tako do dubine dolazi pridružujući ovoj broju trenutnu razinu jezera izna mora. Dubina jezera, naravno, varira ovisno o njihovoj trenutnoj razini.

Što se tiče samih jezera, važno je napomenuti kako sela Baćina i Peračko blato nemaju uređenu kanalizaciju. Izgradnja kanalizacijskog sustava trebala bi biti jedan od prioriteta u budućoj zaštiti Baćinskih jezera. Uz to, uz jezera i po jezerima u zadnje se vrijeme intenzivno razvija turizam, uređuju se šetnice i biciklističke staze oko jezera, uz popratne sadržaje – kampove, smještajne kapacitete i kafiće – restorane. Ovu okolnost treba shvatiti kao izrazito pozitivnu, jer će uputiti na paralelni razvitak okolice jezera, ali i njihovu zaštitu i očuvanje.

4. GEOLOŠKA GRAĐA I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE RAZMATRANOG TERENA

4.1. Pregled geološke građe terena

Geološka građa područja istraživanja veoma je složena, no niti približno složena kao što su to hidrogeološki odnosi, budući su oni dodatno zamršeni morfološkim, tektonskim, antropogenim, klimatskim i brojnim drugim čimbenicima.

Ovaj je projekt prije svega usmjeren na dio terena unutar granica Republike Hrvatske (RH), no dobrim se dijelom prostire unutar Bosne i Hercegovine (BiH), pa

se u ovome regionalnom pregledu moramo osvrnuti i na taj dio terena. Osim toga, u regionalnom zemljovidu (prilog 1), prikazan je hidrogeološki zemljovid cijelog terena sve do gotovo središnjeg dijela BiH. Ipak, potrebno je naglasiti kako je razina prikazanih podataka relevantna prije svega za područje RH, dok su prikazani podatci unutar BiH orijentacijskog značaja. Kao najznačajnija referenca za opis geoloških značajki korištena je geološka karta RH M 1:300.000 (GK300) (VELIĆ & VLAHOVIĆ, 2009), dok je područje detaljnije pokriveno s više listova Osnovne geološke karte (OGK) M 1:100.000. Što se tiče ovih listova, unutar RH područje istraživanja uglavnom je pokriveno listovima Ston (RAIĆ & PAPEŠ, 1982), Ploče (MARINČIĆ et al, 1979), Imotski (RAIĆ et al., 1978) i Metković (RAIĆ et al., 1977). Prema prikazu u GK300 stijene, odnosno stijenske mase koje izgrađuju područje interesa moguće je podijeliti u sljedeće skupine (slika 2), a prikazani odnos prvenstveno je vezan uz GK300, te dijelom i za relevantnu OGK:

Karbonatne stijene područja samih jezera:

- Karbonatna platforma Krških Dinarida – **Vapnenci i dolomiti donje krede (K₁) (br. 32)** – najveći dio obale jezera i područja oko njih, osim najsjevernijeg ruba, izgrađuju ove stijene. Osim tu, ima ih u manjoj mjeri na više mjesta unutar slijevnog područja samih jezera. U području istraživanja u ovim donjokrednim naslagama prevladavaju vapnenci, no ipak je jasna uočena i prisutnost dolomita i dolomitičnih vapnenaca. Dapače, u području maih jezera pojave dolomita unutar ovoga člana relativno su rijetke i sporadične, dok se u nešto većoj zastupljenosti pojavljuju breče. Vapnenci prevladavaju i vrlo su raznoliki, od kristalastih do muljnih, a breče koje se s njima izmjenjuju, po hidrogeološkim im se svojstvima mogu pridružiti zbog pretežito karbonatnih (kalcitčnih) i klasta i veziva. Zbog toga stijenska je masa više-manje jednoliko tektonski razlomljena i okršena te joj se mogu pridružiti istovrsne hidrogeološka svojstva i funkcija u terenu. Debljina ovog kompleksa je relativno velika i u razmatranom području iznosi oko 1000 m.

Karbonatne stijene u slijevnom području:

- Karbonatna platforma Krških Dinarida – **Rudistni vapnenci gornje krede (K_2^{1-6}) (br. 34)** – U cjelokupnom slijevnom području unutar granica RH, a manjim dijelom i uz sama Baćinska jezera (sjever), zastupljene su ove gornjokredne stijene, izrazito tipične za krške terene Dalmacije. Zauzimaju najveću površinu terena slijeva Baćinskih jezera unutar RH, a velikim dijelom i unutar BiH. Zbog dinamike terena tijekom taloženja ovih stijena bilo je i prekida u sedimentaciji, ali i povremenih pelagičkih utjecaja. U ovim stijenama pojavljuju se različiti varijeteti vapnenaca, no ipak se može ustvrditi kako prevladavaju madstoni. U područjima gdje su ove naslage taložene kontinuirano, može se govoriti o debljini od oko 2000 m, no zbog spomenutih prekida tome uglavnom nije tako. U slijedu naslaga povremeno se pojavljuju i dolomiti i dolomitični slojevi, no u ukupnoj stijenskoj masi u velikoj mjeri prevladavaju vapnenci što i usmjerava hidrogeološke značajke ove stijenske mase koja je izrazito okršena i predstavlja pravu sredinu za nakupljanje i strujanje krških podzemnih voda, kako kroz preferirane putove tako i kroz samu stijensku masu.
- Karbonatna platforma Krških Dinarida – **Dolomiti i postsedimentacijske dijagenetske breče (gornji alb, donji cenoman, K_1^6 , K_2^1) (br. 33)** – Prisutnost ovih naslaga u području istraživanja prije svega je vezana uz dvije zone – sjeverno i južno od Imotsko-Bekijskog polja. Zbog prevladavajuće dolomitične koponente nešto su manje okršene od okolne stijenske mase, a tektonski uzrokovane pukotine i disolucjskim procesima načinjene šupljine često su zapunjene produktima trošenja dolomita, što u velikoj mjeri snižava propusnost, a time i hidrauličku vodljivost ove stijenske mase. Riječ je o naslagama u kojima nema značajnijih fosilnih nalaza, a često obilježavaju prijelaz iz donje u gornju kedu. Prosječna debljina ovih naslaga zbog velikog je broja razloga poprilično teško određiva, no može se pretpostaviti kako iznosi do 200 m.

Karbonatne stijene koje izgrađuju zonu između Baćinskih jezera i morske obale, a u širini sve do Mandine mlinice i Gradca:

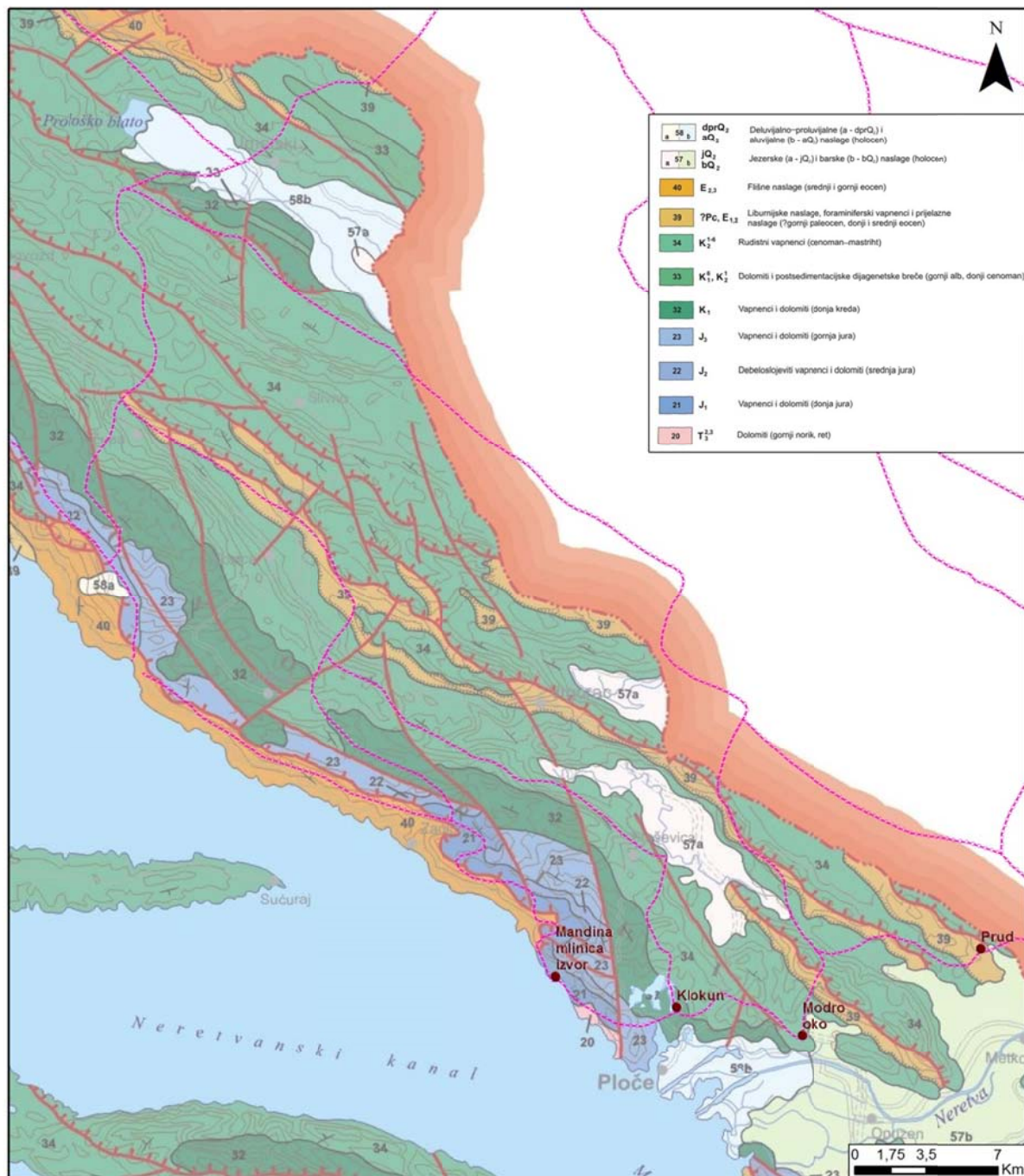
- **Dolomiti (gornji norik, ret, T₂²⁻³) (br. 20)** – Trijaski dolomiti izgrađuju tek jednu usku zonu južno od Baćinskih jezera uz samu obalu mora. Nemaju značajniju funkciju u terenu sami po sebi, no u sklopu (slijedu) s jurskim pretežito dolomitnim stijenama čine značajnu podzemnu barijeru tečenju podzemnih voda. Litološki, dolomiti su dobro uslojeni, no slojevitost je često teže uočljiva zbog specifičnog trošenja ovih stijena. Također se unutar slijeda naslaga pojavljuju i dolomitične breče i mikrobreče. Česti su i dolomitni stromatoliti. Pošto su u razmatranom terenu prisutni samo uz obalu mora, te svakako dijelom i pod morem, može se samo pretpostaviti debljina ovog slijeda naslaga na oko 300 m.
- Karbonatna platforma – **Vapnenci i dolomiti (donja jura, J₁) (br. 21)** – Riječ je o klasičnoj izmjeni vapnenaca i dolomita. Dolomiti su pretežito kasnodijagenetski, a vapnenci su pretežito sivi i tamnijih smeđkastih nijansi, no ovdje u južnoj Dalmaciji često su i svjetlijih varijeteta do gotovo bijeli. Dobro su slojeviti, često tanjih slojeva do gotovo pločasti, no povremeno su slojevi metarskih dimenzija. U razmatranom terenu definitivno prevladavaju kristalinične dolomitne stijene koje su u odnosu na vapnence daleko niže vodopropusnosti.
- Karbonatna platforma – **Debeloslojeviti vapnenci i dolomiti (srednja jura, J₂) (br. 22)** – Dogerske naslage često su u dinaridskom kršu Hrvatske debelo uslojene i uglavnom prevladavaju vapnenci, no u području razmatranja u vrlo su velikoj mjeri zastupljeni i dolomiti. S obzirom na stijene koje im superpozicijski prethode, i one koje im slijede, čine jedan gotovo pa kontinuitet izmjena vapnenaca i dolomita koji u cijelosti znači relativno manje propusnu stijensku masu. Vapnenci su u razmatranom području uglavnom oolitični, a česte su i pojave breča koje reduciraju ukupnu vodopropusnost ove stijenske mase. Srednja vrijednost debljine ovih naslaga uglavnom je oko 150 m, a starost je određena pretežito superpozicijskim odnosima.
- Karbonatna platforma – **Vapnenci i dolomiti (gornja jura, J₃) (br. 23)** – od svih jurskih stijena u području istraživanja ove stijene zauzimaju najveću

površinu te se pružaju sve do gotovo samih Baćinskih jezera, tj. njihove južne obale, odnosno izgrađuju zonu od jezera do grada Ploče uz odvodni kanal prema moru. Izmjenjuju se različiti tipovi vapnenaca u bočnoj i vertikalnoj izmjeni s pretežito kasnodijagenetskim varijetetima dolomita. U sveukupnoj stijenskoj masi u velikoj mjeri vapnenci prevladavaju nad dolomitima što ovu stijensku masu u velikoj mjeri čini sličnom krednim naslagama koje se na njima više ili manje kontinuirano talože i koje su sličnih hidrogeoloških svojstava.

Ostale stijene koje (pretežito) izrađuju barijere u slijevu i na njegovim granicama:

- **Liburnijske naslage, foraminiferski vapnenci i prijelazne naslage (gornji paleocen, donji i srednji eocen – Pc, E_{1,2}) (br. 39)** – U ovom kompleksu naslaga koje su zajednički izdvojene u sklopu GK300 svrstane su raznovrsne stijene koje se pojavljuju u relativno uskim izduženim zonama vezanim uz najvažnije rasjede strukturnog sklopa. Foraminiferski vapnenci koji su po hidrogeološkim značajkama dosta blizu krednim vapnencima najviše su zastupljeni u razmatranom terenu. Ostale navedene naslage (liburnijske i prijelazne), a dijelom i foraminiferski vapnenci, često su jače zaglinjene od okolne stijenske mase što im u većoj ili manjoj mjeri reducira hidrauličku vodljivost i vodopropusnost. To svojstvo pogotovo dolazi do izražaja tamo gdje su ove stijene izravno u dodiru s naslagama fliša. Ipak, kako ovdje u tim uskim zonama dominiraju foraminiferski vapnenci, biti će svrstane u srednje ili dobro propusne stijenske mase jer su i razlomljeni i okršeni, dok im reducirana hidraulička vodljivost dolazi do izražaja prvenstveno u zemljovidima krupnijeg mjerila.
- **Flišne naslage – (srednji i gornji eocen, E_{2,3}) (br. 40)** – U prostoru koji je istražen i razmatran prave su fliške barijere prisutne u dvije značajne zone: jedna sjeverno od Imtosko-bekijsko polja, koja lokalno usmjerava strujanje podzemnih voda s manjim utjecajem na sama Baćinska jezera i zonu istjecanja od Mandine mlinice sve do Pruda; i druga, vrlo značajna

hidrogeološka barijera koja se proteže uz obalu mora u Podbiokovlju – cijelom dužinom, a u zoni razmatranja od Makarske sve do Gradca. Ova priobalna fliška barijera odigrava vrlo značajnu ulogu pri hidrogeološkim interpretacijama o kojima je riječ u daljnjem tekstu. Poznati eocenski fliš jedna je od najtipičnijih nekarboantnih naslaga u cijelom dinaridskom kršu i često odigrava značajnu hidrogeološku ulogu. Fliš je nastao taloženjem takozvanih turbidita (mutnih struja) u dubokom moru. Litološki je vrlo heterogen i može se sastojati od raznovrsnih klastičnih naslaga: od konglomerata, preko raznovrsnih pješčenjaka i silita, foraminiferskih mikrobreča, sve do lapora pa i samih vapnenaca unutar flišne serije (kompleksa). U najvećem dijelu razmatranog terena ipak prevladavaju lapori i siliti, uz prisutnost pješčenjaka. Debljina naslaga fliša u istražnom terenu najvjerojatnije je oko 500 m.



Slika 2. Isječak Geološke karte RH 1:300.000 (GK300; izvorno mjerilo 1:300.000) s osnovnim vodnim objektima u području istraživanja (VELIĆ & VLAHOVIĆ, 2009).

Značajnije kvartarne taložine krških polja u području istraživanja:

- **Jezerske naslage – (a-jQ₂) (br. 57a)** – U razmatranom terenu ove su naslage prisutne u Vrgoračkom polju (Jezero) i Rastok polju, te manjim dijelom i u Imotskom polju. U području Vrgoračkih polja (Jezero i Rastok), te u području samih Baćinskih jezera ove su naslage predstavljene jezerskom kredom – rastresitim bijelim do sivim prahovitim talogom s vrlo visokim udjelom kalcitične komponente (redovito preko 90%), debljine do 15 m. Unutar ovih naslaga mjestimično se nalaze i naslage pjeskovite gline, no zbog izrazite heterogenosti i nepravilnosti teško ih je izdvajati. Tako, litološki ove naslage i nije moguće razlikovati u velikom dijelu terena, prije svega uz sama Baćinska jezera. Taloženje ovih naslaga događalo se u plitkoj i mirnoj slatkovodnoj sredini – vjerojatno nalik na današnja Baćinska jezera (bez antropogenih intervencija). Taloženje je započelo u pleistocenu, trajalo kroz cijeli holocen, a nastavlja se i danas.
- **Aluvijalne naslage – (holocen, Q₂) (br. 58b)** – Naslage prisutne u najvećem dijelu Imotskog polja. Riječ je o naslagama rijeka i vodenih tokova. Heterogene su i sastoje se od različitih granulometrijskih varijeteta, sve od šljunaka do glina. Debljina im u navedenom terenu rijetko prelazi 10-ak m.

Strukturno-tektonski odnosi u području istraživanja

Šire područje istraživanja spada gotovo u središnji dio svjetski poznatog krškog terena: dinaridskog krša. Krški Dinaridi, kako se nazivaju u novijim geološkim publikacijama (MATIČEC, D. u VELIĆ & VLAHOVIĆ, 2009) dio su alpskog planinskog sustava koji je nastao zbog konvergentnog kretanja Afričke ploče u odnosu na Euroaziju, i to zbog kontrakcije prostora. Tako je nastalo više karbonatnih platformi, od kojih je jedna bila i Jadranska karbonatna platforma koja je postojala od toarcija do kraja krede i čije su naslage danas najzastupljenije u Krškim Dinaridima. Nakon sedimentacije područje je bilo podvrgnuto većem broju tektonski aktivnih razdoblja, a za hidrogeološke odnose svakako su najzanimljivija ona novija, tj. kvartarna i gotovo recentna (neotektonska). Dinaridi su se sužavanjem prostora

zapravo počeli uzdizati krajem eocena i u oligocenu. Tektonika je izrazito kompresijska, prostor se sužava i planine uzdižu. Najjači regionalni stres toga vremena u pravcu sjeveroistok – jugozapad uzrokuje orijentaciju morfoloških i geoloških struktura u pravcu sjeverozapad – jugoistok – tzv. dinarski pravac pružanja struktura. Neotektonsko razdoblje započinje promjenom regionalnog stresa u pravac sjever – jug (od kraja miocena do danas). Upravo zbog ove promjene stresa reaktivirani su brojni rasjedi dijagonalno na strukture (cca. 45°) koji su pogotovo zanimljivi s hidrogeološkog aspekta.

U razmatranom terenu pojavljuje se veći broj morfoloških uzdignuća koja se kreću od planinskih masiva Biokova i više planina u BiH, preko morfoloških zaravni i manjih brda, do pravih i potpuno razvijenih krških polja. Morfološke strukture izdužene su, dakako, u tzv. dinaridskom pravcu pružanja: sjeverozapad – jugoistok (SZ-JI), zbog toga što prate istovrsnu izduženost geoloških struktura. Najvažniji rasjedi strukturnog sklopa i protezanje naslaga također uglavnom prati dinaridski pravac pružanja, no za hidrogeološke odnose također su važni i rasjedi dijagonalno na strukturu, i oni poprečno na nju, koji često služe kao pogodan medij za razvitak privilegiranih pravaca strujanja podzemnih voda. Teren se polako spušta prema moru (u stepenicama, kaskadama...) da bi dolina Neretve s morskom obalom predstavljala današnju erozijsku bazu. Ipak, zbog promjena razine mora koje se prema različitim autorima različito interpretiraju, no u pravilu iznose oko 100 m u zadnjih 6000 godina, stijene su okršene i na znatno nižim razinama. Kasnije su dijelom zapunjene, no ovi dijelom tektonski, a dijelom morfološki razlozi dodatno su zamrsili hidrogeološke odnose u sustavu. U hidrogeološkom smislu dodatno su zanimljive pojedine razlomljene zone koje se često pojavljuju po najvažnijim setovima diskontinuiteta strukturnog sklopa – često su vezane uz diskontinuitete paralelne klivažu osne plohe, ali i diskontinuitete okomite na strukturnu os „b“. Takve se zone obično ne prikazuju u zemljovidima sitnog mjerila, ali u krupnijem mjerilu i lokalno mogu biti od velikog hidrogeološkog značaja.

4.2. Hidrogeološke značajke stijena kao posljedica geološke građe

U vrlo širokom terenu obrađeno je nekoliko listova OGK, te su vrlo slične ili gotovo iste naslage uvrštavane u stratigrafske članove različitih naziva. Stoga su u prethodnom poglavlju geološke cjeline opisane grupno, a ovdje će se uvrstiti u hidrogeološke skupine stijena, no navesti će se svi članovi koji se spominju, bez posebnih opisa svakoga od njih. To se posebno odnosi na stratigrafske članove u BiH. Dakle, u regionalnom prikazu (prilog 1) izdvojeno je devet skupina stijena ili tala diferenciranih primarno po njihovim hidrogeološkim značajkama, a to su:

- **Kvartarne naslage riječnih dolina (b; Q₂), izmjeničnih hidrogeoloških svojstava** – naslage prije svega vezane uz samu dolinu Neretve. Nemaju značajnu hidrogeološku funkciju što se tiče samih Baćinskih jezera, no zbog prisutnosti (i) sitnozrnate pa i glinovite komponente prije svega u pripovršinskim slojevima, čine barijeru na kojoj se pojavljuju brojni krški izvori uz rub doline Neretve (ipak, većim je dijelom pojava ovih izvora morfološki uvjetovana). Ipak, uz sam rub doline Neretve nastali su neki od značajnijih izvora razmatranih u ovdje prikazanim istraživanjima, kao što su Prud, Strimen i Modro oko. Hidrogeološka svojstva ovih naslaga prije svega ovise o njihovom granulometrijskom sastavu i jako variraju, kako po dubini, tako i bočno. Poroznost je međuzrnska.
- **Kvartarne naslage slabije vodopropusnosti (d, d; Q₁, dpr; Q₂, gl)** – deluvijalne, deluvijalno-proluvijalne i glacijalne naslage donekle su također izmjeničnih svojstava, no ipak u prosjeku nešto nižih vrijednosti hidrauličke vodljivosti, ovisno o granulometrijskom sastavu. Zbog ograničene debljine i površinske kontinuiranosti nemaju značajniju hidrogeološku ulogu u razmatranom terenu, čak niti u zemljovidima krupnijeg mjerila. Tek mjestimično mogu usporavati i u manjoj mjeri reducirati infiltraciju oborina u podzemlje. Poroznost je međuzrnska.
- **Kvartarne naslage visoke vodopropusnosti (s, al, al; Q₂, gfl, fg₁, fgl₂, lgl)** – U skupinu visoko propusnih i poroznih kvartarnih taložina uvršten je vrlo heterogen skup naslaga koje genetski uglavnom nisu povezane, ali imaju slična hidrogeološka svojstva, pogotovo u regionalnom mjerilu. Sipari su

ograničeni na strme padine i litice te praktički nemaju hidrogeološkog značaja s aspekta proučavanja krških tokova i samog sustava od Pruda do Mandine mlinice, preko Baćinskih jezera; iako se u jače litificiranim siparima mogu pojavljivati manji padinski izvori (Podbiokovlje). Raznovrsne aluvijalne naslage, kao i fluvioglacijalni sedimenti različitih starosti, pa i granulometrijskog sastava, uglavnom variraju od slučaja do slučaja, a u ovoj skupini su uvršteni tamo gdje se (prema stručnoj inženjerskoj prosudbi) ponašaju kao lokalni vodonosnici. Niti tu nemaju posebno velikog značaja za krški sustav koji je predmet našeg istraživanja, iako se većim riječnim dolinama utječu i na regionalne odnose. Poroznost im je međuzrnska.

- **Kvartarne naslage izmjeničnih svojstava, relativno niske vodopropusnosti (i, j, pr)** – Ovdje su prvenstveno uvrštene jezerske krede Vrgoračkog i Rastok polja koje su bitne za prikazana hidrogeološka razmatranja, no tu spadaju i određeni proluvijalni varijeteti. Ovisno o genezi i granulometriji, mijenjaju im se i hidrogeološka svojstva, no generalno ovo su naslage niske vodopropusnosti i lokalno usmjeravaju tečenje prije svega površinskih tokova, usmjeravajući ih prema prirodnim ponorima i ponornim zonama, ali u novije vrijeme i prema hidrotehničkim građevinama za dreniranje polja (tunelima). Poroznost im je međuzrnska.
- **Klastične stijene niske vodopropusnosti ($^1E_{2,3}$, $^2E_{2,3}$, 2M , 2PI , E , $E_{2,3}$, E_2 , MPI , $M_{2,3}$, T_1 , T_1^1 , T_1^2)** – stratigrafski, stijene širokog raspona od trijasa do miocena, no u praksi pretežito klastične stijene koje se u razmatranom terenu najčešće pojavljuju u varijetetima od pješčenjaka do lapora. Najčešće je riječ o eocenskom flišu, poznatim naslagama dinaridskog krša koji mogu imati raznovrsnu ulogu značajnu za kretanje podzemnih voda. Mogu biti, ovisno o morfološkom i hipsometrijskom položaju, ili lokalna ili tzv. viseća barijera za tečenje podzemnih krških voda. Na kontaktu karbonatnih i fliških stijena često se pojavljuju krški izvori. Sam fliš često može imati unutar slijeda naslaga relativno propusne članove – najčešće pješčenjaci, kalkareniti, čak i vapnenački slojevi, no zbog izoliranosti takvih članova, čitav se kompleks smatra barijerom za tečenje krških podzemnih voda. Ovu je nijansu važno prepoznati i razlikovati jer se na brojnim mjestima u RH crpi voda, čak i za vodoopskrbu, iz fliša. Općenito, poroznost ovih stijena je pukotinska, no

mjestimično može biti i međuzrnska (vrlo trošni pješčenjaci), ali i disolucijska – krška (vapnenci i kalkareniti).

- **Klastične stijene vrlo niske vodopropusnosti (1M , 1PI , N , PT)** – za nijansu manje propusne stijene od „klasičnog“ fliša i njemu srodnih pretežito pješčenjačkih stijena. U ovu skupinu se uvrštavaju i evaporitne stijene, vulkanogenetske stijene i sedimente klastične stijene pretežito sitnije veličine klasta. U razmatranom terenu to su stijene od permotrijaske do miocenske starosti. Ove stijene nemaju nikakva vodozadržna svojstva, gotovo su potpuno nepropsune i ako se pojavljuju u dovoljnoj debljini i rasprostiranju, potpune su barijere za podzemno tečenje bilo koje vrste. Treba naglasiti kako je u kršu Hercegovine, ali i cjelokupnom dinaridskom kršu, vjerojatno daleko veća zastupljenost različitih evaporitnih stijena (prije svega gipseva i anhidrita) u podzemlju, dok je izdanaka relativno malo. Povišene koncentracije sulfata, primjerice na Prudu, a znatno više na Klokunu u BiH, jasno upućuju na takav zaključak, o čemu će biti riječi u interpretacijskim poglavljima ovog elaborata. poroznost im je, ukoliko postoji, pukotinska.
- **Karbonatne stijene niske vodopropusnosti (1J_1 , $J_1^{1,2}$, $K_{1,2}$, $K^{1,2}$, $T_{2,3}$)** – među karbonate niske vodopropusnosti u pravilu se uvrštavaju prevladavajuće dolomitni članovi, od pravih čistih dolomita, do jače dolomitičnih vapnenaca ili kalcitičnih dolomita, pa i izmjena pretežito vapnenačkih i pretežito dolomitnih slojeva u većoj debljini. Ipak, u ovoj su skupni oni članovi u kojima dolomitna komponenta u nekoj mjeri i na neki način prevladava. Ove se stijene smatraju, i jesu, nešto niže propusnosti dijelom zbog manje podložnosti okršavanju, a dijelom i zbog toga što se pukotine (kako tektonske tako i disolucijske) često zapunjavaju materijalom koji nastaje specifičnim trošenjem dolomitnih stijena. Taj materijal u šupljinama lakše se i okameni te može značajno reducirati propusnost. Ipak, ovo treba shvatiti uvjetno, jer privilegirani (preferirani) krški kanalski pravci tečenja podzemnih voda mogu se razviti i u ovom, najmanje propusnom karbonatnom hidrogeološkom članu. Poroznost ovih stijena je prvenstveno pukotinska, a u manjoj mjeri i disolucijska-krška.
- **Karbonatne stijene srednje vodopropusnosti ($^1T_2^2$, 2K_1 , $^3K_2^3$, EOI , $J_{1,2}$, J_1 , K_1^{2-4} , K_1^{3-5} , K_1^5 , K_2^1 , Pc , EPc , E_1 , PcE , T_2^1 , T_2^2)** – kao karbonatne stijene srednje propusnosti redovito se uvrštavaju članovi u kojima značajnije ne

prevladava niti vapnenačka niti dolomitna komponenta, ili donekle prevladava vapnenačka komponenta, dok je dolomitna i dalje prisutna. Riječ je o kalcitičnim dolomitima, dolomitnim vapnencima ili izmjenama pretežito vapnenačkih i pretežito dolomitnih članova. Vrlo je teško na ovaj način diferencirati karbonatne stijene i riječ je u najvećoj mjeri o stručnoj inženjerskoj procjeni, iako postoje i određeni podatci o vrijednostima hidrauličke vodljivosti ovakvih karbonatnih stijena. Kao i kod pretežito dolomitnog člana, treba istaknuti kako se i u ovim stijenama mogu razviti pravi krški kanali i privilegirani pravci kretanja krških podzemnih voda. Poroznost im je pukotinsko-disolucijska, tj. krška.

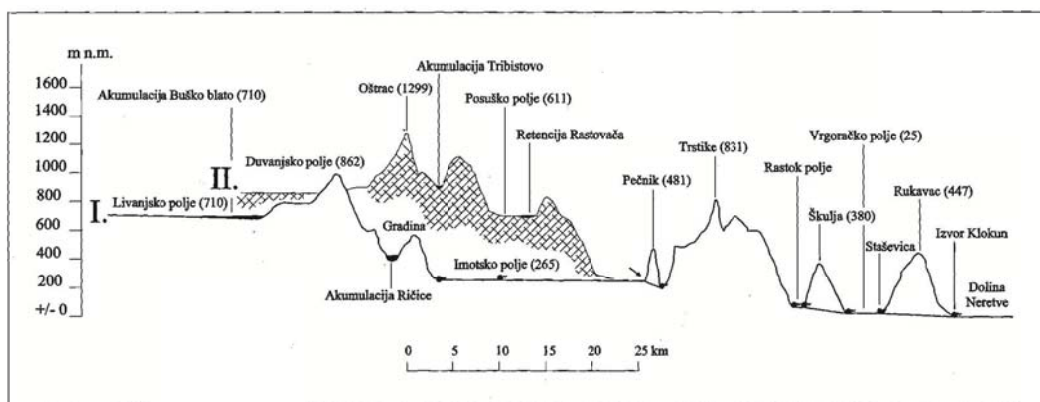
- **Karbonatne stijene visoke vodopropusnosti** (${}^4K_2^3$, ${}^{+2}K_2^3$, 1K_1 , ${}^1K_2^{1,2}$, ${}^1K_2^2$, ${}^1K_2^3$, 2J_1 , ${}^2K_2^{1,2}$, ${}^2K_2^2$, ${}^2K_2^3$, ${}^3K_2^2$, ${}^4K_2^2$, $E_{1,2}$, $J_1^{2,3}$, J_2 , J_3 , J_3^1 , $J_3^{2,3}$, K_1 , K_2 , $K_{1,2}$, $K_2^{2,3}$, K_2^{2+3} , K_2^2 , K_2^3 , T_3) – kao što je vidljivo, ovdje pripada najveći broj stratigrafskih članova koji su preuzeti s OGK – svih korištenih listova, i uvršteni u ovu jedinstvenu hidrogeološku skupinu. Također je jasno uočljivo kako je ovo površinski daleko najzastupljenija hidrogeološka skupina, što jasno ukazuje na vrlo propusni i „otvoreni“ karakter dinaridskog krškog terena – kako ovog razmatranog – tako i općenito. Iako ovdje ima stratigrafskih članova od gornjeg trijasa sve do eocenskih foraminifarskih vapnenaca, u njima prevladavaju kredne naslage, a moguće je ustvrditi kako među njima u najvećoj mjeri dominiraju gornjokredni, gotovo redovito rudistni članovi. Stijene ove skupine pretežito su vapnenci, no i tu može biti prisutna dolomitna komponenta u određenoj mjeri, ipak manje ili znatno manje nego u prethodna dva hidrogeološka člana. Dolomiti se ovdje pojavljuju kao pojedini izolirani slojevi ili proslojci, ili kao dolomitizirane zone često prisutne uz jače tektonizirane zone. Mjestimično ima i dolomitičnih vapnenaca i kalcitičnih dolomita. Veliko prevladavanje kalcitične komponente u sastavu ovih stijena čini ih sredinom koja je najpodložnija procesima otapanja (disolucije, okršavanja) i stoga se ovdje razvijaju i glavni krški vodonosnici, ali i glavni preferirani putovi strujanja podzemne vode. Treba istaknuti kako se foraminifarske vapnence s gotovo istim stupnjem opravdanosti moglo uvrstiti u prethodnu skupinu – karbonatne stijene srednje vodopropusnosti, no prosuđeno je kako ih je u regionalnom mjerilu ipak najbolje pridružiti

najpropusnijim vapnenačkim članovima. Naime, foraminifarski eocenski vapnenci sadrže u većoj ili manjoj mjeri prisutnu glinovitu komponentu u svome sastavu koja im može reducirati poroznost stijenske mase, ali trošenjem i zapuniti pukotine i krške kanale (slično kao kod dolomita). Poroznost ove skupine stijena izrazito je krška, dakle, pukotinsko-disolucijska.

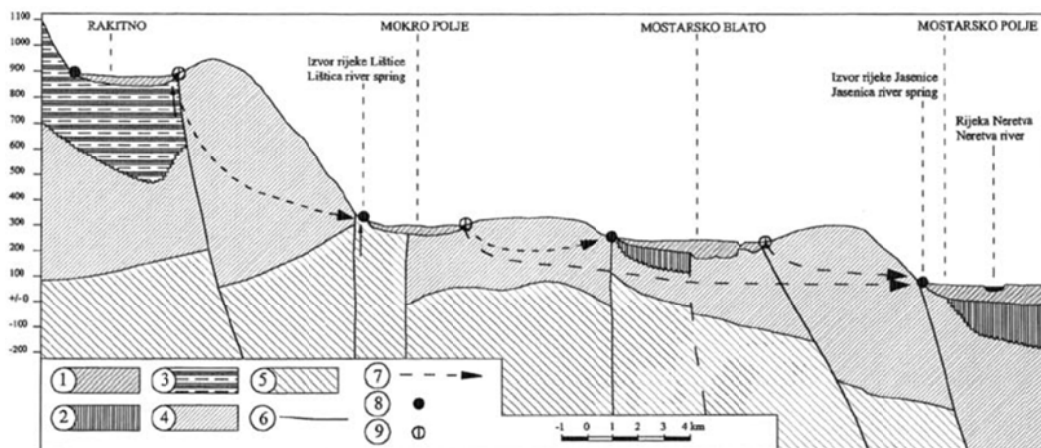
4.3. Hidrogeološki odnosi u slijevu i hidrogeološka situacija neposredne okolice Baćinskih jezera

Podrobniji opis hidrogeoloških odnosa u ovom dijelu južne Dalmacije prikazan je u kasnijim poglavljima ovog izvješća zbog jednostavne činjenice da su u interpretaciju uvrštene i nove spoznaje koje se prethodno moraju pokazati i elaborirati. Ovdje se zato opisuju generalne značajke i hidrogeološki odnosi koji su poslužili kao polazišna osnova za postavljanje programa istraživanja i sve interpretacije.

Prethodno se slijev prikazivao do krajnjih granica, a kada bi se radilo neko drugo izvorište, sljevovi bi se u velikoj mjeri preklapali. Potrebno je razraditi velike krške sljevove u podsljevove ili utjecajne površine, s kojih se vode površinski i/ili podzemno kreću u više smjerova, te tada treba pokušati u suradnji s hidrolozima kvantificirati te utjecaje, ovisno o hidrološkim uvjetima.



Slika 3. Ilustrativni (shematski) profil „kaskadnog“ tečenja podzemnih voda u razmatranom terenu (IVIČIĆ, 2000).



Slika 4. Shematski hidrogeološki profil Rakitno – Lištica – Jasenica – rijeka Neretva (SLIŠKOVIĆ & BILOPAVLOVIĆ, 2002). 1-Propusne karbonatne stijene, 2-Slabo propusne do nepropusne klastične stijene, 3-Nepropusne stijene, 4-Kvartarne taložine krških polja, 5-Slabije propusne karbonatne stijene, 6-Geološke granice, 7-Trasiranja podzemnih veza, 8-Izvor i 9-Ponor.

Praktično sve razvodnice prikazane u hidrogeološkom zemljovidu (prilog 1) su zonalne što u stvari znači da su urisane približno, i ovisno o hidrološkim uvjetima mogu značajno mijenjati svoj položaj u prostoru.

Vanjske konture regionalno razmatranog prostora kreću se otprilike od mjesta gdje podbiokovska fliška barijera dodiruje more, južno od Gradce i u blizini Mandine mlinice. Ta prva razvodnica, kontakt fliša i karbonata, zapravo je gotovo jedino suvislo mjesto gdje razvodnica nije zonalna nego prati geološki rasjedni (reverzni) kontakt, sve do zaleđa same Makarske, odakle zonalno skreće na sjever približno do Imotskog gdje zaokružuje neposredni slijev Opačca u kontinuitetu karbonatnih okršenih stijena (sa znatno manje fliških litočlanova). Nakon toga, prema istoku se razvodnicom zaokružuje polje Rakitno, već vrlo duboko u BiH, kao najperiferniji dio slijeva Pruda, a možda i južnije zone istjecanja. Naime, iz Rakitnog je bojenjem dokazana veza s vrelom Lištice, ali i južnijim izvorima u dolini Tihaljine/Trebižata, odakle je opet trasiranjima jasno dokazana veza s Dalmatinskim izvorima. Istočno od Rakitnog razvodnica prati masiv planine Čabulje (ovdje je više morfološkog nego zonalnog karaktera). Negdje u toj zoni, novom „poprečnom“ razvodnicom presječen je slijev Mostarskog blata pa dalje i Trebižata, no o tome više u poglavljima koja slijede. Inače se veliki dio voda površinski kreće od Lištice preko Mostarskog blata i Trebižatom (sa svim imenima) prema samoj Neretvi. Dio voda podzemno prati ove

površinske tokove, no trasiranjima je dokazano kako dio voda podzemno struji dijagonalno i poprečno na strukture. Ovakvo tečenje kroz krške terene ilustrirano je dvama shematskim profilima (slika 3 i 4).

Već površnim pogledom na zemljovid (prilog 1) jasno je kako dominiraju nijanse zelene boje – dakle karbonatne stijene, većim dijelom one vapnenačke. To jasno ukazuje na činjenicu kako je riječ o poroznom, okršenom i generalno otvorenom području u koje se vode lako i brzo infiltriraju (u visokom postotoku), te kroz kojega relativno brzo struje (pogotovo po privilegirani smjerovima, povezanim krškim kanalima, razlomljenim i rasjednim zonama). Osim spomenute značajne barijere koja od Makarskog primorja cijelim podbiokovljem razdvaja krško zaleđe od mora, može se spomenuti kako mjestimično sama krška polja sa svojim kvartarnim taložinama djeluju kao viseće barijere, te se na njihovim u pravilu sjevernim i sjeverozapadnim rubovima pojavljuju izvori, u središnjim zonama moguće su estavele, a u istočnim i jugoistočnim rubovima razvijaju se ponori i ponorne zone. Radili ili ne radili izvori u sjevernim/sjeverozapadnim rubovima, strujanje podzemnih voda ispod samih krških polja i dalje se odvija. Zbog toga su barijere polja i nazvane visećima. Slična je i pojava manjih i tanjih fliških serija ili inaslaga koje se u hidrogeološkom smislu slično ponašaju. Tu se mogu spomenuti dosta rasprostranjene naslage neogena (miocena) kod Posušja – lapori i laporoviti vapnenci s konglomeratima. Ipak, velika dominacija vrlo propusnih, razlomljenih i okršenih karbonata jest najvažnija značajka cijelog područja proučavanja.

Slično kao i u cijelom slijevu, tako se i u neposrednoj okolici Baćinskih jezera stijenska masa gotovo u potpunosti sastoji od karbonatnih stijene srednje ili visoke propusnosti. Jedna od važnijih okolnosti koja ipak sprječava prekomjerno zaslanjenje samih jezera, jest činjenica kako u zoni od jezera pa prema flišnoj barijeri kod Gradca u karbonatnoj stijenskoj masi ipak dominiraju dolomiti i izmjene dolomita, vapnenaca i vapnenačkih do dolomitičnih breča. Sama se jezera pretežito nalaze na stijenskoj masi uglavnom donjokredne starosti u kojoj dominiraju vapnenci, no ima i breča. Tek je najsjeverniji dio jezera na gornjokrednim naslagama, ali potpuno slične litološke građe.

5. TRASIRANJA PODZEMNIH TOKOVA

Razumijevanje hidrogeoloških odnosa u kršu je vrlo teško ili nemoguće bez provedenih trasiranja podzemnih voda. To pogotovo vrijedi za šire područje Baćinskih jezera u kojem nema jasno izraženih geoloških predispozicija koje bi određivale smjer tečenja podzemnih voda. Uz to su u neposrednom zaleđu jezera gotovo sve do Vrgorca gradijenti vrlo niski, pa i mala promjena hidroloških uvjeta može dovesti do lokalno velikih promjena u smjeru i brzini podzemnog tečenja.

Usprkos prethodnim trasiranjima na istraživanom području, još uvijek nije jasno pripadaju li pojedine zone slijevu Baćinskih jezera, pa čak i Klokuna, ili slijevu Mandine mlinice (jaki priobalni izvor koji neki autori nazivaju Žrnovica ili Žrnovnica prema uvali u kojoj se nalazi).

Osim toga, na samim Baćinskim jezerima nalazi se izvor Klokun koji je vrlo važan za vodoopskrbu grada Ploče i okolice, a još uvijek nema konačno definirane zone sanitarne zaštite. Usprkos postojanju prijašnjih trasiranja, uočeno je kako nisu pogodna za određivanje zona sanitarne zaštite.

Radi toga je odlučeno obaviti jedno trasiranje podzemnih tokova, i to dvama traserima simultano kako bi se pokušalo doprinijeti rješavanju oba problema.

5.1. Prethodna trasiranja u istražnom području

Na istražnom području je izvršen relativno velik broj trasiranja, ali zbog složenosti hidrogeoloških značajki terena taj broj nije niti približno dovoljan. Dodatna otežavajuća okolnost je upitna vjerodostojnost nekih trasiranja. To se prvenstveno odnosi na stara trasiranja koja su izvedena u doba kada tehnološki nije bilo moguće napraviti kvalitetnu analitiku koncentracije trasera u vodi. Ova je problematika relevantna za cijeli Dinarski krš i dan-danas može dovesti do niza zabluda i pogrešnih tumačenja hidrogeoloških odnosa. Stoga se ovdje osvrćemo na sva

provedena trasiranja podzemnih tokova i navodimo opravdanost njihovog korištenja u recentnim tumačenjima.

Prvo zabilježeno trasiranje je bilo izvedeno 27.8.1954. godine (TURNER, 1955). Tada je u tok rijeke Matice ubačeno 25 kg Na-fluoresceina. Po navodima autora, traser je ubačen otprilike 300 metara uzvodno od glavnog ponora Staševica, a ponirao je u glavnom ponoru, ali i ponorima nizvodno. Matica je tada imala protok $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (vodostaj 85 cm), a njezin tok nije dopirao do ponora Crnog vira. Tim trasiranjem je utvrđena veza prema izvoru u Gradcu, Žrnovici (Mandina mlinica), Klokunu, Čeveljuši i Modrom oku.

Osim nerazvijene tehnologije u to doba, ovo trasiranje ima još jedan element koji dovodi rezultate pod upitnik. Naime, u tabelarnom prikazu tog trasiranja u rubrici „dokazana boja“, stoji primjedba: "Boja na izvorima nije se opazila okom, već povećalom (?)". U vrijeme kada je jedina mogućnost detekcije trasera bila vizualno, ovakav navod dovodi rezultat pod sumnju. U to se vrijeme, naime, povećalo zaista koristilo za „povećanje analitičke rezolucije“ jer bi se na taj način posredno postigao učinak podebljanja vodenog stupca. Prema svemu navedenom, rezultati su više nego upitni, no kako se citiraju u čitavom nizu kasnijih objavljenih i neobjavljenih radova, moramo ih spomenuti i na njih se kritički osvrnuti.

Sljedeće trasiranje je izvršeno 19.8.1959. godine ubacivanjem 50 kg Na-fluoresceina direktno u ponor Staševica (TURNER, 1959). Traser se pojavio na izvorima Mandinoj mlinici (Žrnovici) u Gradcu (preljevna voda s izvora kaptiranog za vodovod Gradac – u biti Mandina mlinica u uvali Žrnovnica) i to u količini do 100 mg trasera po m^3 vode (Mandina mlinica 7.10.1959.) odnosno do 50 mg boje po m^3 vode (Vodice od 6.10 – 11.10.).

U zaključku izvještaja ing. S. Turner navodi: "*Prema tome vode Staševice ponora izlaze samo na Vodicama i Žrnovici, dok izvori dalje prema jugu (Klokun), te oni u dolini Neretve (od Čeveljuše do Strimena) nemaju vezu s tim ponorom.*" Autor dalje ističe kako se kvantitativna analiza nije mogla provesti jer se Vodice ne mogu mjeriti, a i Žrnovica (Mandina mlinica) također. Osim toga opažanje na ova dva priobalna izvora započelo je tek nakon pojave boje. U izvještaju se ne navodi razina vode u rijeci Matici za vrijeme trasiranja.

Iste, 1959. godine izvršeno je još jedno trasiranje u Vrgoračkom polju. 31.8.1959. u tok Matice je ubačeno 50 kg Na-fluoresceina. Traser je ubačen u tok

uzvodno od mjesta vodokaza Otok u Vrgorskom Jezeru, a obojena voda je postupno uvirala na brojnim ponorima duž korita (obojena voda je postupno uvirala na 12 mjesta na lijevoj i 15 mjesta (uključujući i glavni ponor) na desnoj obali. Boja je potpuno nestala s površine predponorskog jezera 1.9.1959.

Traser je 9.9.1959. g. između 8 i 9 sati zapažen golim okom na izvoru Strimen. Osim tamo, traser je bio vidljiv i na nizu izvora u području Desne. Opažanje na tim izvorima je započelo tek nakon obavijesti mještana o vidljivoj boji u izvorima.

Autor navodi kako je boja na Modrom Oku počela istjecati 7.9. u 6 sati. Iz proračuna udaljenosti i vremena od ubacivanja do pojave boje dobivena je srednja brzina podzemnog toka koja je za Crni Vir – Modro oko iznosila 1,3 cm/s. Nadalje ističe kako se na Modrom Oku pojavila boja u najvećoj koncentraciji (100 mg/m^3), dok se na izvorima Strimen, Kapovića vir i Banji desanki pojavila u koncentraciji od 50 mg/m^3 , a na Grgića vrelu od 20 mg/m^3 . Na izvoru Mišunov vir nije registrirana pojava boje.

Na koncu S. Turner izvodi zaključak kako na temelju do tada izvršenih bojenja, vode Matice Vrgorske, koje utječu u ponor Staševicu izviru u Vodicama i Žrnovici (Mandinoj mlinici); da vode s ponora koji se nalaze u koritu Matice Vrgorske od Staševice do Otoka "hrane" Klokun i Čeveljušu, dok ponori od Otoka do Crnog Vira "hrane" izvore od Banje Desanka do Strimena. Naravno, ovo vrijedi samo za hidrološke uvjete u kojima je bojenje izvršeno.



Slika 5. Ponorna zona Crni Vir u Vrgoračkom polju (Jezero) – glavni ponor i jedan trasirani ogranak (KAPELJ & TERZIĆ, 2005).

U jugoistočnom dijelu Vrgoračkog polja, u području Krotuša, izvršeno je trasiranje ponora Podspilom (IVIČIĆ & PAVIČIĆ, 1996). Ponor je u vrijeme trasiranja bio pod usporom, tako da je na mjestu ponora bilo jezero promjera otprilike 100 metara. Rijekom Maticom je teklo oko $2 \text{ m}^3/\text{s}$, a odvojak prema ponoru je procijenjen na 500 l/s. Iz jezera (ponora) dio vode se prelijevao (oko 50 l/s) u 6–7 metara udaljeni ponor otvora manjeg od 0,5 m u promjeru. U taj ponor je 9.11.1995. godine ubačeno 30 kg Na-fluoresceina.

Traser je ustanovljen na izvorima na potezu Čeveljuša – Modro oko – Strimen. Najveća prividna brzina je bila prema izvoru Modro oko i iznosila je 1,34 cm/s.

Trasiranje ponora Crpala je izvršeno 22.6.1996. godine (Ivičić & Pavičić, 1997). Ponor je kod visokih voda pod usporom rijeke Matice, dok se kod pada razine prema ponoru odvaja kanal dugačak otprilike 6 m. U vrijeme trasiranja u ponor je otjecalo 20 l/s.

Traser je najveću prividnu brzinu od svega 0,85 cm/s imao prema izvoru Klokun. Osim tamo, traser je zapažen na izvorima Voćuša (0,65 cm/s), Čeveljuša (0,73 cm/s) i izvoru u tunelu Vrgoračko polje – Baćinska jezera (0,66 cm/s). Izvor u tunelu je uočen na dnu tunela, približno 100 metara od izlaznog portala.

Autori su na temelju trasiranja zaključili kako se u uvjetima srednjih i malih voda mogu razdvojiti područja s kojih vode gravitiraju prema izvoru Klokun od ponora koji su povezani s izvorom Modro oko. Male brzine tečenja upućuju na usporene vode u podzemnoj retenciji, koja se polako prazni preko obojenih izvora. Povezanost izvora Čeveljuša i s ponorom Podspilom i ponorom kod Crpala je moguće objasniti „prelijevanjem“ iz retencije u retenciju. Treba naglasiti kako u ovom dijelu terena gradijenti izrazito niski, čak i u vrijeme hidroloških maksimuma.

Ponor ispod brda Obličevac je trasiran 17.3.2005. s 10 kg Na-fluoresceina za potrebe lokacijske dozvole kamenoloma u neposrednoj blizini (KAPELJ & TERZIĆ, 2005). Ponor se nalazi uz tok rijeke Matice, prije glavnog ponora Crni vir. Na glavnom vodotoku Matica kod mosta, u vrijeme trasiranja, je na vodomjernom profilu očitana razina od 60 cm.

Traser je zapažen na izvorima Modro oko (prividna brzina 1,93 cm/s, maks. konc. 26,7 $\mu\text{g/l}$), Banja (prividna brzina 1,43 cm/s, maks. konc. 17,2 $\mu\text{g/l}$), Strimen, Šišino vrilo i Grgića vrilo.

Sva do sada opisana trasiranja su izvedena iz Vrgoračkog polja. Osim njih, trasiranja su izvedena i iz polja Rastok koje je viša geomorfološka (hidraulička) stepenica od Vrgoračkog polja. Kod svih tamo izvedenih trasiranja boja se pojavila isključivo na izvorima na sjevernoj strani Vrgoračkog polja (Studena, Kruška, Butina, Stinjevac) (BOJANIĆ, 1980). Osim toga, vrijedi spomenuti i trasiranje iz Imotskog polja u kojem je trasiran ponor Jakići, a traser je došao na Banju u Rastok polju, te je time dokazana podzemna veza ta dva polja (SLIŠKOVIĆ, 2000).

Ovdje još treba spomenuti i trasiranja iz susjedne Bosne i Hercegovine iako ne spadaju izravno u slijev Baćinskih jezera. Naime, trasiranja ponora Vrcić i ponora u neposrednoj blizini Ljubuškog su rezultirala pojavom trasera na izvoru Prud koji je najveći izvor u okolici Baćinskih jezera (SLIŠKOVIĆ, 2001).

5.2. Trasiranje podzemnih tokova iz polja Jezero (Vrgoračkog polja) simultano dvama traserima

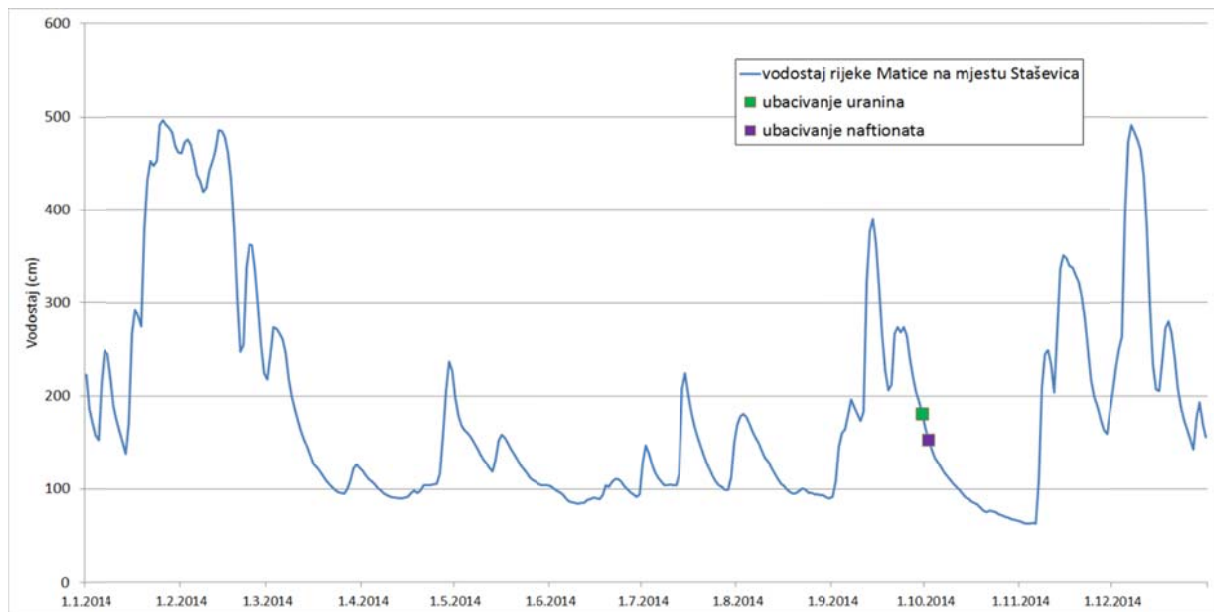
Kako je navedeno u prethodnom poglavlju, na ovom području je do sada izveden relativno velik broj trasiranja. Zbog vremena u kojem su ta trasiranja izvedena njihova pouzdanost nije jednaka današnjoj. Osim toga sva trasiranja na Vrgoračkom polju (Jezero) su izvedena na njihovom središnjem i jugoistočnom dijelu. Radi svega navedenog, uvidjela se potreba za dodatnim trasiranjem koje bi pokrilo i sjeverozapadni dio polja. Obzirom na današnje tehnološke mogućnosti, odlučeno je izvesti simultano trasiranje s dva trasera. Na taj način se moglo istovremeno trasirati s lokacije u sjeverozapadnom dijelu polja i druge lokacije u središnjem dijelu polja.

Trasiranje bi također trebalo poslužiti za buduću odredbu zona sanitarne zaštite u skladu s novim i važećim „Pravilnikom o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta“ (Narodne novine 66/11 i 47/13). To se prvenstveno odnosi na izvor Klokun na kojem je izvršen manji broj trasiranja, a i nije jasna granica prihranjivanja između njega i izvora Mandina mlinica (Žrnovica).

5.2.1. Hidrološki uvjeti u vrijeme trasiranja

Za potrebe odredbi zona sanitarne zaštite izvorišta, trasiranja je potrebno izvesti u uvjetima velikih voda kako bi se dobile maksimalne prividne brzine. U ovom slučaju se nije striktno držalo tog uvjeta jer zbog niskih gradijenata koji prevladavaju u području, prividne brzine nisu maksimalne u uvjetima velikih voda. Dapače, pri takvim uvjetima ponori rijeke Matice dolaze pod uspor dok neki zapravo funkcioniraju i kao izvori (estavele). Dijelovi Vrgorčkog polja poplavljuju i trasiranje bi u takvim uvjetima bilo teško ili nemoguće izvesti, a rezultati neprikladni za određivanje zona zaštite.

Najpogodniji trenutak za trasiranje je prilikom povlačenja vodnog vala kada je podzemlje saturirano podzemnom vodom, ali se ponovno uspostavljaju prirodni gradijenti otjecanja, generalno prema moru. Usprkos niskim gradijentima, zbog velike okršenosti terena, uvjeti tečenja se brzo mijenjaju i odabir prikladnog mjesta za ubacivanje trasera je problematičan. Ponori se nalaze pretežno uz bok rijeke Matice, pa je njihova aktivnost pretežno vezana uz njenu razinu. Pri tome su ponori pri previsokoj razini pod usporom i voda ne ponire ili je ubacivanje trasera teško izvedivo, dok uslijed pada razine vode, ponori u kratkom vremenskom razdoblju presušuju. Pošto je smjer dreniranja Vrgoračkog polja od sjeverozapada prema jugoistoku, tako i razine voda padaju prvo u sjeverozapadnom dijelu polja. Radi toga je trasiranje (ubacivanje trasera) u sjeverozapadnom dijelu polja izvedeno dva dana prije trasiranja u središnjem dijelu polja (slika 6). Srednja dnevna razina vode rijeke Matice, u mjestu Staševica, na dan ubacivanja Na-fluoresceina je bila 181 cm, dok je na dan ubacivanja naftionata pala na 153 cm.



Slika 6. Vodostaj rijeke Matice u 2014. godini s naznačenim vodostajem u vremenu ubacivanja traseru.

5.2.2. Traseri i mjesta ubacivanja traseru

Za trasere su odabrane fluorescentne boje: natrijev fluorescein (Uranin) i natrijev naftionat. Obje korištene boje su neškodljive za floru, faunu i ljude. Oba traseru su uspješno korištena u našim područjima, ali Na-fluorescein ipak ima bolja svojstva (manja sorpcija, veća razina detektibilnosti, veća topljivost u vodi). Radi toga je Na-fluorescein korišten za sjeverozapadni dio polja koji još nije bio trasiran, a i očekivana dužina transporta je veća. Naftionat je pogodniji za trasiranje u središnjem dijelu polja radi veće blizine izvora Klokun s kojim je prijašnjim trasiranjima utvrđena podzemna veza. Pošto je izvor Klokun zahvaćen i koristi se u javnoj vodoopskrbi vidljiva pojava traseru u vodi je nepoželjna, usprkos neškodljivosti za zdravlje. Za razliku od Na-fluoresceina, naftionat je nevidljiv u vodi osim u ekstremno visokim koncentracijama (isključivo prilikom ubacivanja).

U sjeverozapadnom dijelu polja je trasiran ponor koji se nalazi približno pet metara južno od korita rijeke Matice (570189, 4781723, 27). Trasirano je s 10 kg Na-fluoresceina 99% čistoće. Traser je ubačen u ponor 30.9.2014. godine u 12:00 sati.

U ponor je u vrijeme ubacivanja trasera poniralo nekoliko desetaka litara vode u sekundi (slika 7).



Slika 7. Ubacivanje Na-fluoresceina u ponor u sjeverozapadnom dijelu Vrgoračkog polja.

Naftionat je ubačen 2.10.2014. godine u 10:45 sati. Traser je ubačen u ponor koji se nalazi u samom boku rijeke Matice (576807, 4777083, 24) udaljen svega pedesetak metara od ponora Crpala. Korito ponora Crpala je bilo potopljeno tokom rijeke Matice i nije bilo vidljivo nikakvo poniranje vode. Malo nizvodnije, u desnom boku rijeke prekrivenom kamenim blokovima se moglo čuti poniranje vode. Među te blokove je ubačeno 60 kg naftionata (minimalne čistoće 74%) otopljenog u cca 250 litara vode (slike 8 i 9).



Slika 8. Ponor Crpala 1996. i 2014. godine. Strjelicom je naznačen ponor Crpala.



Slika 9. Ubacivanje naftionata među kamene blokove kod ponora Crpala.

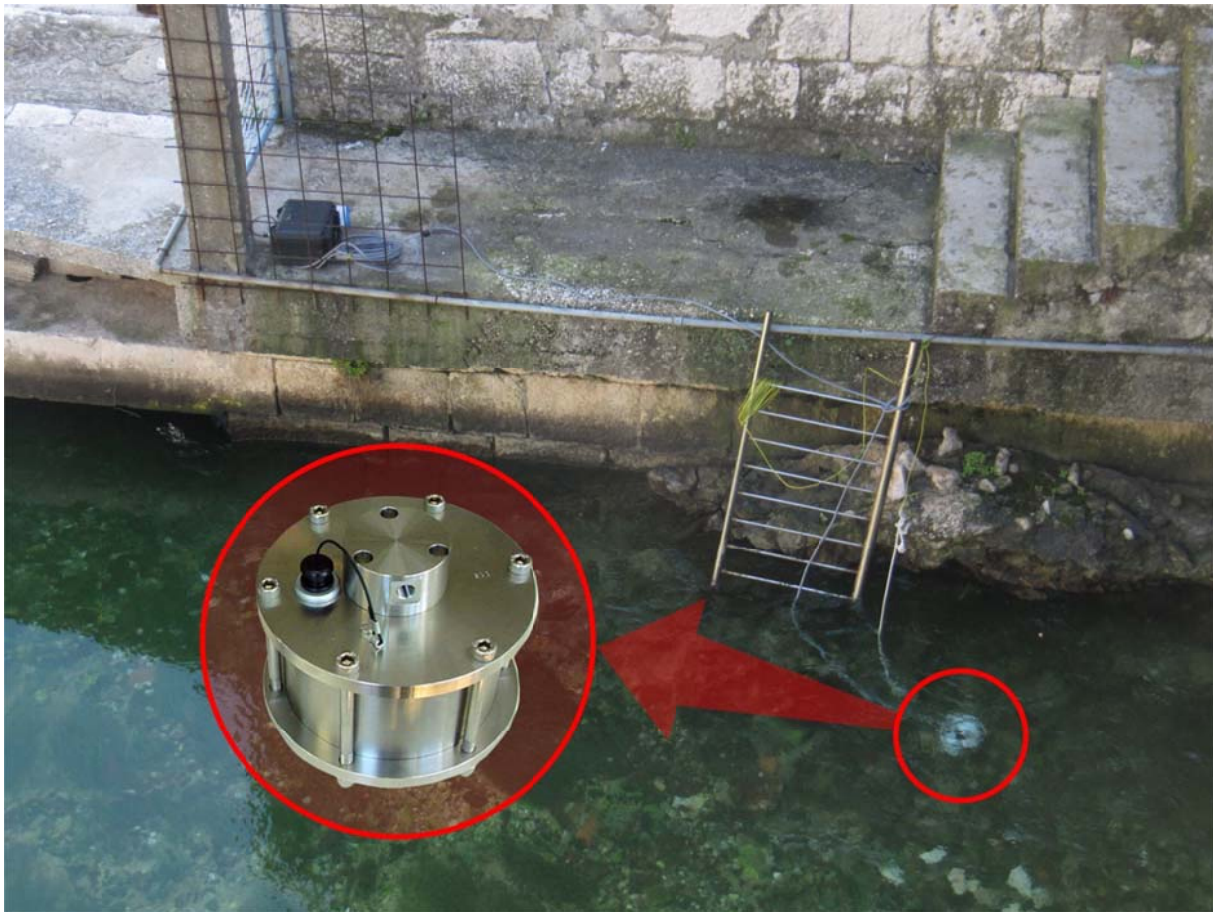
5.2.3. Opažačka mreža i dinamika uzorkovanja

Opažani su izvori Gradac, Mandina mlinica (Žrnovica), Mindel, Oćuša, izlaz iz tunela polje Jezero – Baćinska jezera (izvor u tunelu), Banja, Modro oko, Strimen, Prud. Izvor u tunelu polje Jezero – Baćinska jezera je nedostupan u uvjetima u kojima je vršeno trasiranje radi jakog toka vode u tunelu. Radi toga je jedino moguće uzorkovanje na izlazu iz tunela (točka opažanja T2).

Svi izvori su uzorkovani dva puta dnevno do 20.10.2014. kada je uzorkovanje prorijeđeno na jednom dnevno, a potpuno je završilo 12.11.2014. Jedina iznimka je izvor Prud koji je uzorkovan jednom dnevno u cijelom periodu opažanja.

Na izvoru Klokun je od početka trasiranja do 29.10.2014. dodatno postavljen terenski fluorometar GGUN-FL tvrtke Albillia s intervalom mjerenja koncentracije trasera svakih 15 minuta. Terenski fluorometar je također 9.10.2014. postavljen na izvor Mandina mlinica (u jezerce prije preljeva u more) i tamo je ostao do 28.10.2014 (slika 10).

Laboratorijska ispitivanja su obavljena u laboratoriju Hrvatskog geološkog instituta na spektrofluorometru LS55 tvrtke Perkin-Elmer.



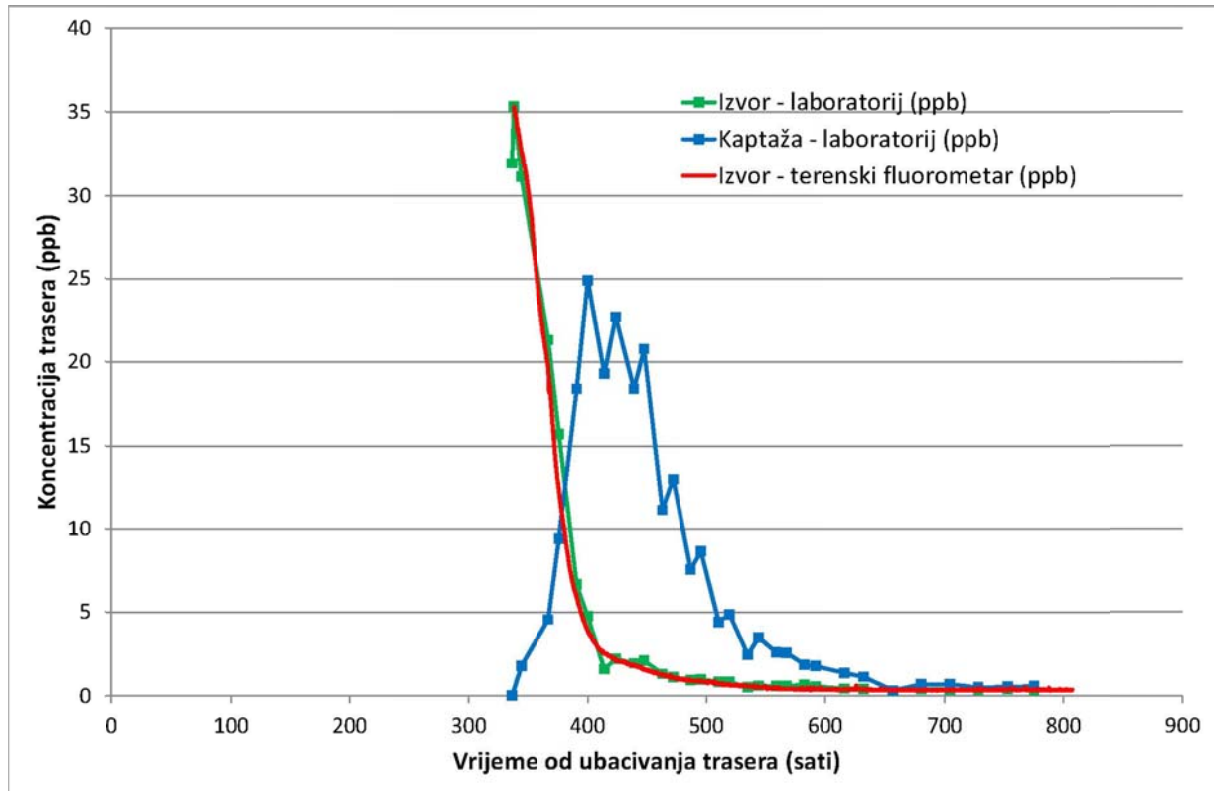
Slika 10. Terenski fluorometar postavljen na izvoru Mandina mlinica.

5.2.4. Rezultati trasiranja

Na-fluorescein ubačen u ponor u sjeverozapadnom dijelu Vrgoračkog polja se pojavio na izvorima Mandina mlinica (kaptaža i izvor), Klokun, Oćuša, na izlazu iz tunela polje Jezero – Baćinska jezera (točka opažanja T2). Točka na izlazu tunela predstavlja vezu između točke ubacivanja traseru i izvora koji se nalazi u samom tunelu. Kako bi se to potvrdilo uzet je kontrolni uzorak iz rijeke Matice na Vrgoračkom polju 5.10.2014 u kojem nije bilo tragova traseru (tok koji ulazi u tunel i prolazi točkom T2).

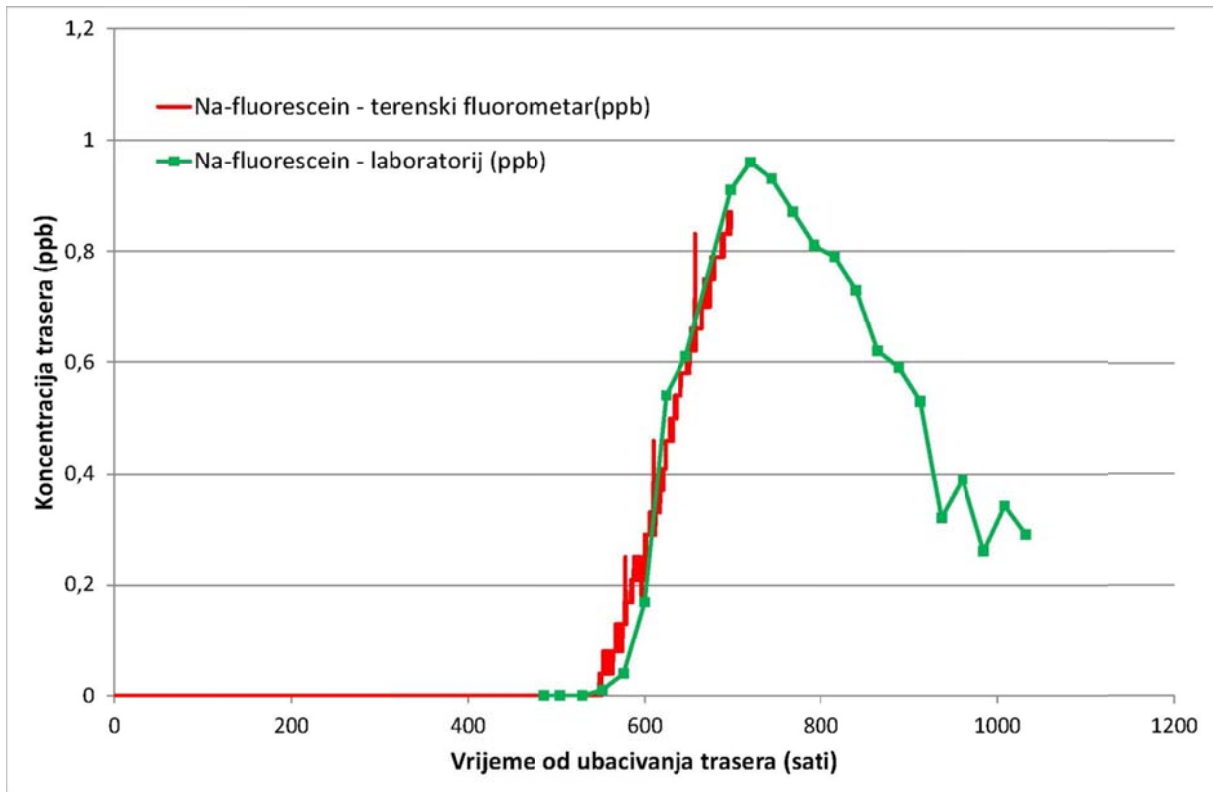
Poseban slučaj je s izvorom Mandina mlinica (slika 10 i 11). Kod njega se uzorkovanje vršilo samo na kaptaži koja je u neposrednoj blizini izvora koji je najčešće pod većim utjecajem mora. Prilikom redovitog obilaska kaptaže, uočena je vidljiva pojava Na-fluoresceina na izvoru dok na kaptaži nije bilo vidljivih tragova.

Radi toga je odmah i izvor uključen u uzorkovanje, a naknadno je u izvor postavljen i terenski fluorometar. Zbog toga je točno vrijeme prvog nailaska trasera na izvoru Mandine mlinice poznato.

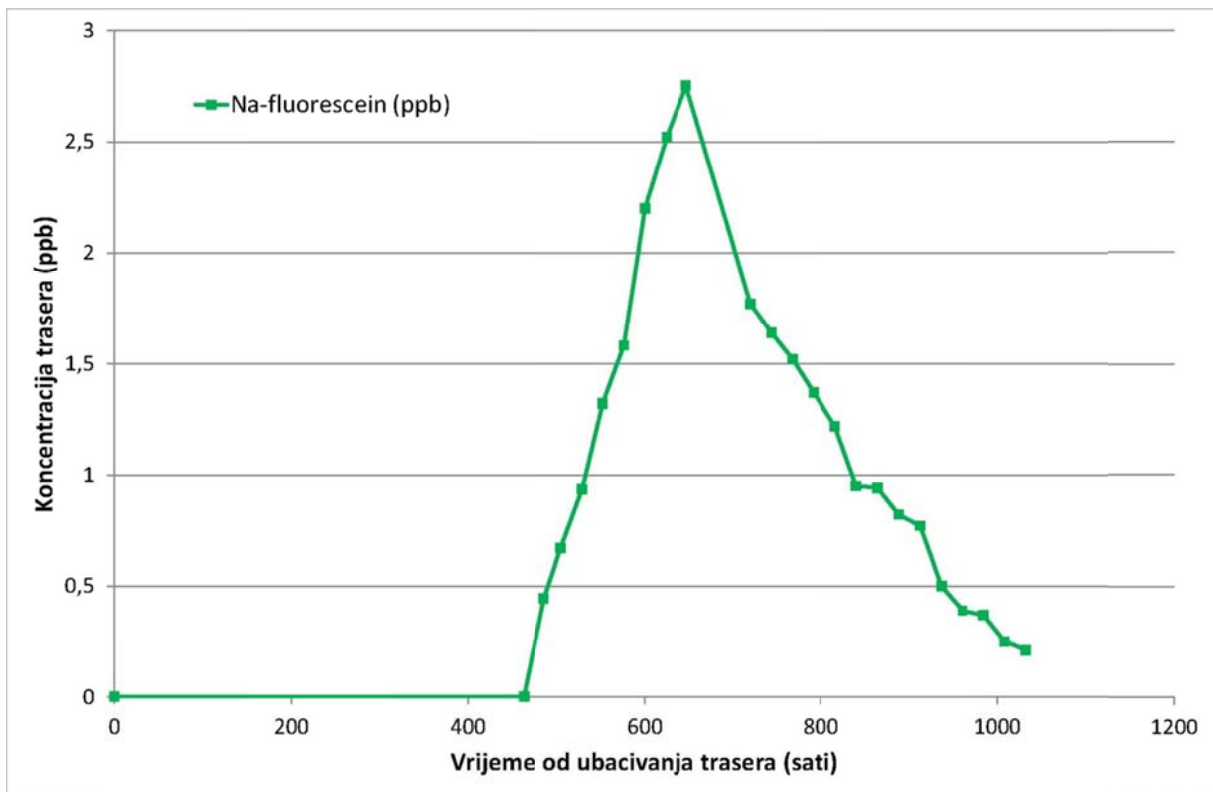


Slika 11. Krivulja koncentracije Na-fluoresceina na izvoru i kaptaži Mandina mlinica.

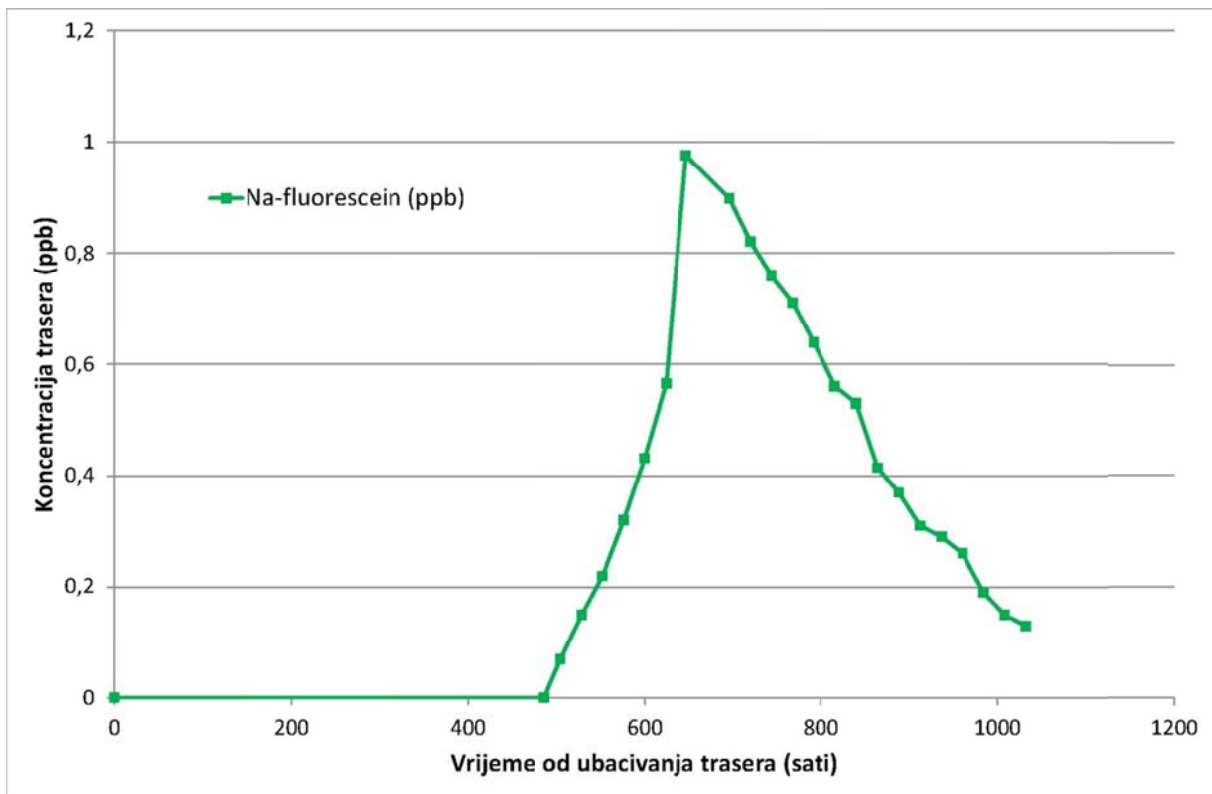
Na izvorima Klokun (slika 12), Oćuša (slika 13) i izvoru u tunelu (Slika 14), Na-fluorescein je stigao u vrlo malim koncentracijama i s malim brzinama. Usprkos tome, veza je pouzdano utvrđena.



Slika 12. Krivulja koncentracije Na-fluoresceina na izvoru Klokun.



Slika 13. Krivulja koncentracije Na-fluoresceina na izvoru Oćuša.



Slika 14. Krivulja koncentracije Na-fluoresceina na izvoru u tunelu Vrgoračko polje – Baćinska jezera.

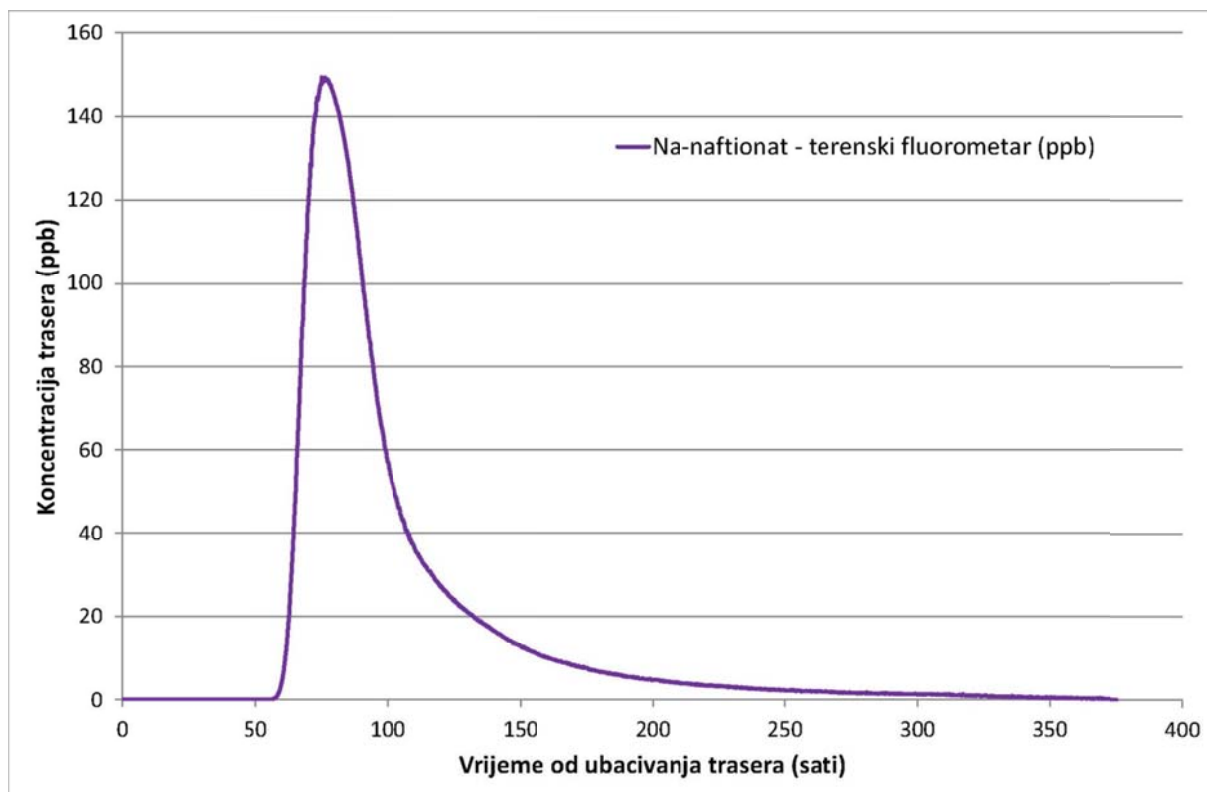
Osnovni podatci svih podzemnih veza ostvarenih trasiranjem Na-fluoresceinom s ponora u sjeverozapadnom dijelu Vrgoračkog polja su prikazani u tablici 2.

Naftionat ubačen u ponor u neposrednoj blizini ponora Crpala je zabilježen samo na izvorima Klokun i na izvoru u tunelu (točka opažanja T2). Usprkos opažanju izvora Oćuša na kojem postoje podatci o prethodno utvrđenoj podzemnoj vodnoj vezi, prilikom ovog trasiranja takva veza nije utvrđena.

Glavna veza je prema izvoru Klokun na koji je traser stigao u velikoj koncentraciji i s vrlo velikom prividnom brzinom prvog nailaska od 3,23 cm/s (slika 15). Ovaj će podatak u budućnosti biti veoma značajan za projektiranje zona sanitarne zaštite jer se do sada baratalo sa znatno manjim brzinama. Prema ovom rezultatu trasirani ponor kao i čitav tok Matice jugoistočno od njega, sa svim pripadajućim ponorima, mora biti uvršten u vrlo strog režim zaštite – drugu zonu.

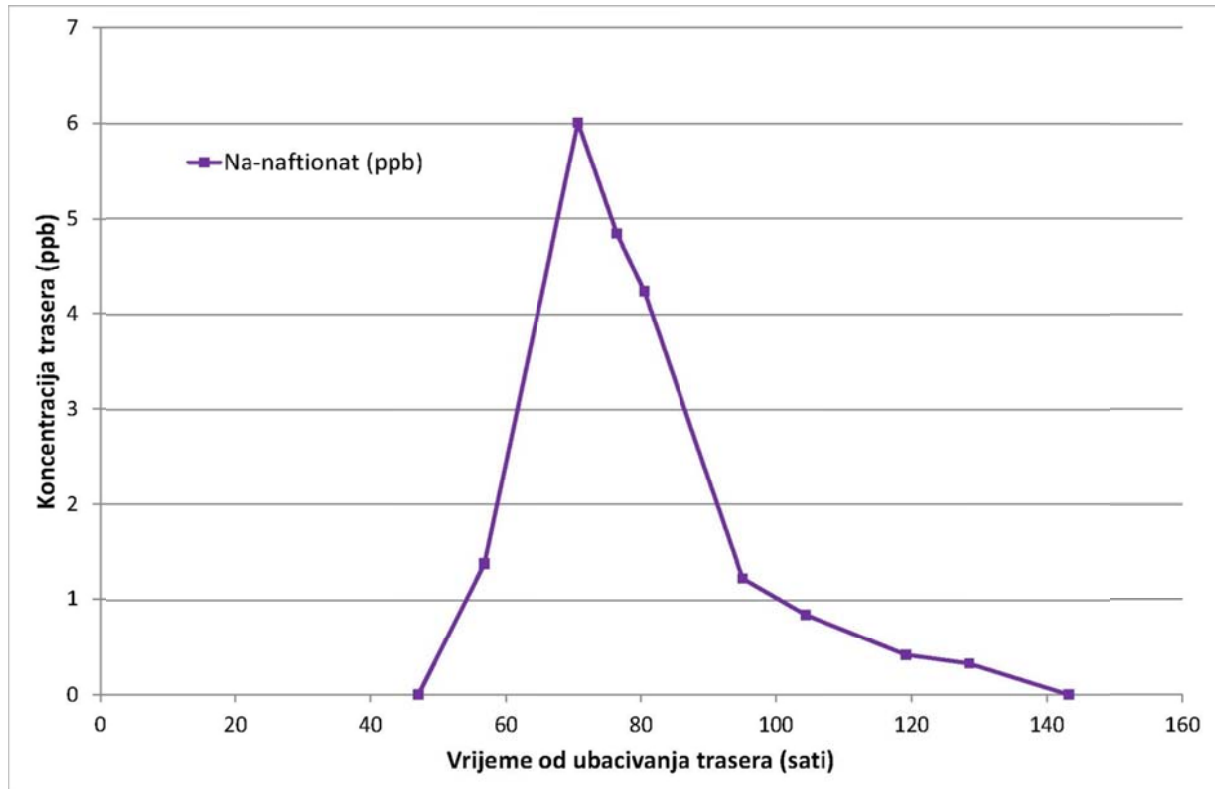
Tablica 2. Osnovni podatci trasiranja iz sjeverozapadnog dijela Vrgoračkog polja s uraninom.

IZVOR	UDALJENOST (m)	VRIJEME 1. NAILASKA (sati)	BRZINA 1. NAILASKA (cm/s)	MAKSIMALNA KONCENTRACIJA (ppb)	VRIJEME MAX. KONCENTRACIJE (sati)
Mandina mlinica- izvor	9645	?	?	35,34	337,65
Mandina mlinica- kaptaza	9645	344,15	0,78	24,92	400,02
Klokun	12670	599,65	0,59	0,96	720,00
Oćuša	10824	485,45	0,62	2,75	647,02
Izvor u tunelu	11466	504,38	0,63	0,98	646,75



Slika 15. Krivulja koncentracije Na-naftionata na izvoru Klokun.

Vrlo brza veza od 2,58 cm/s je također prisutna s izvorom u tunelu. Maksimalna koncentracija je u njegovom slučaju puno manja i iznosi 6,01 ppb (slika 16). Uzrok za tako nisku koncentraciju je veliko razrjeđenje tokom rijeke Matice koja predstavlja veliku većinu toka kroz tunel, a u sebi nema trasera.



Slika 16. Krivulja koncentracije Na-naftionata na izvoru u tunelu Vrgoračko polje – Baćinska jezera.

Osnovni podatci svih podzemnih veza ostvarenih trasiranjem Na-naftionatom s ponora Crpala su prikazani u tablici 3.

Tablica 3. Osnovni podatci trasiranja iz središnjeg dijela Vrgoračkog polja s naftionatom.

IZVOR	UDALJENOST (m)	VRIJEME 1. NAILASKA (sati)	BRZINA 1. NAILASKA (cm/s)	MAKSIMALNA KONCENTRACIJA (ppb)	VRIJEME MAX. KONCENTRACIJE (sati)
Klokun	6586	56,72	3,23	149,34	75,03
Izvor u tunelu	5280	56,83	2,58	6,01	70,67

6. VODNI OBJEKTI U SLIJEVU: USPOSTAVA OPAŽANJA HIDROGEOLOŠKOG SUSTAVA BAĆINSKIH JEZERA

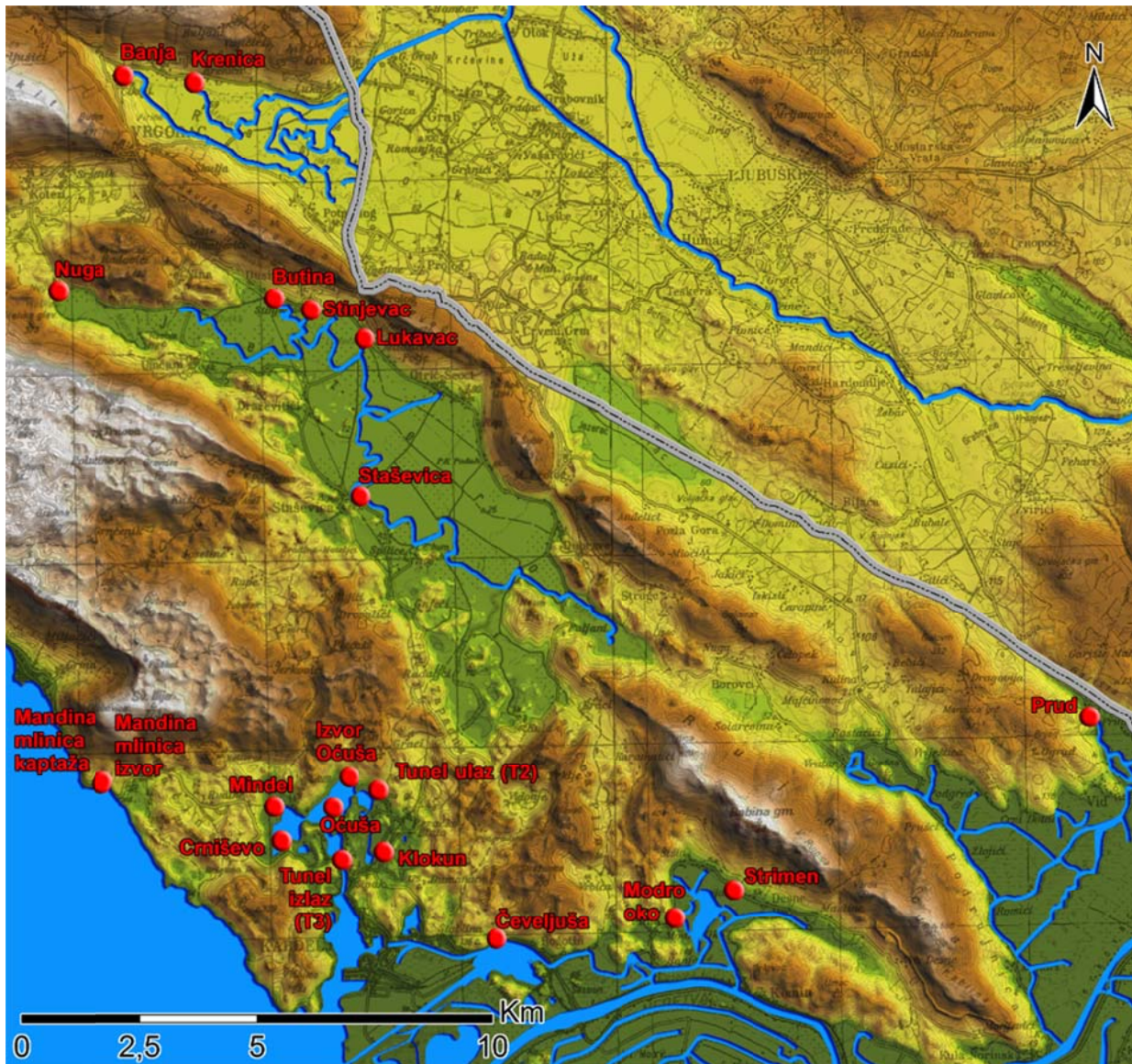
Kako bi se odredile značajke hidrogeološkog sustava Baćinskih jezera te hidrodinamičke i hidrogeokemijske značajke podzemne vode sustavno je opažano 19 lokacija, od čega je 13 na izvorima i površinskim tokovima šireg područja istraživanja te 6 lokacija na samim Baćinskim jezerima. Istraživanja su počela u rujnu 2013., a završila u srpnju 2015. Unutar tog razdoblja vodni objekti su opažani tijekom jedne godine u mjesečnim intervalima, a nakon toga su se opažanja prorijedila na kvartalne intervale. Iako je bilo ugovoreno opažanje tijekom jedne godine, na našu je inicijativu produženo budući je produženo i trajanje ugovora, a ovako se došlo do kvalitetnijih nizova podataka, kao i kvalitetnije osnove za možebitan nastavak istraživanja. 2014. godina bila je hidrološki vlažna godina, s vrlo netipičnim ljetnim mjesecima u kojima su izostale uobičajene ljetne suše. Takva situacija je nepovoljna za određivanje hidrogeoloških značajki pa se produljenjem istraživanja željelo obuhvatiti i razdoblje hidroloških minimuma.

Da bi se odredile dinamičke značajke sustava na odabranim opažanim lokacijama postavljeni su automatski mjerači za mjerenje razine, elektrolitičke vodljivosti (EC) i temperature. Automatskim mjeračima elektrolitička vodljivost je mjerena na 8 lokacija, ali ih je ukupno postavljeno 13 jer ih je na pojedinim lokacijama postavljeno više. Razina je mjerena samo na 5 lokacija i to na onim mjestima koja se ne nalaze u sustavu opažanja Državnog hidrometeorološkog zavoda. Opažanja automatskim mjeračima detaljnije su opisana u posebnom poglavlju ovog izvješća. Na ostalim lokacijama, gdje su nam bili potrebni, korišteni su podatci razina koje mjeri DHMZ, a koje smo dobili na raspolaganje od strane investitora, Hrvatskih voda. Radi definiranja protočne krivulje na pojedinim lokacijama su mjereni protoci u različitim hidrološkim uvjetima. Od Hrvatskog hidrografskog instituta i Lučke uprave Ploče dobiveni su satni podatci razine plime i oseke s mareografske postaje Ploče. Na svim opažanim lokacijama prilikom svakog obilaska su *in situ* mjereni fizikalno-

kemijski parametri posebno osjetljivi na promjenu uvjeta okoliša, a za ostale hidrogeokemijske parametre prikupljani su uzorci za laboratorijske analize.

6.1. Točke opažanja

Nakon proučavanja postojeće literature i rekognosciranja terena odabrane su lokacije za sustavno opažanje šireg hidrogeološkog sustava Baćinskih jezera. Mogu se hipsometrijski razdijeliti u tri visinske razine. Prva razina je smještena na oko 170 m n.m. i nalazi se u sjeverozapadnom rubu Rastok polja. Slijedeća razina se nalazi otprilike 100 m niže, u sjeverozapadnom rubu Vrgoračkog polja (Jezero), a zadnja razina je nešto iznad razine mora: tu uključujemo sama Baćinska jezera, priobalni izvor Mandinu mlinicu, te izvore koji su smješteni uz rub doline Neretve, a to su Prud, Strimen, Modro oko i Čeveljuša. Sama Baćinska jezera prostiru se tek na nekoliko km², no šire područje istraživanja koje je obuhvaćeno odabranim lokacijama prostire se na oko 200 km². Cijeli slijev je daleko veće površine jer u ovo područje istraživanja ne uključujemo dijelove terena koji se nalaze u susjednoj BiH. U slici 17 prikazan je istražen teren s položajem točaka opažanja.



Slika 17. Točke opažanja u području istraživanja.

6.1.1. Vodni objekti na širem području istraživanja

Krenica

Hipsometrijski najviše pozicionirana, Krenica (slika 18) je povremeni izvor koji se nalazi u sjeverozapadnom rubnom dijelu Rastok polja (slika 19). Postoji više

mjesta izviranja. Izvor nije kaptiran. Mjerenja protoka nisu rađena, a procijenjeno je kako pripada kategoriji izvora izdašnosti od 100 – 1000 l/s. Ljeti rano presuši, no brzo reagira već pri pojavi prvih kiša. Maksimalni protok nije moguće utvrditi jer je izvor u vrijeme visokih voda potopljen vodom iz polja.



Slika 18. Izvor Krenica za vrijeme niskih i visokih voda



Slika 19. Poplavljeno Rastok polje.

Banja

Vrlo blizu izvora Krenica, tek nešto više od jednog kilometar sjeverozapadno, nalazi se izvor Banja. To je također povremeni izvor. Kako ovaj izvor izvire iz krške jame, kada vode padnu ispod razine izviranja na površinu, mjerenja *in situ* i uzorkovanje mogu se obaviti jedino spuštanjem u jamu. U vrijeme najnižih vodostaja vode padnu i za više od 15 m. Banja izvire na površinu tek kratki dio godine, samo u vrijeme visokih voda, a tada tvori i dosta jak bujični tok. U neposrednom zaleđu ovog izvora nalazi se bušeni zdenac koji je zahvaćen za lokalni vodovod (Vrgorac).



Slika 20. Jama iz koje izvire Banja.



Slika 21. Unutrašnjost jame.

Nuga

U shematiziranom prikazu hidrogeoloških odnosa (slika 3) može se uočiti kako je Vrgoračko polje zadnja „stepenica“ u tečenju voda prije najniže erozijske baze, doline Neretve, odnosno mora. Trasiranjem je dokazano „kaskadno prelijevanje“ vode iz jednog polja u drugo sukladno pružanju geoloških struktura, ali i podzemno tečenje okomito na pružanje struktura, te povezanost vode ispod krških polja, koja najčešće funkcioniraju kao viseće barijere (Ivičić & Pavičić, 2000).

Nuga se nalazi u sjeverozapadnom rubnom dijelu Vrgoračkog polja. To je estavela koja ulogu izvora ima tek za viših vodostaja; a kada su jako visoke vode, kada Vrgoračko polje poplavi i tok Matice se prelije iz korita (slike 22 i 23) poprima ulogu ponora. U uvjetima tako visokih voda je prilikom jednog terenskog obilaska zabilježeno uviranje procijenjeno na oko 50 l/s. Tijekom nižih vodostaja nije vidljivo izviranje, a razina vode u estaveli tada predstavlja razinu podzemne vode u Vrgoračkom polju. Naknadno je ustanovljeno kako se oko 100 m sjeverozapadno iznad Nuge nalazi povremeni izvor i njegovo korito. Nuga nije kaptirana, ali se koristi za zalijevanje obližnjeg obrađivanog zemljišta.



Slika 22. Vrgoračko polje i Matica u vrijeme nižih voda.



Slika 23. Vrgoračko polje i Matica u vrijeme viših voda.



Slika 24. Donji dio Vrgoračkog polja u vrijeme minimalnih hidroloških režima



Slika 25. Preljevanje Matice i plavljenje Vrgoračkog polja u zoni izvora u vrijeme visokih voda



Slika 26. Poplavljeni donji, jugoistočni dio Vrgoračkog polja.



Slika 27. Nuga u vrijeme niskih i visokih voda.

Butina



Slika 28. Butina u vrijeme niskih voda.

Butina je najveći izvor u Vrgoračkom polju (polje Jezero). Nalazi se oko 5 km istočno od Nuge. Vrlo je izdašan (više u poglavlju o mjerenjima protoka). Izvorište tvori jezerce promjera do 20-ak m. Izvor je kaptiran za lokalni vodovod. Tijekom cijelog razdoblja istraživanja trajali su radovi preuređenja kaptaže, što je uzrokovalo

brojne probleme u mjerenju razina i protoka na izvoru, a detaljno je opisano u poglavlju o mjerenju protoka. Nakon samog mjesta izviranja, gdje počinje tok ovog izvora nalazi se kanalizacijski ispušt bez ikakvog sustava pročišćavanja, što se obzirom na zahvaćenost izvora za vodoopskrbu čini nevjerojatnim, ali je istinito.



Slika 29. Butina u vrijeme visokih voda

Stinjevac

Izvor Stinjevac (slika 30) nalazi se otprilike 1 km jugoistočno od Butine. Prema svjedočenju lokalnog stanovništva ovaj izvor presušuje, no tijekom cijelog perioda naših istraživanja, niti u vrijeme najnižih voda nije presušio. Ima izrazito krški karakter što se vidi iz velikih variranja protoka. Voda na izvoru je poprilično mutna, što je posebno izraženo u vrijeme viših protoka. Najmanja izdašnost se kretala oko 10-ak l/s, a u maksimumu je procijenjeno kako istječe i nekoliko 100-na l/s.

Lukavac

Izvor Lukavac se nalazi 2 km jugoistočno od Stinjevca (Slike 31 i 32). Za razliku od Stinjevca njegovi protoci su ujednačeniji. Teško je procijeniti minimalne protoke jer je mjesto izviranja ograđeno, a na kraju se nalazi ustava kojom se u vrijeme minimalnih protoka regulira količina otjecanja. Procjenjuje se kako u minimumu istječe 10-ak l/s, a u maksimumu i nekoliko 100-a l/s. Izvor nije kaptiran, a vodu lokalno stanovništvo koristi za zalijevanje. Svi prethodno spomenuti izvori u Vrgoračkom polju, kao i izvor Lukavac, tvore tok koji se pridružuje površinskom toku Matice koja teče Vrgoračkim poljem od izvora u krajnjem sjeverozapadnom dijelu polja prema njegovom jugoistoku.



Slika 30. Izvor Stinjevac u različitim hidrološkim uvjetima.



Slika 31. Izvor Lukavac.



Slika 32. Izvor Lukavac – ustava kojom se regulira otjecanje u minimumu.

Stoševica

Nizvodno od izvora koji se nalaze u sjeverozapadnom dijelu Vrgoračkog polja, nalazi se točka opažanja na površinskom toku Matice u mjestu Stoševica. Ova točka opažanja odabrana je stoga što se u starim bazama hidrogeoloških podataka navodi kako se na ovom mjestu nalazi estavela. Zbog toga su odabrane dvije točke opažanja za ovu lokaciju, jedna nizvodno estavele, a druga uzvodno. Udaljenost između tih dviju točaka je oko 100 m. Prilikom višekratnih opažanja nije primijećeno niti izviranje niti uviranje na ovoj lokaciji. Također, nakon nekoliko mjeseci uzorkovanja u različitim hidrološkim uvjetima, utvrđeno je kako su vrijednosti mjerenih parametara na obje točke gotovo iste te se može smatrati da nema nikakvog značajnog izviranja. Stoga se odustalo od uzorkovanja i mjerenja na obje točke i do kraja istraživanja se uzorkovala samo nizvodna lokacija. Međutim, tijekom kasnijih obilazaka zabilježena je pojava zamjetnog, ali nemjerljivog izviranja na lokaciji Stoševice, a također, uzme li se u obzir kako je iz objekta svojedobno provedeno i trasiranje podzemnih tokova, ipak je zaključeno kako je riječ o klasičnom primjeru krške estavele – objekta koji se u određenim hidrološkim uvjetima ponaša kao izvor, a u drugima kao ponor. Ipak, kemizam voda i u ovim uvjetima nije se razlikovao (što je provjereno in situ sondama) ispred i iza Stoševice u koritu Matice.



Slika 33. Razina toka Matice u vrijeme niskih i visokih vodostaja

Klokun

Klokun je izvor koji se nalazi s istočne strane Baćinskih jezera, i ujedno jedna od najvažnijih točaka opažanja u sklopu provedenih istraživanja. Izvorište tvori jezerce koje je popločeno kamenom (slika 34), a kratkim površinskim tokom teče

prema ušću u najistočnije Baćinsko jezero Vitanj (Plitko jezero). Kaptiran je za lokalnu vodoopskrbu. Za njega je karakteristična izrazita mutnoća u vrijeme jakih oborina u zaleđu (slijevu).



Slika 34. Stanje niskih i visokih voda na izvoru Klokun

Mandina mlinica



Slika 35. Mandina mlinica (Žrnovnica), različita mjesta izviranja u različitim hidrološkim uvjetima

Mandina mlinica je priobalni boćati izvor koji ima nekoliko mjesta izviranja. Smješten je ispod magistralne ceste oko 3 km zračne linije zapadno od Baćinskih jezera. Izvorište tvori jezercu koje je ograđeno kamenom, a kroz napravljeni propust se izliva u more. 20-ak metara od njega se nalazi stara kaptaza iz koje se nekada crpila voda za vodoopskrbu, no sada je zpuštena i više se ne koristi. U prvom dijelu istraživanja se opažao izvor na kaptazi jer je bio znatno manje boćat od donjeg izvora, a pretpostavljalo se kako su dio istog sustava. Međutim, naknadno su rađena trasiranja te su tom prilikom opažana oba mjesta izviranja. Rezultati su bili iznenađujući jer se traser, suprotno očekivanjima, nije istovremeno pojavio na glavnom izvoru u jezercu i na kaptazi. Maksimalna koncentracija traseru pojavili se oko 2 i pol dana ranije na glavnom izvoru nego na kaptazi. Nakon toga su se pri redovitom opažanju uzorkovala i mjerila oba mjesta izviranja.

Inače, cjelokupna uvala Žrnovnica odlikuje se brojnim mjestima izviranja, priobalno, ali i pod morem u obliku vrulja koje su jasno uočljive tek u vrijeme visokih razina podzemnih voda.



Slika 36. Pogled na uvalu Žrnovnica i izvorište Mandina mlinica s Jadranske magistrale

Čeveljuša

Izvorišna zona u blizini samih Ploča, u zaselku Čeveljuša, čiji se minimalni kapaciteti kreću od 10-ak l/s, a maksimalni vjerojatno preko 100-ak l/s. Sastoji se od nekoliko mjesta izviranja od kojih je za uzorkovanje odabrano jedno od jačih, a koje se ipak nalazi hipsometrijski nešto više od Neretve, jer su neka od mjesta izviranja u razini same rijeke i povremeno pod njenim usporom.



Slika 37. Izvorišna zona Čeveljuša – izvor, mjesto uzorkovanja.

Strimen

Strimen izvire u polju te je voda na njemu redovito vrlo замуćena. Kako na Strimenu ne postoji samo jedno mjesto izviranja nego cijela zona, vrlo je teško procijeniti izdašnosti. Gruba procjena je kako se minimalna izdašnost nalazi u kategoriji od 10-100 l/s, dok maksimalnu nije moguće niti grubo procijeniti jer je u vrijeme visokih voda pod usporom rijeke Neretve (zapravo Desanke, desnog pritoka Neretve, no u njejoj razini).



Slika 38. Izvor Strimen – in situ mjerenje i uzorkovanje.

Modro oko

Modro oko izvire na rubu istog polja kao i Strimen, na njegovoj zapadnoj strani, nasuprot Strimenu. To je područje Desne s brojnim dosta jakim krškim vrelima po obodu između Strimena i Modrog oka, pa i dalje, koji formiraju tok Desanke, desne pritoke Neretve. Sve se ovo skupa nalazi praktički u razini Neretve i cijela dolina u vrijeme viših dotoka poplavljuje tvoreći veliko jezero u sredini. Mjesto izviranja se nalazi malo iznad polja i tvori jezerce promjera oko 30-ak m. U minimumu

mu je kapacitet nekoliko l/s, a u maksimumu više 100-aka l/s – možda i više, no izvor je vrlo teško precizno izmjeriti zbog uspora Desanke.



Slika 39. Izvor Modro oko – uzorkovanje i mjerenje.



Slika 40. Izvor Modro oko. Vrgoračko polje i Crni vir iza planine.

Prud

Iako se nalazi daleko „uzvodno“ od Baćinskih jezera te ne pripada njihovom slijevu, izvor Prud je uvršten u ova istraživanja jer je dio šireg hidrogeološkog sustava kojem pripadaju i Baćinska jezera. Dijele dobar dio slijeva u zaleđu, pogotovo u BiH. Nalazi se u najistočnijem dijelu istraživanog područja. To je najveći izvor u ovoj zoni i vrlo je bitan za regionalnu vodoopskrbu ovog kraja. Kaptiran je za regionalni vodovod Neretva-Pelješac-Korčula-Lastovo(NPKL), kao i lokalno za dio Metkovića, a trenutno se koristi tek 10 % njegovog minimalnog kapaciteta. U tijeku su radovi proširenja vodovodne mreže kojima bi se kapaciteti trebali udvostručiti. Minimalna izmjerena izdašnost tijekom razdoblja istraživanja bila je oko 3 m³/s, a maksimalna oko 10 m³/s.



Slika 41 Izvor Prud u vrijeme velikih voda



Slika 42. Izvor Prud u vrijeme niskih i srednjih vodostaja.

6.1.2. Vodni objekti na Baćinskim jezerima

Tunel ulaz – T2

Ovaj tunel je prokopan 1938. godine s ciljem drenaže viška vode iz Vrgoračkog polja (Jezero) za vrijeme visokih voda kada dolazi do plavljenja velikog dijela polja. Tunel je dugačak nešto više od 2 km. U samom tunelu se nalazi izvorčić nepoznatih izdašnosti, koji nije opažan jer je u većem dijelu godine nemoguće prolaziti kroz tunel zbog prejakih protoka. Taj izvor je nastao prokapanjem tunela, što je najvjerojatnije bio razlog prestanka rada jednog izvora iznad tunela koji su mještani koristili i nastojali ga ponovo obnoviti zatrpavanjem izvorčića u tunelu. zasigurno se u tunelu u određenim uvjetima pojavljuje i veći broj izvorišta i tunel ovisno o razinama voda u okolnoj stijenskoj masi djeluje kao dren ne samo za polje Jezero, nego i za stijensku masu u svojoj okolini. Dakako, u puno manjoj mjeri, te su doprinosi vode koja se drenira iz okolne stijenske mase zanemarivi u odnosu na onu koja dolazi iz polja u kubicima.





**Slika 43. Tunel kojim se dreniraju vode Vrgoračkog polja (Jezero) na ulazu u Baćinska jezera.
Različiti hidrološki uvjeti.**

Crniševo – jezero

Točka opažanja u jezeru postavljena je na mjestu za koje se pretpostavljalo kako je tu najveća dubina jezera čije je dno morfološki vrlo nepravilno. Prije postavljanja logera u više je navrata, zajedno s lokalnim žiteljima, konopom i utegom tražena najdublja točka. Kasnije se ustvrdilo kako postoji i nešto dublje mjesto, što je utvrđeno sonarom u sklopu paleolimnoloških istraživanja (Knjiga II ovog projekta), te će u budućnosti to trebati biti mjesto u kojem će se obavljati sustavna opažanja logerima radi još kvalitetnijeg objašnjenja utjecaja mora na ovo jezero. Osim toga, obje lokacije na jezerima su istraživane u sklopu paleolimnoloških istraživanja, što će detaljno biti opisano u knjizi II. U sklopu hidrogeoloških istraživanja na ovoj lokaciji su na četiri dubine (3m, 11m, 17m i 23m) postavljeni automatski mjerači za mjerenje elektrolitičke provodljivosti. Prilikom svakog terenskog obilaska na tim su dubinama multiparametarskom dubinskom sondom mjereni in situ fizikalno-kemijski pokazatelji. Semplerima za uzorkovanje vode po dubini uzimani su uzorci koji su analizirani u hidrokemijskom laboratoriju. Kako bi bili sigurni da se uzorci uzeti semplerima odnose na ciljane dubine, napravila se provjera fizikalno-kemijskih parametra izmjerenih na tim uzorcima i usporedba s vrijednostima izmjerenim dubinskom multiparametarskom sondom. Utvrđeno je kako se rezultati ne podudaraju baš 100% pa se pokušalo tehnički riješiti problem, no nakon neuspješnih pokušaja odlučilo se kupiti sempler od drugog materijala i drugačijeg tehničkog rješenja u nadi da će se time riješiti problem. Na žalost, iako su tada pogriješke bile nešto manje, problem nije u potpunosti uspješno riješen. Uzorci uzeti semplerom predstavljaju mješavinu vode kroz koju sempler prolazi spuštajući se na željenu dubinu. Zbog toga se mogu pratiti samo grube promijene mjerenih parametara i to samo u slučaju kada su veće razlike u dubinama, a rezultate hidrokemijskih analiza napravljenih na tim uzorcima interpretirati s oprezom, uzimajući u obzir ove činjenice. U takvom slučaju ipak je riječ o važnim pokazateljima koji, uvažavajući sve okolnosti, doprinose poboljšanju tumačenja.



Slika 44. Jezero Crniševo. Bova s logerima i pogled s ceste.

Oćuša - jezero

Opseg istraživanja na odabranoj lokaciji u jezeru Oćuša je bio isti kao na jezeru Crniševo, samo su ovdje opažачke točke bile postavljene na dvije dubine (8m i 17m) jer je ovo jezero pliće, a uz to gotovo da je protočno budući se nalazi izravno naputu vodama između dvaju tunela – dovodnog i odvodnog. Razlike u kemizmu voda po dubinama znatno su manje, a u nekim uvjetima gotovo ništavne, pa stoga

nema niti potrebe za gušćim opažanjima i mjerenjima. Također, ovo jezero je znatno pliće, a morfologija dna je, za razliku od Crniševa, uglavnom ujednačena.



Slika 45. Jezero Oćuša. Mjesto opažanja (bova).

Oćuša izvor

Izvor Oćuša se nalazi na sjeveroistočnom rubu jezera Oćuša. U monitoring je uključen tek pred kraj istraživanja pa je opažan nešto kraće. Procjenjuje se kako u minimumu ima svega nekoliko l/s, a u maksimumu je pod usporom jezera pa mu je tada nemoguće procijeniti ili izmjeriti kapacitet.

Mindel

Izvor Mindel se nalazi u sjeverozapadnom rubu jezera Crniševo. Kapacitet mu nije moguće izmjeriti ni procijeniti jer je stalno pod usporom jezera. Uvijek je zamućen, a pored toga, prilikom svakog obilaska mogao se primijetiti neugodan miris. Ovaj izvor je uzorkovan prilikom ranijih istraživanja kojima se želio utvrditi mogući utjecaj odlagališta otpada „Lovornik“ na ekosustav Baćinskih jezera

(KOSOVIĆ, 2008), a Mindel se nalazi oko kilometar nizvodno (hipsometrijski niže) od odlagališta. Na tom odlagalištu otpada se od 1970. organizirano skuplja otpad s područja Grada Ploča te općina Gradac i Kula Norinska na neadekvatan i zakonom nepropisan način.



Slika 46. Foto Odlagalište otpada Lovornik iznad Jadranske magistrale i izvora Mindel.



Slika 47. Izvor Mindel u vrijeme niskih vodostaja



Slika 48. Izvor Mindel u vrijeme visokih vodostaja.

Tunel izlaz – T3



Slika 49. Odvodni tunel iz Baćinskih jezera prema moru.

Ovo je tunel kojim se odvodi voda iz Vrgoračkog polja, radi odvodnje viška vode iz Baćinskih jezera. Tunel je prokopan 1913, a zajedno s kanalom kojim se voda dalje odvodi prema moru dugačak je 577 m. Voda tim tunelom otječe iz jezera, a nizvodno od njega je spojni kanal kojim se vode odvede u more, u zaljev Ploče. Naknadno je napravljena i betonska pregrada kako bi se spriječio prodor mora natrag u Baćinska jezera tijekom niskih razina voda.

6.2. Monitoring automatskim mjerачima

Za dodatno opažanje vlastitim uređajima bilo je odabrano jedanaest lokacija. Ovisno o lokaciji, opažani parametri podzemne vode su temperatura (T), elektrolitička vodljivost (EC) i razina (tablica 3). Temperatura je jedina opažana na svim lokacijama. Na Baćinskim jezerima su uspostavljene dvije točke na kojima su automatski mjerачi postavljeni na nekoliko dubina (jezera Oćuša i Crniševo).

Na svim lokacijama opažani parametri su mjereni svaki puni sat. Mjerenja su vršena pomoću automatskih mjernih uređaja (*logera*) proizvođača Eijkelkamp Agrisearch Equipment (temperatura, elektrolitička vodljivost, razina) i Onset Hobo (temperatura, razina).

Na izvorima Mandina mlinica i Butina, logeri su postavljeni unutar posebno izrađenih izbušenih metalnih cijevi na koje su montirane mjerne letve za provjeru razine.

Na većini lokacija, logeri su postavljeni u studenom 2013. godine i podignuti u lipnju 2015. godine. Izuzetci su Mandina mlinica – kaptaza, koja je uključena u redovito opažanje u veljači 2014. godine i izvor Prud koji je uključen u opažanje u ožujku 2014. godine.

Tablica 3. Opažane lokacije s parametrima koji su se pratili (+ - mjereni parametar, - - parametar nije praćen).

LOKACIJA	TEMPERATURA	ELEKTROLITIČKA VODLJIVOST	RAZINA
Butina	+	+	+
Klokun	+	+	-
Mandina mlinica izvor	+	+	+
Mandina mlinica kaptaža	+	+	-
Mindel	+	+	+
Modro oko	+	+	-
Prud	+	+	-
T2 – tunel Vrgoračko polje – Baćinska jezera	+	-	+
T3 – tunel Baćinska jezera – more	+	-	+
Jezero Oćuša:			
- dubina 8 m	+	+	-
- dubina 17 m	+	+	-
Jezero Crniševo:			
- dubina 3 m	+	+	-
- dubina 11 m	+	+	-
- dubina 17 m	+	+	-
- dubina 23 m	+	+	-

Usprkos istom periodu postavljanja i podizanja logera na većini lokaciji, serije podataka na žalost većinom nisu kompletne. Djelomično su do toga doveli tehnički problemi s čitačima za logere ili samih logera, ali dijelom i vandalizam radi kojeg su neki logeri ili netragom nestali (da se ne upotrijebi grublji izraz) ili uništeni.

Najveći problem je bio na izvoru Butina koji se koristi za vodoopskrbu i nalazi se pod nadležnošću Komunalnog d.o.o. iz Vrgorca. Prije uspostavljanja monitoringa je održan sastanak s direktorom Komunalnog, gospodinom Govorkom, koj ije upoznat s projektom, našim potrebama za pristup i postavljanje mjerne opreme i koji je sve dogovoreno odobrio. U skladu s dogovorom, loger je u zaštitnoj cijevi postavljen unutar ograđenog područja crpilišta Butina (slika 50).



Slika 50. Cijev s mjernom letvom i logerom postavljena na izvoru Butina.

Međutim, dolaskom na teren u svibnju 2014. godine, cijev s logerom smo zatekli izvađenu s originalnog mjesta i položenu u korito Butine nešto nizvodnije (slika 51).



Slika 51. Zatečena situacija u svibnju 2014. godine.

Na mjestu gdje je bila originalno postavljena, montirana je nova usisna košara za crpilište. Upozorili smo radnike na sadržaj cijevi i u dogovoru s njima premjestili loger na novu lokaciju nešto nizvodnije od izvora (slika 52).



Slika 52. Nova lokacija cijevi s logerom dogovorena s radnicima na crpilištu Butina.

Usprkos svim dogovorima od najviše do najniže razine, dolaskom na Butinu u listopadu 2014. godine, cijev s logerom nismo našli na mjestu gdje smo ju ugradili (slika 53). Zatekli smo radnike kako s teškom mehanizacijom čiste područje unutar ograde prve zaštitne zone (unutar crpilišta). Nisu znali reći gdje je završila cijev, te loger više nismo pronašli usprkos brojnim pokušajima pronalaženja.

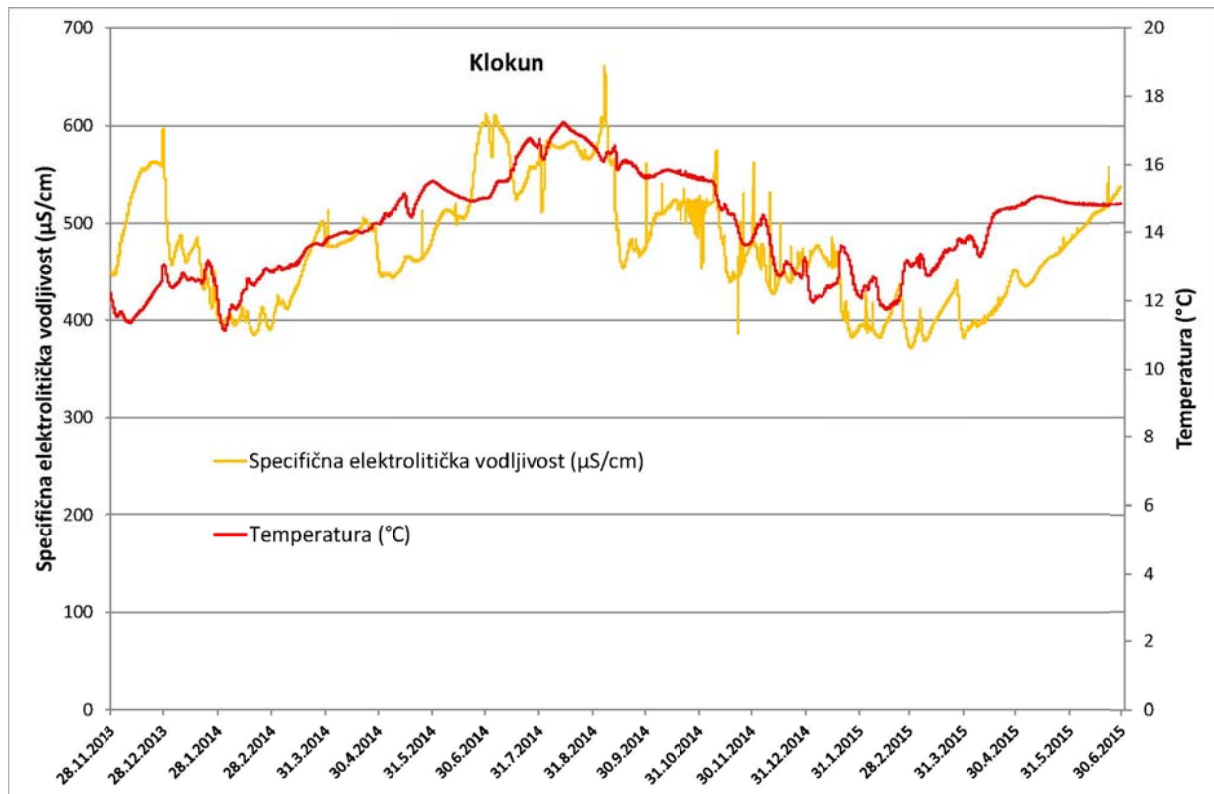


Slika 53. Očišćeno područje izvora Butina. Cijevi s logerom više nema.

Iako je Butina najilustrativniji primjer problema s kojima smo se tijekom projekta susretali, nikako nije jedini, pa su nam tako „nestajali“ logeri sa samih Jezera i na nekim drugim lokacijama. Osim toga, na nekima od logera rezultati su bili sumnjivi pa je moguće da je došlo do kvarova tijekom samih mjerenja na što, na žalost, nikako nismo mogli utjecati.

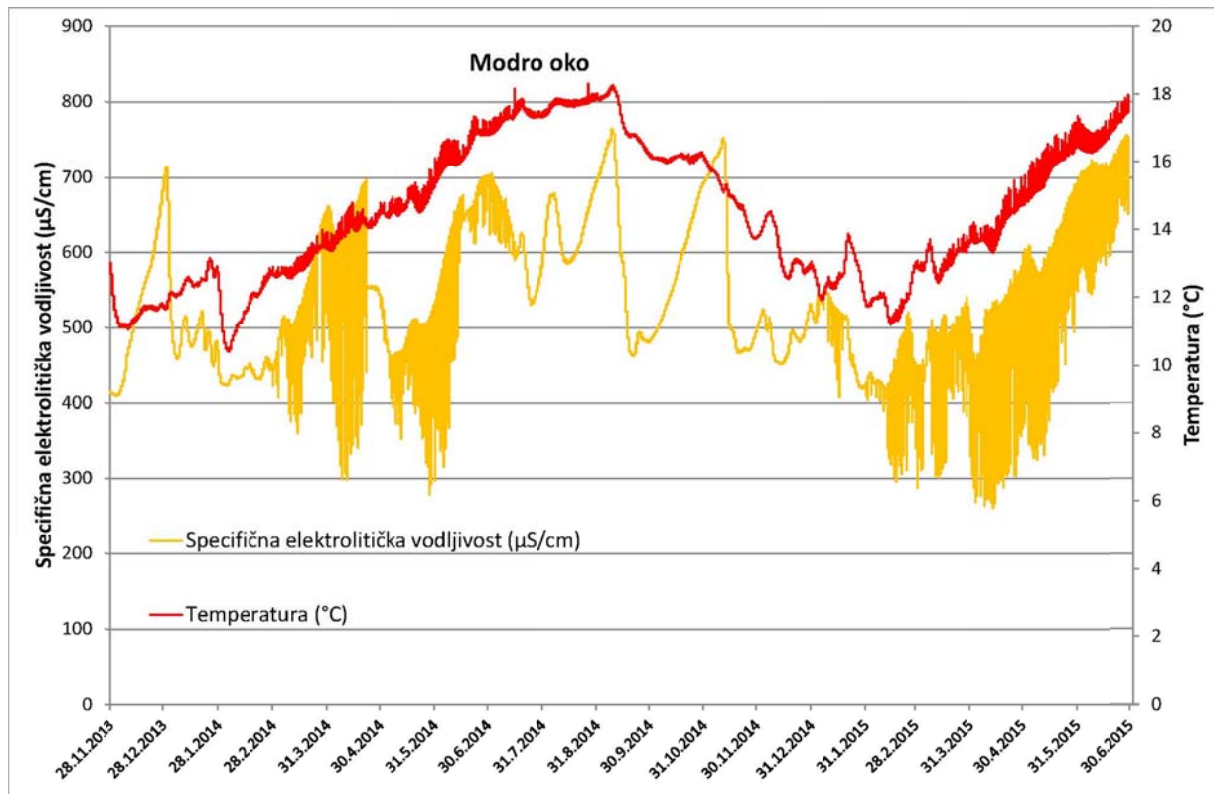
Rezultati mjerenja automatskim mjeračima

Podatci s logera na izvoru Klokun su prikazani u slici 54. Specifična elektrolitička vodljivost (SEC) je prilično postojana i varira između 400 i 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dok temperatura varira između otprilike 11° do 17°C.



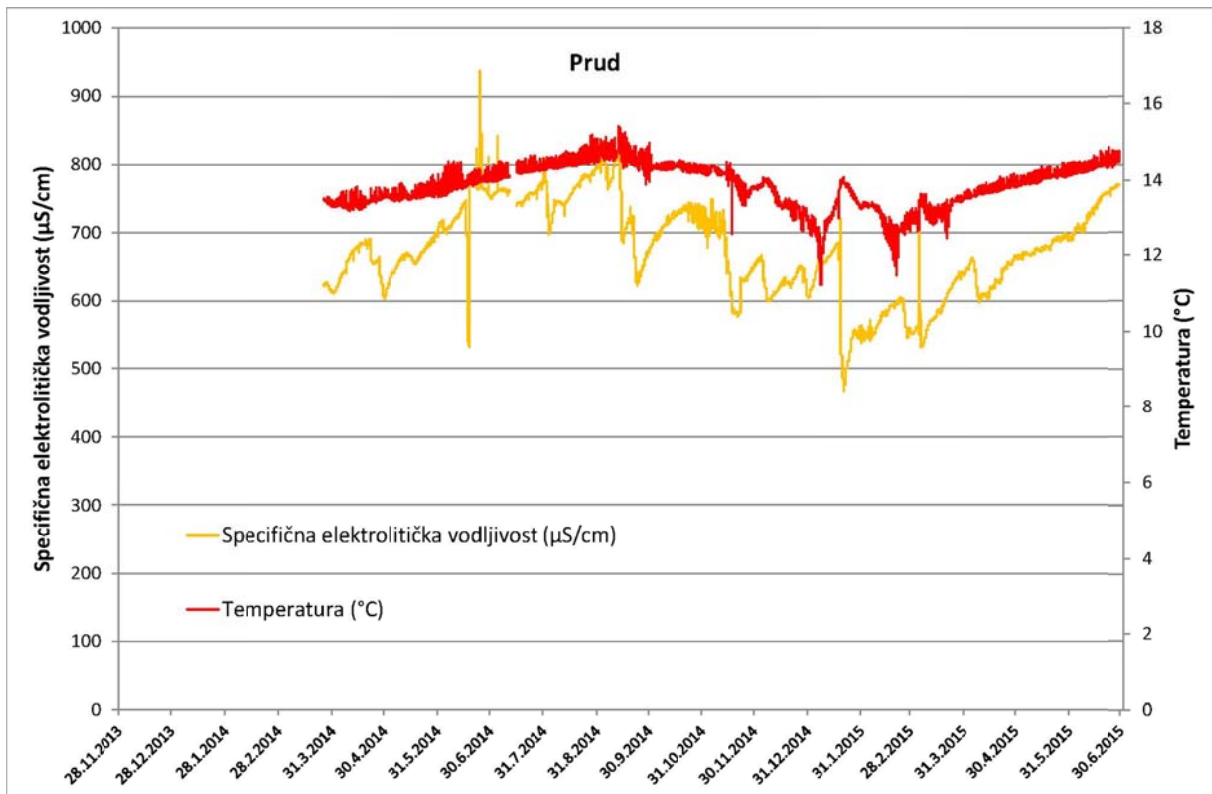
Slika 54. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature na izvoru Klokun za vrijeme trajanja opažanja.

U slučaju izvora Modro oko, specifična elektrolitička vodljivost se kretala između 400 i 750 µS/cm. Vrijednosti temperatura su bile većinom između 11° i 18°C. U slici 55 je prikazano kako vrijednosti parametara izlaze iz gore napisanih vrijednosti. Ipak, pažljivijim pregledom se vidi kako dijelovi dijagrama imaju puno „šuma“ na podacima. Spomenuti periodi se javljaju u proljeće i ljeto kada buja vegetacija, pa dolazi do nakupljanja organskog materijala na logeru što dovodi do smetnji.



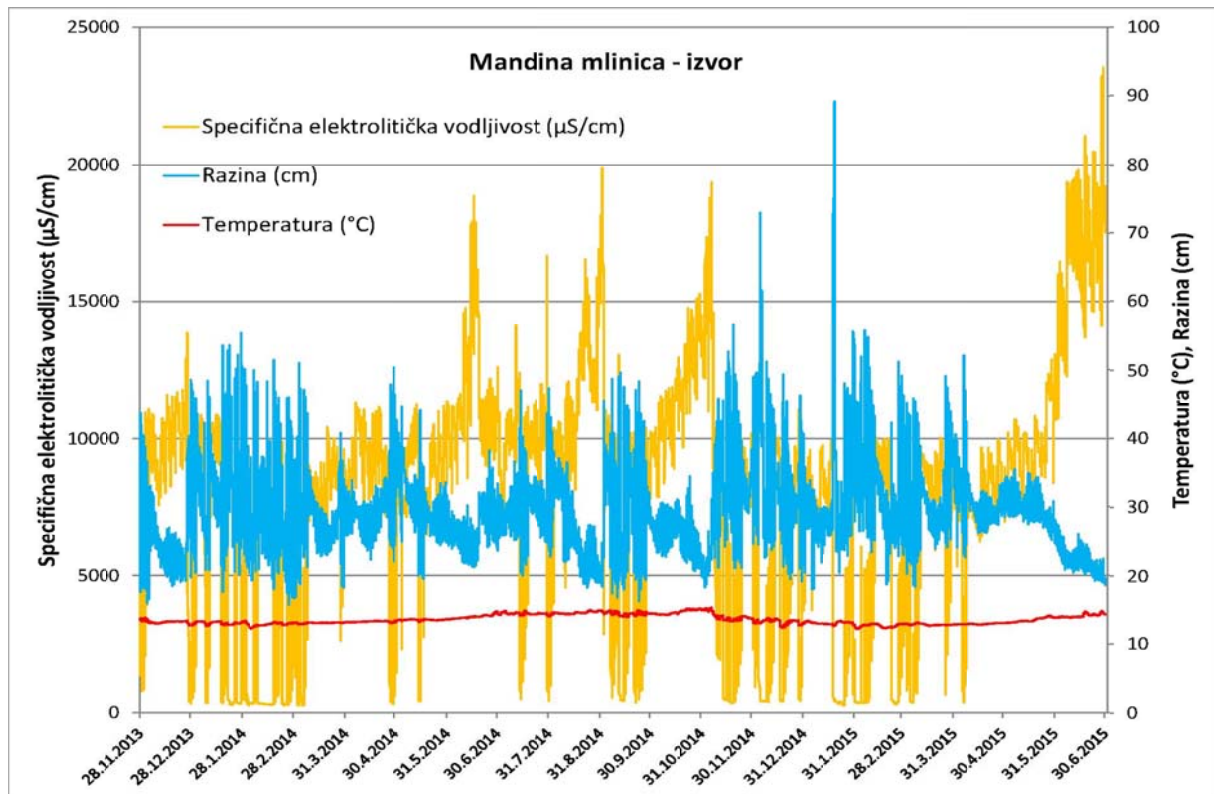
Slika 55. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature na izvoru Modro oko za vrijeme trajanja opažanja.

Izvor Prud je naknadno uključen u opažačku mrežu, stoga u prvom periodu nema podataka (Slika 56). Specifična elektrolitička vodljivost se uglavnom kretala između 500 i 800 µS/cm dok je temperatura bila većinom između 12° i 15°C.



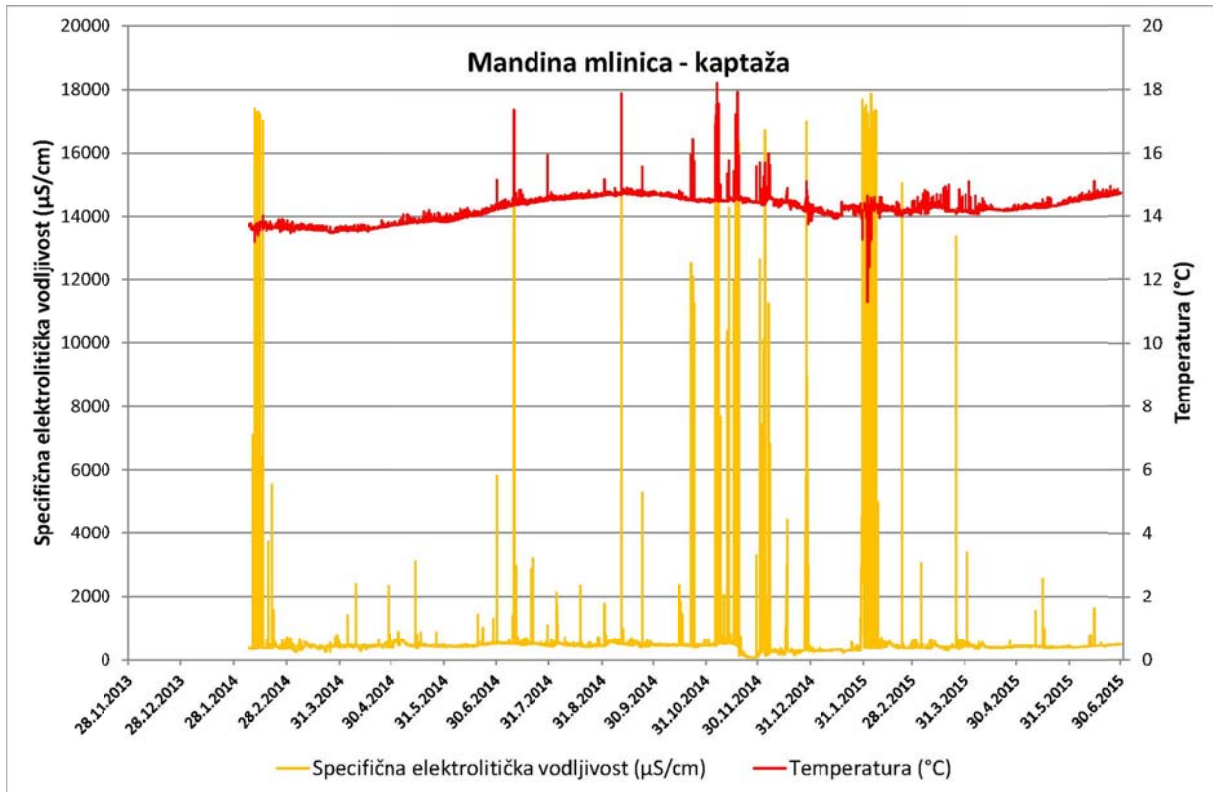
Slika 56. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature na izvoru Prud za vrijeme trajanja opažanja.

Na izvoru Mandine mlinice u uvali Žrnovnica je postavljen Eijkelkamp logger koji mjeri specifičnu elektrolitičku vodljivost, temperaturu i razinu vode (slika 57). Specifična elektrolitička vodljivost je varirala u širokom rasponu zahvaljujući utjecaju mora. Vrijednosti variraju od manje od 300 µS/cm do preko 23,5 mS/cm. Temperatura se kretala između 12° i 15°C. Izvor Mandine mlinice je zapravo zona izviranja uz more i u moru, te je protok nemoguće izmjeriti, pa čak niti pretpostaviti. Radi toga se razine vode ne mogu pretvoriti u protok. Usprkos tome, razine mogu dobro pokazati hidrološke uvjete. U malom jezeru koje tvori glavni izvor Mandine mlinice, u opažanom razdoblju razina je imala najveću amplitudu od 73 cm.



Slika 57. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature na izvoru Mandina mlinica za vrijeme trajanja opažanja.

Višekratnim mjerenjima fizikalno – kemijskih parametara vode na izvoru je zapažena razlika između izvora i preljeva kaptaze koja se nalazi u neposrednoj blizini. Radi toga je postavljen još jedan loger u kaptazu (Slika 58). Preljev kaptaze ima vrlo mali protok, pa nije bilo potrebe za opažanjem razine. Temperatura vode je nešto viša nego u slučaju izvora, a barem dio izrazitih maksimuma temperature se mogu pripisati direktnom utjecaju mora pošto je kaptaza na samoj obali mora i u dohvatu većih valova (slika 59). Kod specifične elektrolitičke vodljivosti se vidi prevladavajući udio slatke vode s povremenim utjecajima mora tj. pojave bočate vode. Kao i u slučaju temperature, dio tih maksimuma je vjerojatno uzrokovan zapljuskivanjem mora.



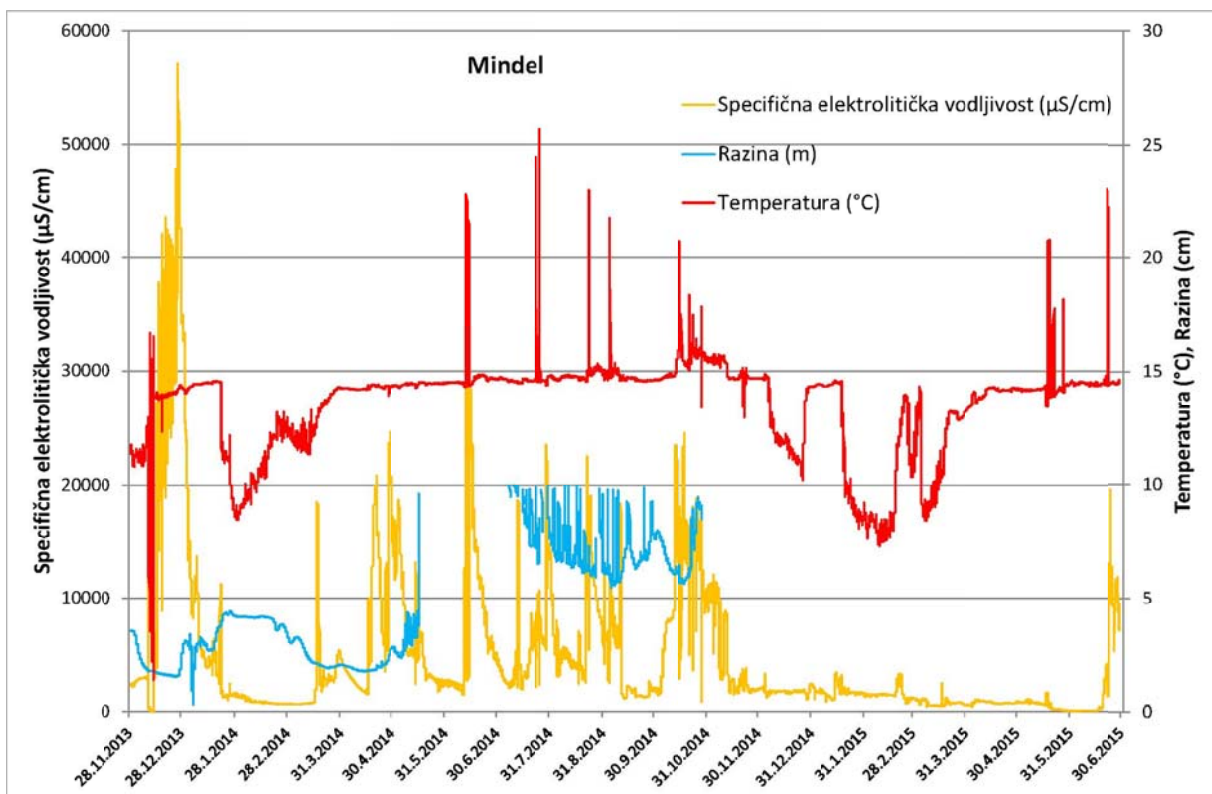
Slika 58. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature na kaptazi Mandina mlinica za vrijeme trajanja opažanja.



Slika 59. Kaptaza Mandine mlinice na samoj obali mora. Strjelica pokazuje lokaciju logera.

Izvor Mindel se nalazi na obali Baćinskih jezera i lako je dostupan izletnicima. Radi toga je loger bio skriven, ali usprkos tome je došlo do njegova pomicanja i oštećenja. Kada bi izletnici mogli i pretpostaviti podzemno-vodnu povezanost ovog izvora s odlagalištem Lovornik, vjerojatno u njemu ne bi hladili piće tijekom ljetnih mjeseci, a time niti pomicali/uništavali/otuđivali tuđe mjerne instrumente. Zbog toga su podatci razine vode dobri samo u prvom dijelu opažanja, a kasnije je zbog oštećenja membrane došlo do pogrešnih očitavanja (Slika 60). Pošto je izvor uglavnom pod usporom jezera, razina vode je vezana za razinu jezera, a protok je tijekom visokih razina nemoguće izmjeriti, te ti podatci nisu niti toliko bitni.

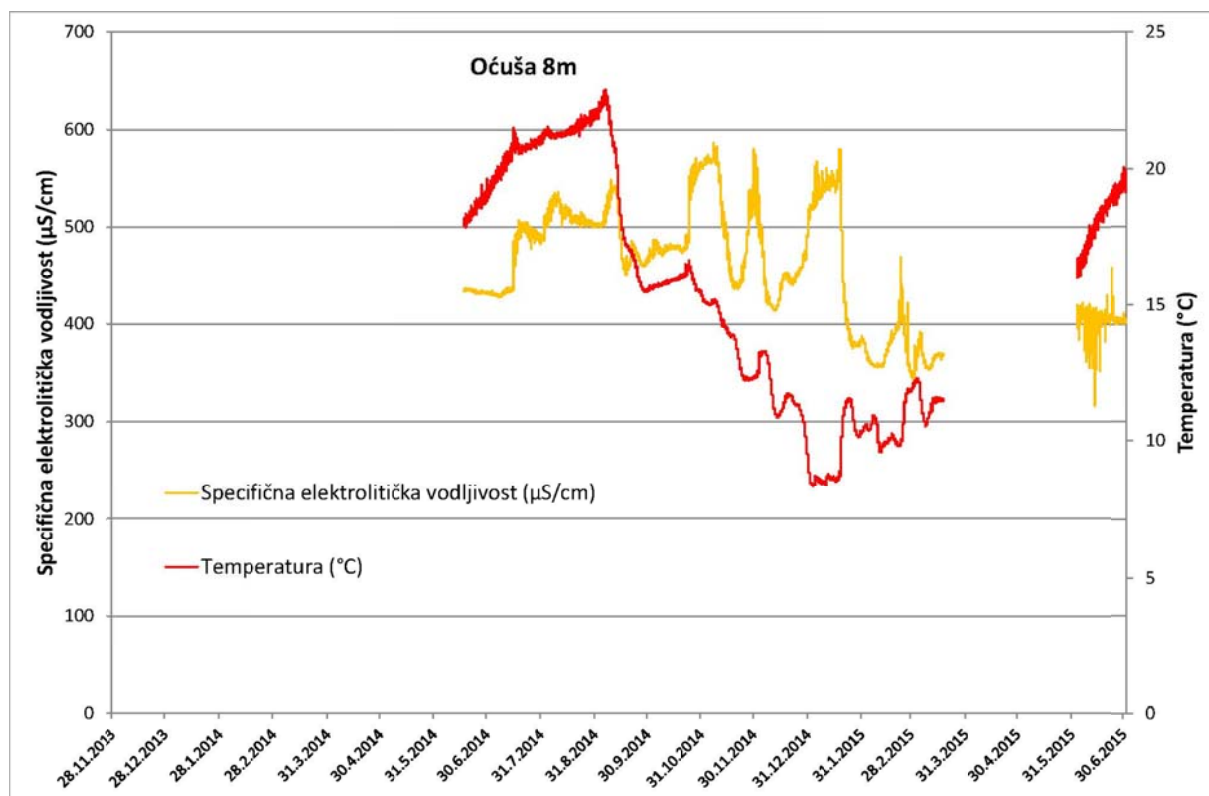
Temperatura je varirala u relativno širokom rasponu od 7° do 16°C. Specifična elektrolitička vodljivost jasno pokazuje znatan utjecaj morske vode jer njene vrijednosti idu i preko 35 mS/cm. Treba napomenuti da postoji dosta šumova u podacima koji mogu nastati radi više razloga, ali svi se svode na tehničke razloge funkcioniranja logera i nemaju veze s funkcioniranjem izvora.



Slika 60. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti, temperature i razine vode na izvoru Mindel za vrijeme trajanja opažanja.

Na jezeru Oćuša (u literaturi ponekad Voćuša) je postavljena bova na koju su obješena dva logera za temperaturu i elektrolitičku vodljivost. Logeri su postavljeni na osam i sedamnaest metara dubine.

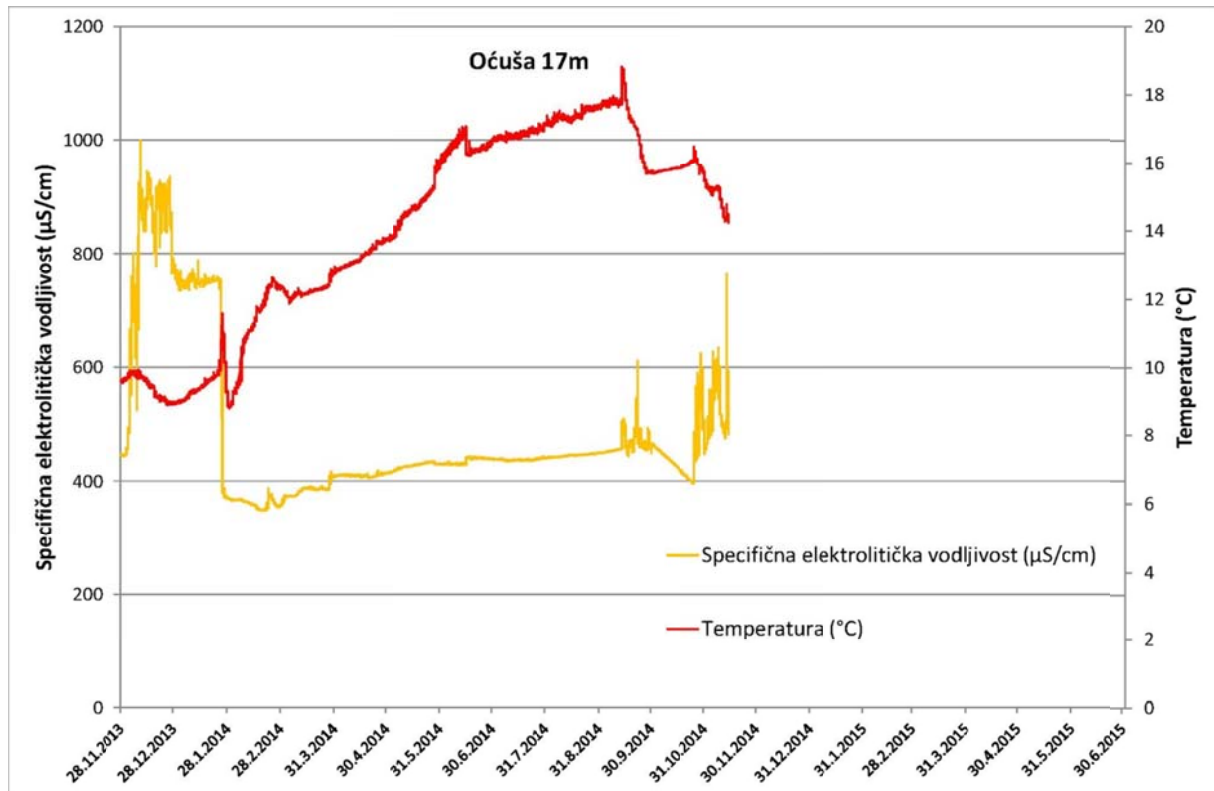
Loger na osam metara dubine je nakon nekoliko mjeseci rada iz nepoznatog razloga nestao s bove, te je dio podataka izgubljen. Još jedna rupa u podacima je uzrokovana kvarom. Temperatura se kretala od 8° do 22°C, dok je specifična elektrolitička vodljivost bila u rasponu od 300 do 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (slika 61).



Slika 61. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature u jezeru Oćuša na 8 m dubine za vrijeme trajanja opažanja.

U slučaju logera na 17 metara dubine temperature su varirale od 9° do 19°C, dok je specifična elektrolitička vodljivost bila u rasponu od 350 do 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Slika 62). Na žalost, ovaj loger je nestao pred kraj opažačkog razdoblja što je dovelo do gubitka velikog dijela podataka. Treba napomenuti da su svi logeri bili pričvršćeni na bovu na isti način i to vezama koje su objektivno bile predimenzionirane za sve

prirodne uvjete koji bi mogli djelovati na logere. Stoga i razloge njihova nestanka treba tražiti na drugim mjestima.

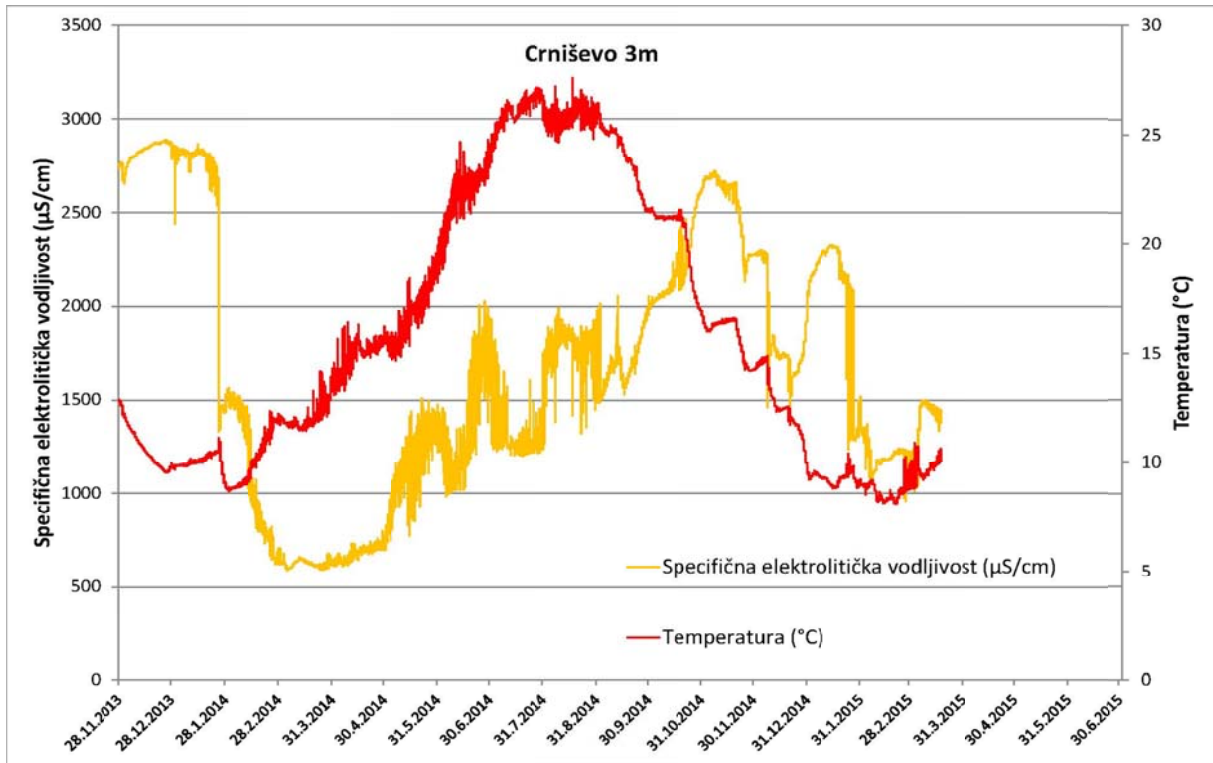


Slika 62. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature u jezeru Oćuša na 17 m dubine za vrijeme trajanja opažanja.

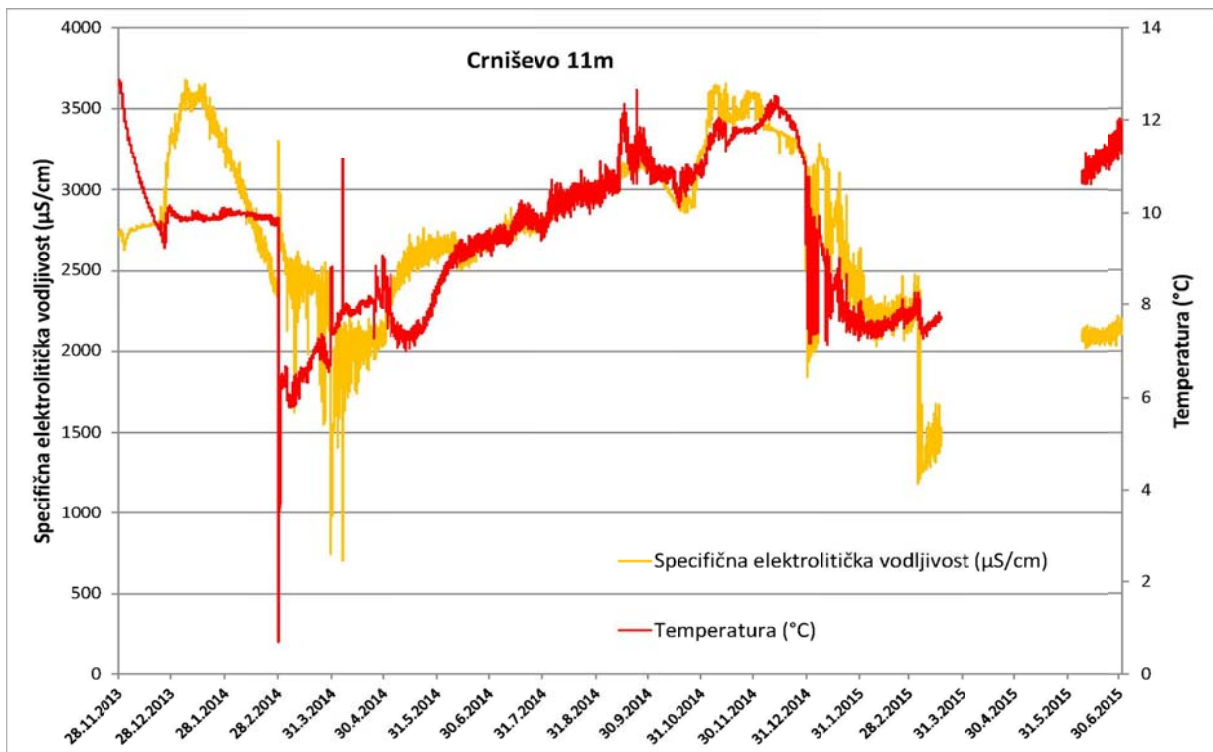
Na jezeru Crniševo je postavljena bova na koju je obješeno četiri logera za temperaturu i elektrolitičku vodljivost; na 3, 11, 17 i 23 metra dubine.

Na najplićem logeru u Crniševu, raspon zabilježenih temperatura je bio najveći i iznosio je od 8° do 28°C, dok je specifična elektrolitička vodljivost imala najmanji raspon, od 600 do 2900 µS/cm (Slika 63).

Loger na 11 metara dubine je zabilježio najnižu temperaturu od 0,69°C, ali to je sigurno posljedica grješke logera (slika 64). Najviša temperatura je bila nešto manje od 13°C. Podatci specifične elektrolitičke vodljivosti su isto prilično problematični zbog brojnih šumova u podacima. Usprkos tome, vidljivo je kako je voda bočata s rasponom specifične elektrolitičke vodljivosti u rasponu od otprilike 1,5 do 3,5 mS/cm.

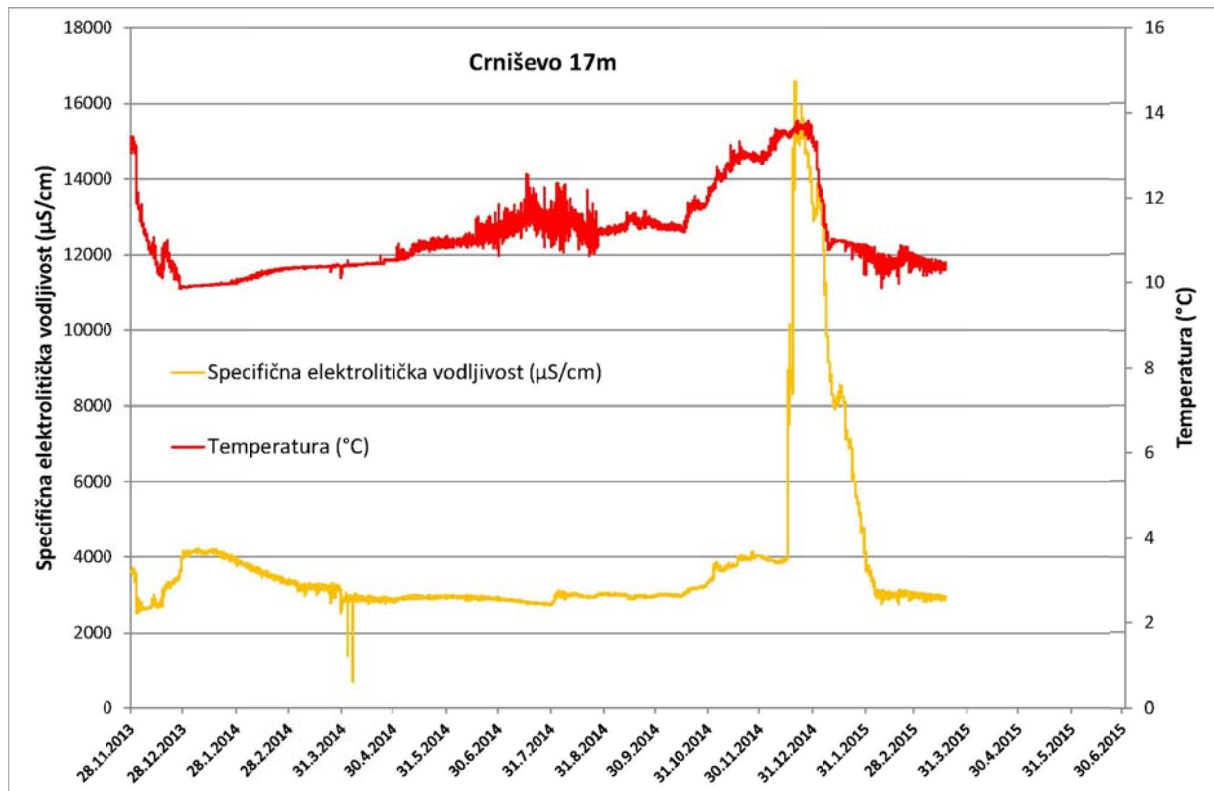


Slika 63. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature u jezeru Crniševo na 3 m dubine za vrijeme trajanja opažanja.



Slika 64. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature u jezeru Crniševo na 11 m dubine za vrijeme trajanja opažanja.

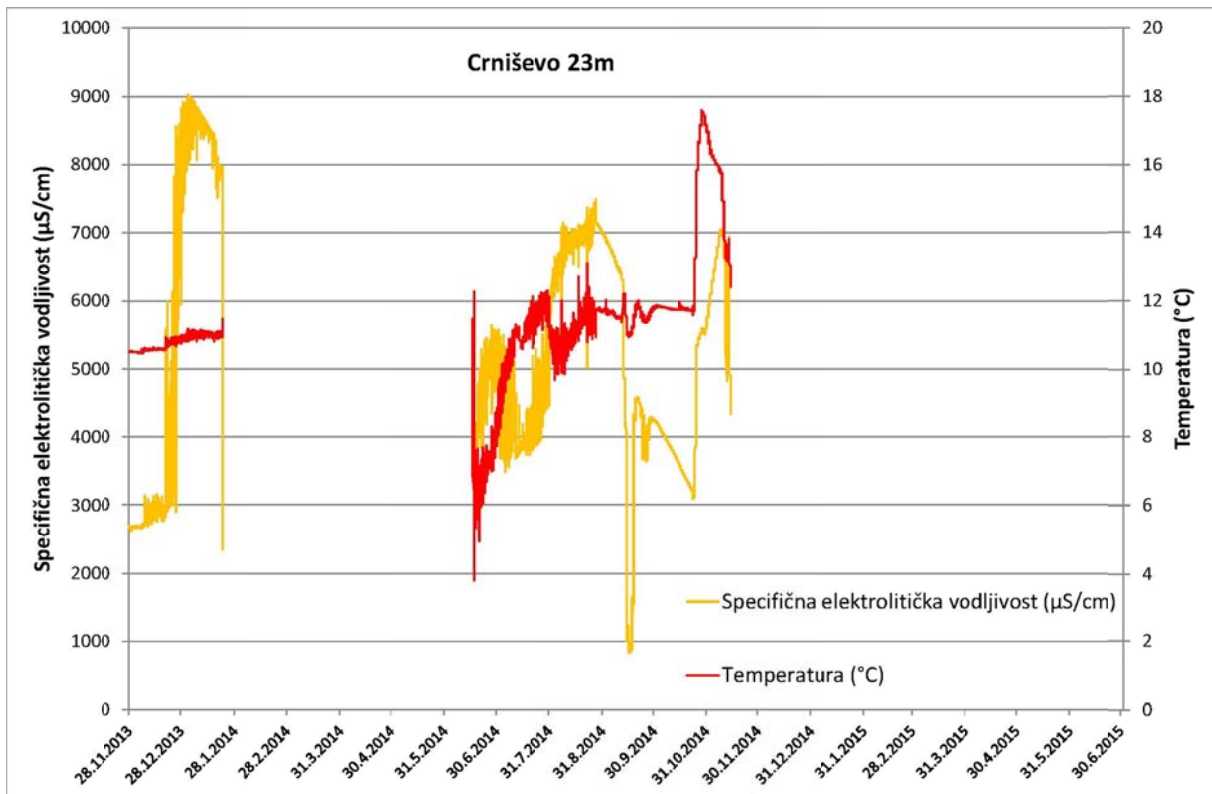
Od svih logera u Crniševu, onaj na dubini od 17 metara je imao najmanji raspon temperature i najveći raspon specifične elektrolitičke vodljivosti (Slika 65). Temperatura je varirala od 10° do 14°C, dok je specifična elektrolitička vodljivost varirala od 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ do 16,5 mS/cm.



Slika 65. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature u jezeru Crniševo na 17 m dubine za vrijeme trajanja opažanja.

Najdublji loger na Crniševu, na dubini od 23 metra je ujedno loger s najviše problema. U prvoj polovici opažaćkog razdoblja je nestao s bove, te je s njim izgubljen dio podataka. Na isto mjesto je stavljen novi loger koji se pokvario te je izgubljen i zadnji dio podataka (Slika 66).

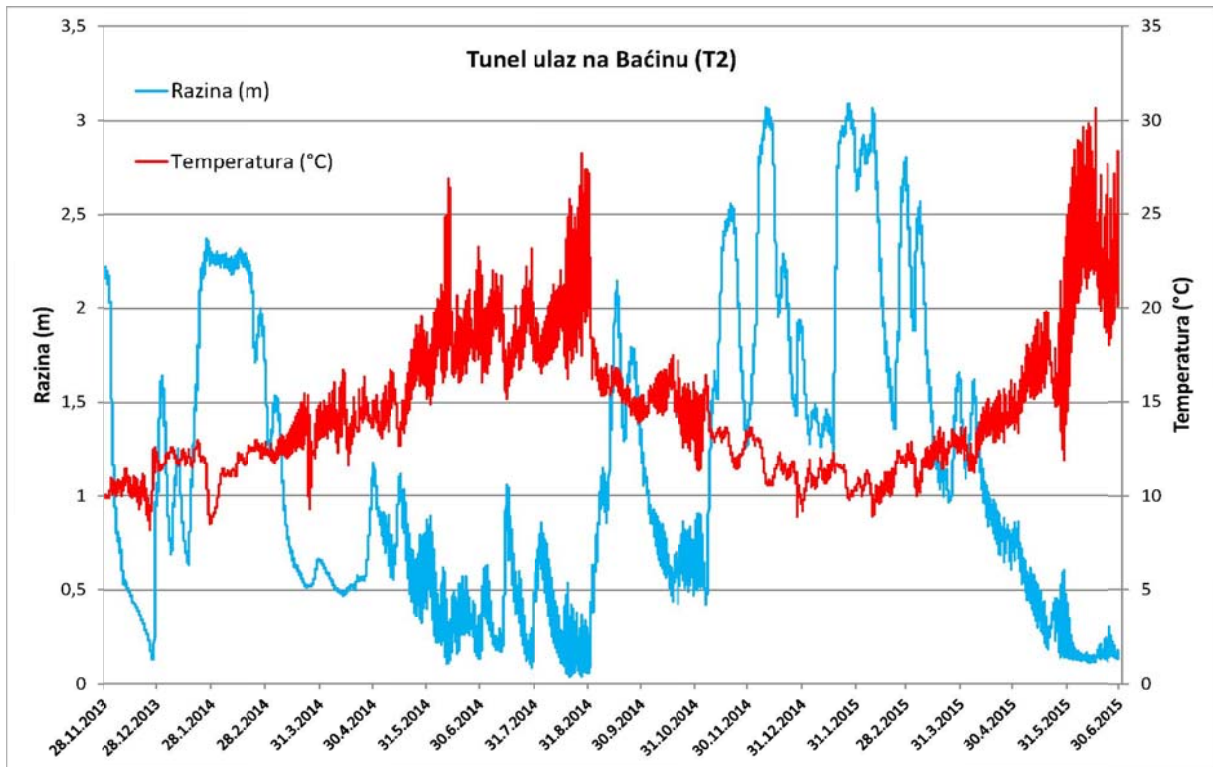
U tom kraćem razdoblju za koje su dobiveni podatci, temperatura je varirala od 4° do skoro 18°C, te specifična elektrolitička vodljivosti od 830 $\mu\text{S}/\text{cm}$ do 9 mS/cm. Ovo je posebno žalosna okolnost budući se upravo od ovog logera očekivao najveći doprinos rasvjetljavanju problema povezanosti, odnosno podzemnog odnosa slatke i slane vode u ovom području.



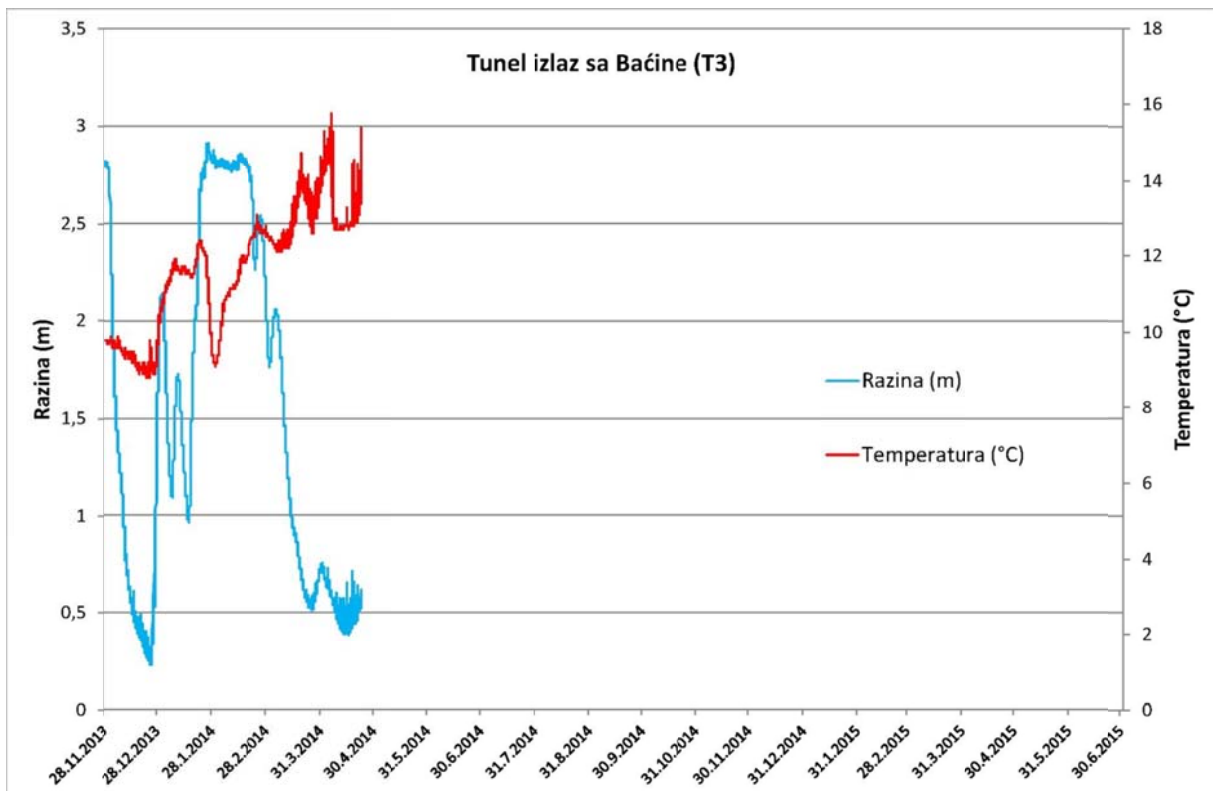
Slika 66. Vrijednosti specifične elektrolitičke vodljivosti i temperature u jezeru Crniševo na 23 m dubine za vrijeme trajanja opažanja.

Na izlazu tunela koji odvodi višak vode s Vrgoračkog polje u Baćinska jezera (jezero Oćuša), postavljen je loger koji bilježi razinu i temperaturu vode. Iz podataka je vidljivo kako je tunel u više navrata bio pod punim kapacitetom (Slika 67).

Isti loger kao na tunelu Vrgoračko polje – Baćinska jezera je postavljen i na tunelu koji odvodi višak vode s Baćinskih jezera u more. Na žalost, usprkos pokušaju skrivanja logera, na kraju opažачkog razdoblja taj loger nije pronađen. Slično kao kod Mindela, i ovo je mjesto dostupno izletnicima, djeci... Gubitkom ovog logera izgubljena je i većina podataka za to mjesto (Slika 68).



Slika 67. Vrijednosti temperature i razine vode na tunelu Vrgoračko polje – Baćinska jezera (T2) za vrijeme trajanja opažanja.



Slika 68. Vrijednosti temperature i razine vode na tunelu Baćinska jezera – more (T3) za vrijeme trajanja opažanja.

6.3. Mjerenja protoka

Tijekom vremena opažanja povremeno su mjereni protoci na izvorima Prud i Butina, te na točkama T2 i T3 (tunel koji dovodi vodu na Baćinska jezera s Vrgoračkog polja i tunel koji odvodi vodu s Baćinskih jezera u more).

Mjerenja su ovisno o uvjetima vršena pomoću hidrometrijskog krila proizvođača Global Waters ili pomoću ADCP (Accoustic Doppler Current Profiler) StreamPro uređaja tvrtke Teledyne RD Instruments (Slika 69).



Slika 69. ADCP uređaj za mjerenje protoka.

Izvor Prud je radi velikog protoka mjeran isključivo ADCP uređajem (Slika 69). Korito je dosta zarašteno biljkama koje u određenim uvjetima mogu raditi smetnje prilikom mjerenja protoka. Rezultati su prikazani u Tablici 4.



Slika 70. Mjerni profil na izvoru Prud.

Tablica 4: Rezultati mjerenja protoka izvora Prud (* - nepouzđano mjerenje).

Datum	Vrijeme	Razina vode (m)	Protok (m ³ /s)
25.3.2014.	14:30	95	7,600
22.4.2014.	13:40	80	5,200*
27.5.2014.	15:15	81	4,270
15.7.2014.	15:30	79	3,145
26.8.2014.	12:00	71	3,051*
30.9.2014.	14:00	104	5,481*
30.10.2014.	13:45	61	3,449*
10.12.2014.	12:30	119	8,095
17.3.2015.	13:20	169	10,304

Protok izvora Butina se također mjerio isključivo ADCP uređajem (Slika 71).



Slika 71. Mjerni profil na izvoru Butina.

Protok je trebao biti mjeren zajedno s praćenjem razine vode. Uz te dvije serije podataka bi se pokušala konstruirati protočna krivulja, te bi imali kontinuirane vrijednosti protoka za opažačko razdoblje. Pošto je izvor Butina najveći u Vrgoračkom polju i koristi se za javnu vodoopskrbu, takvi podatci bi bili vrlo korisni. Problemi s prikupljanjem podataka o razini vode su opisani u prethodnom potpoglavlju, te ovdje neće biti ponavljani. Mogu se samo konstatirati najmanji izmjereni protok od $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$ i najveći od $7 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tablica 5).

Tablica 5. Rezultati mjerenja protoka izvora Butina.

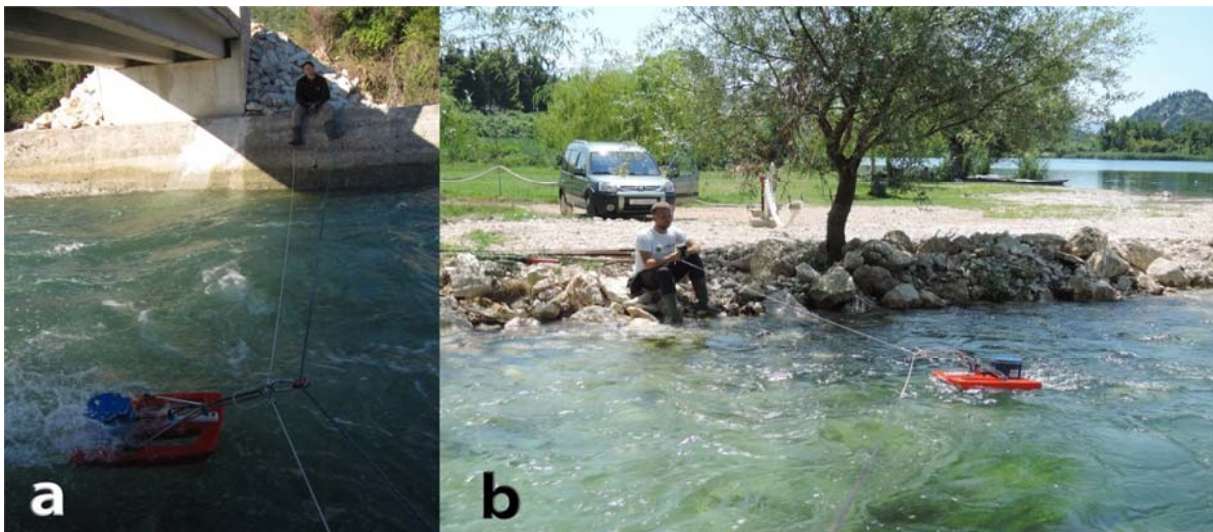
Datum	Vrijeme	Protok (m^3/s)
29.11.2013.	16:15	7,000
27.3.2014.	11:30	2,250
23.4.2014.	12:45	2,002
29.5.2014.	12:30	1,704
16.7.2014.	15:00	2,481
28.8.2014.	11:30	1,100
1.10.2014.	14:30	2,529

Protok na izlazu tunela Vrgoračko polje – Baćinska jezera se mjerio ADCP uređajem i hidrometrijskim krilom. Kod velikih voda – voda izlazi iz tunela velikom brzinom ($>4,5$ m/s), pa mjerenje ADCP uređajem nije moguće (Slika 72).



Slika 72. Izlazni kanal iz tunela Vrgoračko polje – Baćinska jezera u uvjetima velikih voda.

U tim uvjetima jedino što se moglo s raspoloživom opremom je mjerenje brzine na rubu toka hidrometrijskim krilom, te računanja protoka ekstrapolacijom brzine po površini presjeka korita. Pošto je korito pravilno nije bio problem dobiti točnu površinu presjeka za određenu razinu vode. U većini ostalih slučajeva za mjerenje protoka se koristio ADCP uređaj. Ovisno o protoku, koristio se profil u betonskom kanalu (Slika 72) ili nešto nizvodnije u prirodnom kanalu prije ulijevanja u Baćinska jezera (Slika 73).



Slika 73. Mjerni profili na izlazu iz tunela Vrgoračko polje – Baćinska jezera (točka T2).

U opažanom razdoblju, tunel nikad nije bio potpuno suh, ali je u razdoblju niskih voda protok pao ispod razine koja se može mjeriti hidrometrijskim krilom. Voda nije tekla koncentrirano, nego se procjeđivala cijelom širinom korita. U takvim uvjetima protok je procijenjen, ali pošto se radi o vrlo malim protocima nije moglo doći do velike grješke. Svi rezultati su prikazani u tablici 6. Razine vode se odnose na loger postavljen na toj lokaciji.

Tablica 6. Rezultati mjerenja protoka na izlazu iz tunela Vrgoračko polje – Baćinska jezera.

Datum	Vrijeme	Razina (m)	Protok (m ³ /s)
29.11.2013.	12:00	2,23	~53
19.2.2014.	9:00	2,2	~53
26.3.2014.	13:40	0,53	1,370
23.4.2014.	16:05	0,56	1,331
28.5.2014.	14:30	0,57	0,626
18.6.2014.	15:30	0,35	0,016,5
16.7.2014.	13:00	0,84	4,972
27.8.2014.	16:00	0,17	0,001
30.9.2014.	18:00	1,22	7,359
29.10.2014.	16:00	0,67	0,005
14.11.2014.	11:00	1,96	18,150
9.12.2014.	11:00	2,94	~57
17.3.2015.	15:35	1,95	6,000
29.6.2015.	18:00	0,14	0,0001

Na tunelu koji odvodi višak vode s Baćinskih jezera u more, protok je mjeren ADCP uređajem ili hidrometrijskim krilom u uvjetima niskih voda. Mjerni profil je uspostavljen u koritu prije samog tunela (Slika 74).



Slika 74. Mjerni profili prije ulaza u tunel Baćinska jezera – more (točka T3).

Pošto je i na ovom mjestu loger za razinu izgubljen, protoci se ne mogu vezati za poznatu razinu vode. Izmjereni protoci su navedeni u tablici 7.

Tablica 7. Rezultati mjerenja protoka na ulazu u tunel Baćinska jezera – more.

Datum	Vrijeme	Protok (m ³ /s)
29.11.2013.	9:50	52
26.3.2014.	13:00	2,430
23.4.2014.	17:00	2,456
28.5.2014.	13:30	1,900
18.6.2014.	16:45	0,307
16.7.2014.	11:00	5,162
27.8.2014.	17:00	0,035
30.9.2014.	17:20	11,080
29.10.2014.	17:00	0,634
14.11.2014.	16:00	18,400
11.12.2014.	12:00	50,573
17.3.2015.	16:40	9,579
29.6.2015.	19:00	0,145

6.4. Metode i rezultati mjerenja in situ i laboratorijskih hidrogeokemijskih parametara

6.4.1. Metode i tehnike mjerenja

U razdoblju od rujna 2013. do srpnja 2015. godine uzimani su uzorci voda sa svih opažanih lokacija. Prije uzimanja uzoraka vode *"in situ"* su izmjereni fizikalno-kemijski pokazatelji, koji su posebno osjetljivi na promjene uvjeta okoliša te ih je nužno izmjeriti na samom terenu. To su: elektrolitička vodljivost vode (EC), temperatura vode (T), pH-vrijednost vode (pH) i sadržaj kisika u vodi (O₂). Ovi pokazatelji su mjereni ručnim sondama tvrtke WTW (slika 75). Prije svakog izlaska na teren ručne sonde su baždarene standardiziranim postupcima i standardnim otopinama tvrtke AccuStandard. *In situ* je također mjereno i alkalinitet, odnosno sadržaj hidrogenkarbonatnih iona (slika 76). Sadržaj hidrogenkarbonatnih iona mjereno je titrimetrijskom metodom. Titrator i kemikalije korištene za pripremu uzoraka

za titriranje proizvodi su tvrtke HACH. Uzorci su prikupljeni u bočice volumena 50 ml posebno za mjerenje osnovnih kationa i aniona. Uzorci koji su se koristili za mjerenja kationa konzervirali su se dodavanjem 65% nitratne kiseline u uzorak do pH < 2. Zakiseljavanje velikim djelom zaustavlja porast bakterija, blokira reakcije oksidacije i sprječava adsorpciju ili taloženje kationa. Prije kiseljenja uzorci su filtrirani kroz filtre s 0,45 µm membranama koje se koriste da se ukloni suspendirana tvar (slika 77). Za mjerenje stabilnih izotopa $\delta^{18}\text{O}$ i δD uzimani su uzorci vode volumena 100 ml (slika 78). Uzorci su odmah stavljeni u terenski hladnjak gdje su čuvani na hladnom sve do trenutka analiziranja u laboratoriju.



Slika 75. *In situ* mjerenje fizikalno-kemijskih pokazatelja ručnim sondama tvrtke WTW.



Slika 76. Analiziranje uzorka metodom titracije.



Slika 77. Filtriranje uzorka.



Slika 78. Prikupljanje uzoraka u bočice različitih volumena

Za mjerenja *in situ* opažачkih točaka u jezerima Crniševo i Oćuša korištena je multiparametarska dubinska sonda SEBA KLL-Q2-D8 s dosegom od 200 m (Slika 79). Za uzimanje uzoraka na određenim dubinama korišteni su sampleri tvrtke Eijkelkamp. U prvom periodu istraživanja koristio se teflonski sempler, promjera 35 mm i volumena 0,69 l, no kako je spomenuto ranije, podatci uzeti semplerom i mjerenja dubinskom sondom nisu se podudarali. Te poteškoće su se pokušale riješiti nabavkom novog, čeličnog semplera, promjera 45 mm i volumena 1 l, no ni ovaj put se podatci nisu u potpunosti slagali s onima koji su dobiveni mjerenjem dubinske sonde. Stoga se prilikom interpretacije rezultata analiza uzoraka uzetih semplerom treba imati na umu kako se uzeti uzorak dobrim dijelom odnosi na mješavinu vode šireg vertikalnog raspona stupca vode (više metara), a ne samo na ciljanu dubinu. Iako je vjerojatno najveći dio zahvaćene vode doveden do površine upravo s tražene dubine. Ovaj podatak se koristi jer ako mu se znaju ograničenja ipak može koristiti u interpretaciji.



Slika 79. Mjerenje in situ i uzorkovanje točaka opažanja na jezerima

Kako bi se dobili podatci o mikrobiološkim pokazateljima uzorci su u četiri navrata poslani u Hrvatski zavod za javno zdravstvo u Zagrebu (kopije rezultata se zbog opsežnosti nalaze u Prilogu 4 – samo na DVD-u). Uzorci za mikrobiološke analize su prikupljeni u kvartalnim intervalima s ciljem da se pokriju različiti hidrološki uvjeti. Od Zavoda su dobivene sterilne posude za uzorkovanje, a uzorci su odmah nakon prikupljanja stavljeni na zamrzavanje u terenski hladnjak/zamrzivač. Mikrobiologija je rađena na 7 opažanih točaka: Klokunu, Modrom oku, Butini, Prudu, Izlaznom tunelu - T3, Mindelu i Mandinoj mlinici.

Osnovni kationi i anioni su mjereni u Hidrokemijskom laboratoriju Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju Hrvatskog geološkog instituta. Koncentracije natrija, kalija, magnezija i kalcija mjerene su metodom atomske apsorpcije pomoću AAS Analyst 700, tvrtke Perkin Elmer. Atomska apsorpcija je analitička tehnika za određivanje elemenata, spojeva i smjese tvari u uzorcima vode, tla i sedimenta. Metoda se temelji na činjenici da se termičkim putem izvrši disocijacija spojeva, a analizirani atom se prevede u neionizirano i nepobuđeno stanje – osnovno stanje. Zatim se tekući uzorak uvodi strujom plinova u plamen, te se uzorak atomizira

(pretvara u plazmu). Kroz plazmu se propušta svjetlost valne dužine (monokromatska svjetlost) koja odgovara rezonantnoj liniji određenog elementa. Atomi apsorbiraju rezonantnu valnu duljinu te se očitavaju na detektoru.

Koncentracije nitrata, ortofosfata, sulfata i klorida u uzorkovanim vodama mjerene su metodom ionske kromatografije. Ionska kromatografija je analitička tehnika za određivanje, ponajprije, smjese aniona i kationa pa se često koristi za određivanje kemijskog sastava voda i kontrolu kakvoće voda. Njezina je glavna prednost u velikoj brzini analize, osjetljivosti i preciznosti, a potrebna je mala količina uzorka vode (cca. 6 ml). Sama tehnika određivanja temelji se na odvajanju sastojaka elucijom na sintetskim ionskim izmjenjivačima (u kolonama), nakon čega slijedi utvrđivanje ispitivanih iona pogodnim detektorom (najčešće konduktometar). Prilikom mjerenja aniona uzorkovanih voda koristio se ionski kromatograf tvrtki LabAlliance i kolona tvrtke WARTEX.

Omjeri stabilnih izotopa vodika (δD) i kisika ($\delta_{18}O$) u uzorkovanim vodama mjereni su također u Hidrokemijskom laboratoriju, Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta. Stabilni izotopi su analizirani na uređaju Picarro L-2130i. To je visoko precizni analizator izotopa. Uređaj je kupljen sredstvima dobivenim u sklopu međunarodnog projekta DRINKADRIA (IPA Adriatic).



Slika 80. Picarro L-2130i izotopni analizator kupljen u sklopu međunarodnog IPA Adriatic projekta DRINKADRIA (financiran od strane EU) i korišten pri hidrogeološkom istraživanju Baćinskih jezera.

6.4.2. Rezultati mjerenja *in situ* i laboratorijskih hidrogeokemijskih, izotopnih i mikrobioloških parametara

6.4.1.1. Tablični prikazi rezultata *in situ* mjerenja i laboratorijskih analiza hidrogeokemijskih pokazatelja

MDK - maksimalno dozvoljene koncentracije u vodi (NN 47/08)											
T	pH	EC	O ₂	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻ -P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
°C		μS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
25		2500			0,3			200	12	250	250
NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Fe	Mn	Cu	F	Zn	Cr	Br	Co	Pb	Cd
mg/l	mg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l
50	0,5	200	50	2000	1500	3000	50			10	5

Krenica												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13												
pro-13	13,1	7,31	530	7,2	265	<0,01	112,8	16,4	2,2	0,5	3,9	77,2
sij-14	13,0	7,90	349	10,3	193	<0,01	72,9	2,5	2,0	0,4	3,3	20,7
vlj-14	13,0	7,29	395	8,5	192	<0,01	70,3	3,7	2,2	0,4	4,1	25,6
ožu-14	9,8	7,4	516	7,3	242	0,01	90,2	6,6	2,3	0,5	6,3	59,7
tra-14	13,2	7,35	541	10,6	199	0,01	99,1	9,9	2,4	0,8	5,7	72,6
svi-14	13,3	7,34	555	8,2	206	<0,01	104,2	7,5	2,2	1,2	3,9	74,5
lip-14	15,8	7,36	662	7,4	212	<0,01	204,5	9,7	2,5	2,5	5,3	167,4
srp-14	13,7	7,39	600	8,1	226	0,52	126,2	8,9	2,4	0,8	5,2	107,5
kol-14												
ruj-14	13,4	7,18	504	8,3	242	0,08	102,4	6,2	2,0	0,8	2,1	24,7
lis-14												
stu-14	13,2	7,22	468	9,5	235	0,09	70,2	5,6	1,9	0,6	4,8	26,4
pro-14	13,2	7,15	400	9,7	161	<0,01	75,5	2,2	1,9	0,4	3,5	11,0
ožu-15	12,8	7,30	427	8,1	176	<0,01	72,3	5,1	1,9	0,5	4,2	28,8
lip-15												
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13												
pro-13	4,1											
sij-14	5,2	<0,001	3	<2	5	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	6,2	0,002	<2	3	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	4,6	<0,001	16	35	8	<0,1	12	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	5,2	0,003	<2	5	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	12,4	<0,001	11	6	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	5,7	0,014	5	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	146,7	0,212	43	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14												
ruj-14	4,2	<0,001	17	11	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14												
stu-14	4,8	0,002	<2	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	2,9	<0,001	40	20	12	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	4,9	<0,001		38	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15												

Banja												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13												
pro-13						0,02	92,9	10,0	1,9	0,4	2,7	11,1
sij-14	12,8	8,10	286	13,4	178	0,01	55,9	1,9	1,7	0,2	40,0	3,7
vlj-14	12,7	7,80	301	9,9	161	0,01	56,1	1,9	1,7	0,3	3,9	4,1
ožu-14	13,5	8,1	294	8,3	166	<0,01	56,1	1,9	1,5	0,4	4,1	5,2
tra-14	12,7	7,72	298	8,5	164	0,01	63,9	1,9	1,6	0,6	2,5	3,6
svi-14	12,9	7,75	307	7,0	178	0,16	62,8	1,9	1,6	0,4	3,9	4,2
lip-14	13,5	7,72	411	7,7	190	0,28	79,8	5,1	1,9	1,2	6,5	36,9
srp-14	13,1	7,68	423	8,1	205	0,05	76,7	5,8	2,5	1,0	4,0	25,9
kol-14												
ruj-14	14,4	7,68	400	8,3	211	0,11	42,8	1,1	0,4	0,1	1,6	4,7
lis-14	13,9	7,66	495	7,2	169,58	0,14	53,7	3,6	0,9	0,3	3,8	53,3
stu-14	14,2	7,52	461		237	0,08	44,2	5,6	2,1	0,4	3,0	28,2
pro-14	12,2	7,77	354	8,5	159	<0,01	51,2	1,1	1,2	0,4	2,9	1,9
ožu-15	12,8	7,57	309	8,4	145	0,01	58,4	2,2	1,7	0,5	3,1	2,4
lip-15	13,6	8,09	290	8,7	179	0,01	65,9	3,2	2,2	0,9	5,5	68,8
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13												
pro-13	4,1											
sij-14	2,5	0,0005	15	2	6	<0,1	2	5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	3,1	0,0005	10	2	3	<0,1	<2	2,5	0,1	<2	<10	<5
ožu-14	1,9	0,007	23	12	3	<0,1	4	2,5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	4,2	0,007	42	8	3	<0,1	<2	2,5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	3,2	0,003	8	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	3,5	0,005	<2	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	3,1	<0,001	44	<2	<2	<0,1	11	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14												
ruj-14	1,1	0,002	12	9	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	3,3	0,002	2	12	2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	1,0	0,001	<2	4	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	1,6	0,002	12	10	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	1,3	<0,001	30	8	<2	<0,1	<2	<5	0,1	<2	<10	<5
lip-15	2,6	<0,001	3	2	4	<0,1	5	<5	<0,1	<2	<10	<5

Nuga												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	13,4	7,5	548		226	0,01	105,1	10,7	1,8	0,6	3,9	138,3
pro-13	12,3	7,6	339	10,2	177	<0,01	92,9	2,2	2,1	0,5	3,9	15,9
sij-14	12,2	8,1	284	11,7	181	<0,01	56,6	1,5	2,4	0,3	3,9	4,3
vlj-14	12,5	7,6	282	8,0	162	<0,01	59,7	1,4	2,3	0,3	4,4	6,5
ožu-14	12,4	8,0	298	7,7	177	<0,01	65,7	1,9	2,0	0,4	4,4	10,1
tra-14	15,0	8,4	199	10,2	102	0,01	43,5	2,5	2,1	0,6	4,9	18,7
svi-14	22,9	8,2	240	9,5	126	<0,01	65,6	1,8	2,1	1,8	4,2	12,6
lip-14	16,5	7,9	349	8,0	168	<0,01	75,0	4,7	2,1	1,6	3,7	22,9
srp-14	13,7	7,8	378	7,1	199	0,07	76,7	3,8	3,1	0,9	4,1	24,4
kol-14	12,1	7,8	413	7,0	206							
ruj-14	17,8	7,8	327	8,8	193	<0,01	91,8	3,1	2,1	0,9	2,3	5,8
lis-14	12,8	7,5	413	7,8	141,52	<0,01	75,5	3,0	2,1	0,6	2,8	12,7
stu-14	12,6	7,7	359	7,5	212	0,07	37,9	2,5	1,1	0,4	2,3	5,2
pro-14	12,3	7,4	360	10,7	162	<0,01	72,8	1,7	2,2	0,6	3,8	2,0
ožu-15	13,3	8,0	286	10,8	162	<0,01	53,9	2,0	2,7	0,9	4,8	3,2
lip-15	14,5	7,6	528	7,9	217	0,05	95,0	5,1	1,9	1,2	4,2	110,8
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	4,2											
pro-13	4,3											
sij-14	2,1	<0,001	<2	<2	6	0,5	10	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	2,3	0,002	<2	5	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	2,1	<0,001	<2	45	8	<0,1	8	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	0,9	0,005	20	12	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	0,4	<0,001	12	10	3	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	2,4	0,010	9	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	15,8	<0,001	37	<2	<2	<0,1	6	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14												
ruj-14	1,1	0,006	17	11	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	2,4	0,002	<2	18	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	2,0	<0,001	<2	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	1,2	0,005	33	24	12	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	1,2	<0,001	46	9	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	3,7	0,011	<2	<2	4	<0,1	<2	<2	<0,1	<2	<10	<5

Butina												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	14,8	7,3	948		229	0,01	167,5	18,8	2,4	0,9	6,1	337,3
pro-13	12,3	7,5	493	9,5	249	<0,01	112,6	10,5	2,4	0,5	3,2	58,3
sij-14	11,9	7,9	398	10,2	216	0,01	73,2	2,8	2,6	0,5	4,1	14,9
vlj-14	12,5	7,8	342	8,4	179	0,01	73,6	2,3	2,1	0,4	4,8	17,4
ožu-14	12,4	7,9	493	8,2	248	<0,01	89,8	4,8	2,7	0,6	5,8	64,1
tra-14	13,4	7,5	534	9,4	201	0,01	94,1	8,8	2,9	0,8	5,9	68,9
svi-14	14,4	7,5	573	7,0	232	0,16	114,2	8,5	2,3	0,7	4,6	82,6
lip-14	15,3	7,5	728	8,6	218	0,04	216,6	12	3,1	0,9	5,9	179,6
srp-14	14,7	7,5	610	7,7	212	0,03	149,5	10,1	3,6	1,3	5,5	101,9
kol-14	14,8	7,5	734	6,3	224	0,06	167,5	12,8	3,5	0,9	5,8	208
ruj-14	14,3	7,3	489	7,2	225	0,26	94,8	5,6	2,3	0,6	3,4	33,7
lis-14	13,8	7,4	480	7,3	183	0,17	92,4	8,7	2,5	0,6	4,9	172,8
stu-14	13,5	7,5	482	7,3	239	0,14	78,6	4,9	3,1	0,7	4,5	38,1
pro-14	13,0	7,4	413	7,1	174	0,01	73,6	2,4	2,6	0,8	4,7	10,8
ožu-15	12,6	7,5	406	8,3	165	<0,01	70,3	4,5	2,3	0,5	3,7	25,9
lip-15	16,1	7,4	800	7,3	227	0,12	145,1	14,9	4,6	0,9	6,8	264,3
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	5,9											
pro-13	4,3											
sij-14	3,0	0,003	12	<2	7	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	2,6	0,002	2	4	2	<0,1	<2	<5	0,2	<2	<10	<5
ožu-14	4,3	0,005	23	24	3	<0,1	4	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	5,3	0,003	37	3	3	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	5,5	0,101	8	5	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	6,4	0,005	7	4	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	6,3	0,006	48	<2	<2	<0,1	46	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	6,8	0,001	<2	<2	<2	<0,1	9	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	3,7	0,007	19	10	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	4,2	0,001	2	18	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,4	<0,001	4	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	3,9	<0,001	22	20	9	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	5,6	0,003	30	9	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	6,8	0,004	<2	4	2	<0,1	2	<2	<0,1	<2	<10	<5

Stinjavac												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	14,4	7,2	995		245	0,01	170,4	18,4	2,0	0,7	5,1	332,7
pro-13	12,3	7,4	600	8,5	262	<0,01	128,4	8,7	2,3	0,6	3,4	92,9
sjj-14	10,9	8,0	376	9,3	215	<0,01	75,4	3,1	2,2	0,5	3,5	
vlj-14	12,3	7,8	396	8,0	196	<0,01	78,6	2,6	2,4	0,5	4,1	33,2
ožu-14	12,5	7,8	562	7,5	244	0,01	114,5	8,2	2,6	0,6	5,4	123,3
tra-14	13,3	7,3	605	8,1	202	0,02	116,3	9,4	2,5	0,7	12,3	122,5
svi-14	13,9	7,3	656	7,4	239	<0,01	119,1	10,0	2,2	0,8	4,2	122,1
lip-14	14,2	7,4	778	6,3	207	0,01	265,4	12,9	2,6	0,8	3,7	215,8
srp-14	14,3	7,4	718	7,5	227	0,61	159,4	11,8	2,6	0,8		
kol-14	14,5	7,4	835		243	0,14	127,5	14,4	3,0	0,9	4,1	158,6
ruj-14	14,5	7,2	570	7,6	240	0,01	62,5	1,9	1,1	0,6	2,9	65,0
lis-14	13,9	7,2	749	7,3	164,7	0,11	102,9	9,2	2,3	0,8	4,4	169,1
stu-14	13,5	7,5	498	8,1	244	0,2	80,3	5,0	2,3	0,7	4,8	110,0
pro-14	12,4	7,4	427	6,6	169	0,03	78,8	3,3	2,1	0,7	3,5	15,1
ožu-15	12,5	7,5	412	8,4	181	<0,01	70,9	3,5	3,7	1,4	8,3	20,1
lip-15	14,8	7,3	878	7,3	238	0,02	170,0	5,3	1,2	1,2	6,4	318,9
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	6,9											
pro-13	0,7											
sjj-14	4,5	<0,001	14	<2	6	0,5	19	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	5,5	0,004	<2	4	10	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	15,9	<0,001	<2	41	9	<0,1	9	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	4,4	<0,001	16	12	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	7,1	<0,001	10	7	3	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	6,6	0,001	<2	<2	3	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	0,004		38	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	6,5	0,003	8	<2	<2	0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	4,8	0,006	15	11	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	4,3	0,003	<2	25	3	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	4,2	<0,001	2	4	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	2,6	<0,001	4	2	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	2,1	<0,001	55	10	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	6,4	0,002	3	<2	4	0,1	<2	<2	<0,1	<2	<10	<5

Lukavac												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	14,9	7,2	1032		234	<0,01	175,4	18,6	2,2	0,8	4,9	361,2
pro-13	12,6	7,4	660	7,6	278	<0,01	139,8	8,5	2,6	0,7	3,7	121,9
sij-14	11,8	7,7	464	9,9	267	0,02	87,8	4,3	2,6	0,6	4,0	45,1
vlj-14	12,4	7,4	509	7,6	228	0,01	88,5	4,1	2,9	0,7	5,7	49,5
ožu-14	12,8	7,8	603	7,1	249	<0,01	107,5	8,4	2,8	0,7	5,8	110,6
tra-14	13,2	7,3	633	7,4	202	0,01	111,5	10,7	2,9	0,9	5,8	109,8
svi-14	13,7	7,3	703	7,1	237	0,08	142,2	10,1	2,3	0,8	5,1	146,6
lip-14	14,1	7,3	817	8,6	234	0,21	218	13,8	2,7	0,8	5,1	205,9
srp-14	14,3	7,4	766	7,5	229	0,05	164,1	12,1	2,8	0,9	4,6	155,5
kol-14	16,1	7,8	876	6,7	259	<0,01	173,1	15,3	2,9	0,8	4,1	181,8
ruj-14	14,4	7,2	623	6,8	240	0,19	106,2	8,1	2,5	0,9	3,6	97,4
lis-14	14,0	7,2	769	7,1	187,88	0,13	114,8	11,1	2,6	0,7	4,6	162
stu-14	13,8	7,4	588	7,5	256	0,05	86,4	7,9	2,6	0,7	11,3	66,4
pro-14	13,3	7,2	719	7,4	194	0,01	39,8	2,7	2,0	0,5	4,8	22,9
ožu-15	12,5	7,3	530	7,6	200	0,04	86,9	6,4	2,2	0,6	3,4	84,5
lip-15	14,1	7,4	914	8,4	232	0,12	168,7	15,9	1,4	1,1	2,9	317,1
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	5,7											
pro-13	3,1											
sij-14	4,9	<0,001	13	<2	3	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	4,7	0,002	<2	6	5	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	5,2	<0,001	61	31	5	0,8	2	<5	0,5	<2	<10	<5
tra-14	4,6	<0,001	<2	5	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	6,6	0,004	13	8	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	6,4	0,001	13	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	7,8	<0,001	39	<2	<2	<0,1	22	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	5,7	<0,001	9	<2	<2	<0,1	8	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	6,7	0,002	25	8	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	4,5	0,002	<2	16	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,8	<0,001	2	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	5,2	0,002	10	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	4,3	0,005	40	8	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	3,6	0,002	<2	7	2	0,1	2	<2	<0,1	<2	<10	<5

Staševica uzvodno												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	16,6	7,7	954		234	<0,01	167,5	18	2,7	0,9	5,5	314,5
pro-13	11,7	7,8	500	11,0	246	<0,01	113,3	2,5	2,2	0,5	3,7	71,3
sij-14	11,4	8,2	325	13,0	204	<0,01	69,3	2,5	2,3	0,4	3,7	12,3
vlj-14	12,5	7,8	361	8,9	187	<0,01	67,1	3,4	2,4	0,5	10,4	14,8
ožu-14	13,0	7,7	494	9,2	223	0,01	93,4	5,6	2,6	0,6	5,1	79,9
tra-14	14,2	7,8	526	8,8	195	0,02	95,6	10	2,6	0,8	6,2	96,5
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	6,2											
pro-13	1,3											
sij-14	2,3	<0,001	10	<2	6	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	2,6	0,003	<2	9	6	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	4,4	<0,001	24	30	8	0,05	2	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	4,6	0,005	2	10	10	0,05	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5

Staševica nizvodno												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	15,7	7,7	962		240	<0,01	171,6	18,5	2,8	0,9	5,9	327,5
pro-13	11,6	7,8	499	9,6	246	<0,01	113,1	10,5	2,2	0,5	3,7	70,4
sij-14	11,4	8,2	326	12,6	196	<0,01	61,1	2,0	2,4	0,4	3,9	12,3
vlj-14	12,6	7,7	362	7,4	183	<0,01	67,2	3,5	2,5	0,5	12,8	15,0
ožu-14	12,8	8,1	493	8,8	237	0,03	89,2	6,2	2,6	0,6	5,4	71,5
tra-14	14,3	7,8	524	8,5	195	0,01	96,8	8,1	2,6	0,7	6,4	96,7
svi-14	14,9	7,6	568	7,9	222	<0,01	94,4	11,3	2,2	0,7	4,3	87,8
lip-14	16,1	7,8	737	7,7	199	0,01	261,9	12,7	2,8	0,8	4,3	216,0
srp-14	16,9	7,9	506	9,1	217	0,35	142,4	7,3	2,9	0,9	4,3	78,4
kol-14	17,0	7,9	779	7,4	235	0,22	103,6	13,5	3,8	1,1	27,6	95,1
ruj-14	15,0	7,6	489	8,3	219	0,12	99,8	5,6	2,2	0,8	3,0	35,6
lis-14	13,5	7,7	712	8,7	151,28	0,1	106,5	9,5	2,9	0,8	4,8	177,1
stu-14	13,3	7,7	444	7,8	256	0,05	72,5	4,3	3,4	1,2	5,4	33,2
pro-14	11,6	7,7	391	9,4	170	0,01	64,1	1,9	1,9	0,5	4,3	7,2
ožu-15	12,6	7,6	402	9,3	171	0,01	70,9	4,3	2,1	0,5	4,3	28,1
lip-15	18,4	7,9	824	6,7	244	0,11	159,0	5,4	2,1	1,2	6,3	292,3
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	5,8											
pro-13	3,9											
sij-14	2,0	<0,001	7	<2	5	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	2,6	0,004	<2	8	8	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	4,1	<0,001	5	30	9	<0,1	2	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	4,6	0,005	2	13	10	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	4,5	0,008	31	9	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	4,3	0,010	5	2	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	3,3	0,007	51	<2	<2	<0,1	9	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	5,3	0,006	9	<2	<2	0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	3,4	0,005	53	8	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	4,3	0,005	<2	21	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,7	0,002	4	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	1,8	<0,001	13	24	12	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	3,1	<0,001	51	10	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	3,4	0,010	<2	3	8	<0,1	2	<5	<0,1	<2	<10	<5

Klokun												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	16,1	7,6	725		237	0,01	162,8	12,5	2,3	0,8	6,8	236,5
pro-13	11,4	7,6	480	11,5	249	0,01	107,1	12,2	2,6	0,6	9,6	50,0
sij-14	11,8	8,2	353	10,5	232	0,01	76,8	2,4	2,6	0,6	4,4	10,3
vlj-14	12,6	7,3	351	7,8	185	0,02	76,1	2,0	2,6	0,5	5,0	25,6
ožu-14	13,4	7,9	463	7,1	244	0,03	91,5	4,2	2,8	0,6	7,0	39,7
tra-14	14,0	7,5	480	6,6	186	0,01	104,6	5,4	2,8	0,8	11,4	64,4
svi-14	15,6	7,6	468	8,2	215	0,01	89,8	4,9	2,3	0,6	5,4	41,8
lip-14	16,8	7,6	506	7,8	228	0,13	145,6	5,7	2,8	0,6	5,8	68,6
srp-14	16,1	7,7	541	7,1	212	0,01	146,3	7,7	2,7	0,9	5,3	87,9
kol-14	17,8	7,7	555	5,8	232	<0,01	151,7	7,4	3,3	0,9	4,7	92,3
ruj-14	15,9	7,5	473	7,0	209	<0,01	97,7	5,0	2,4	0,7	3,4	29,1
lis-14	15,3	7,6	534	8,0	161,04	0,34	92,7	5,0	2,8	0,6	4,8	68,0
stu-14	14,0	7,5	491	7,2	267	0,11	78,3	6,4	2,7	1,1	5,6	57,9
pro-14	13,4	7,4	420	7,0	181	0,04	83,9	2,4	2,6	0,7	4,0	5,7
ožu-15	12,7	7,6	402	9,1	169	0,01	72,3	3,6	2,4	0,6	4,0	17,8
lip-15	14,5	7,5	543	7,5	229	0,22	103,8	6,9	1,6	6,7	3,4	133,1
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	4,8											
pro-13	3,0											
sij-14	2,9	0,088	24	<2	3	0,4	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	2,0	<0,001	4	5	5	0,05	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	4,3	<0,001	39	29	5	0,05	2	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	4,5	<0,001	25	16	6	0,05	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	3,2	0,002	21	8	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	5,1	0,005	23	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	4,9	0,001	47	<2	<2	<0,1	13	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	3,9	<0,001	10	<2	<2	<0,1	20	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	3,2	0,003	13	9	<2	0,1	<2	<5	0,1	<2	<10	<5
lis-14	3,8	0,008	4	16	2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,4	<0,001	4	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	1,1	0,001	58	20	10	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	2,9	<0,001	54	9	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	3,1	<0,001	3	7	4	<0,1	3	<2	<0,1	<2	<10	<5

Čeveljuša												
Mj-god	T °C	pH	EC μS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	14,8	7,4	740	5,9	233	<0,01	120,3	12,8	2,2	0,7	5,9	180,5
pro-13	12,0	7,7	453	10,1	232	<0,01	109,1	8,4	2,4	0,6	3,6	62,6
sij-14	12,0	8,0	373	10,6	232	0,01	78,3	2,6	22,8	0,6	36,5	16,9
vlj-14	12,5	7,5	360	7,0	193	0,08	78,5	1,9	12,8	0,5	23,9	21,7
ožu-14	13,2	7,3	428	8,4	227	<0,01	96,6	4,1	2,6	0,5	35,0	34,7
tra-14	13,7	7,6	496		205	<0,01	96,1	5,8	3,0	0,6	6,9	34,6
svi-14	14,6	7,5	450	8,8	207	0,05	98,5	4,8	2,3	0,6	9,1	35,8
lip-14	14,4	7,5	533	7,2	221	0,16	146,8	6,5	3,0	0,6	12,3	79,3
srp-14	14,5	7,5	602	6,4	231	0,01	148,5	8,8	3,3	1,3	5,9	98,5
kol-14	15,5	7,5	575	5,1	229	<0,01	157,3	8,8	3,2	0,7	9,1	108,6
ruj-14	15,5	7,4	449	7,0	211	0,01	96,2	5,0	24,0	0,9	6,1	24,6
lis-14	15,1	7,4	548	5,8	164,7	0,35	89,8	5,7	2,7	0,6	5,0	74,8
stu-14	14,4	7,4			239	0,01	83,7	7,2	23,5	0,8	30,1	57,9
pro-14	13,8	7,1	442	6,4	196	0,1	77,8	2,7	2,6	0,7	4,2	6,6
ožu-15	12,1	7,7	373	10,6	163	0,01	66,7	3,4	2,2	0,4	9,4	14,7
lip-15	14,0	7,5	553	6,5	216	0,32	111,6	7,8	2,7	0,9	14,4	141,0
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe μg/l	Mn μg/l	Cu μg/l	F μg/l	Zn μg/l	Cr μg/l	Br μg/l	Co μg/l	Pb μg/l	Cd μg/l
ruj-13	6,0											
pro-13	1,8											
sij-14	1,6	<0,001	8	<2	4	<0,1	<2	<5	0,1	1	<10	<5
vlj-14	1,3	0,002	<2	3	4	<0,1	<2	<5	0,1	1	<10	<5
ožu-14	3,3	0,001	68	33	5	0,5	4	<5	0,3	1	<10	<5
tra-14	4,3	0,003	5	10	5	<0,1	<2	<5	<0,1	1	<10	<5
svi-14	1,6	0,002	2	5	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	5,6	0,005	<2	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	4,9	<0,001	44	<2	<2	<0,1	15	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	3,4	<0,001	12	<2	<2	<0,1	4	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	1,2	<0,001	15	9	<2	<0,1	<2	<5	0,1	<2	<10	<5
lis-14	3,9	0,004	<2	13	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,6	<0,001	<2	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	1,3	0,001	30	15	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	1,0	0,005	54	5	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	6,1	<0,001	<2	5	2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5

Mandina mlinica - kaptaža												
Mj-god	T °C	pH	EC μS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
sij-14	13,6	8,0	393	10,0	227	0,02	66,7	4,8	8,3	0,5	15,3	10,1
vlj-14	13,6	7,5	385	9,3	190	0,03	68,6	3,8	7,8	0,5	22,4	11,5
ožu-14	13,4	7,5	424	7,2	189	<0,01	80,6	4,4	25,7	0,9	48,3	17,3
tra-14	13,5	7,7	462		186	0,12	88,3	5,7	15,6	1,1	33,3	29,1
svi-14	13,6	7,6		8,8	211	<0,01	84,2	4,7	13,6	1,0	34,8	15,4
lip-14	13,7	7,7	454	9,7	198	0,29	103,7	5,9	11,5	0,9	17,1	27,5
srp-14	14,1	7,7	478	8,3	218	0,08	92,6	7,7	5,5	0,7	17,1	47,5
kol-14	14,2	7,6	467	7,1	240	<0,01	73,7	7,9	8,0	0,9	23,3	25,3
ruj-14	14,1	7,5	506	7,7	237	<0,01	94,3	6,8	30,0	1,3	43,8	20,6
lis-14	13,8	7,4	546	8,1	146,4	0,23	49,9	4,1	19,5	0,6	26,6	26,8
stu-14	13,6	7,4			267	0,08	51,2	8,5	16,9	3,6	25,5	46,2
pro-14	13,8	7,3	444	8,3	179	0,03	79,9	5,9	15,5	0,5	26,4	10,2
ožu-15	13,4	7,5	517	9,5	155	0,01	64,6	6,2	32,0	1,2	70,1	11,3
lip-15	14,1	7,5	492	7,2	231	0,15	95,6	7,4	31,9	0,9	111,5	96,0
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe μg/l	Mn μg/l	Cu μg/l	F μg/l	Zn μg/l	Cr μg/l	Br μg/l	Co μg/l	Pb μg/l	Cd μg/l
sij-14	1,7	0,036	3	<2	4	0,5	<2	2,5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	1,3	<0,001	<2	5	5	0,2	<2	2,5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	2,8	0,001	39	15	4	<0,1	4	2,5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	3,7	<0,001	<2	11	4	<0,1	<2	2,5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	2,0	0,003	15	10	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	2,3	0,005	8	<2	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	3,0	<0,001	31	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	2,9	<0,001	9	<2	<2	<0,1	28	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	2,2	0,002	15	11	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	0,1	0,001	<2	25	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,4	<0,001	<2	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	1,7	<0,001	9	3	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	0,6	0,006	43	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	1,9	0,004	<2	3	2	<0,1	4	<5	<0,1	<2	<10	<5

Mandina mlinica izvor												
Mj-god	T °C	pH	EC μS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	17,4	7,7	20000	7,9	210	<0,01	178,7	76,0	6851,0	163,6	11940,0	140,0
pro-13	13,3	7,6	9740	9,7	227	<0,01	111,7	38,1	1655,0	55,8	2760,0	93,0
pro-14	13,6	7,33	2030	9,6	188	<0,01	98,8	30,0	259,4	9,0	478,0	68,2
ožu-15	12,7	7,68	16300	10,1	140	<0,01	123,5	350,0	2596,0	105,0	5650,0	504,0
lip-15	14,6	7,84	27000	6,4	210	0,02	170,7	242,3	5292,0	300,0	8820,0	
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe μg/l	Mn μg/l	Cu μg/l	F μg/l	Zn μg/l	Cr μg/l	Br μg/l	Co μg/l	Pb μg/l	Cd μg/l
ruj-13	0,5											
pro-13	<0,1											
pro-14	2,2	<0,001	9	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	<0,1	0,004	<2	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15		0,006	<2	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5

Strimen												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	15,2	7,4	3380	5,3	251	<0,01	157,1	24,5	499,3	16,8	892,0	258,0
pro-13	11,8	7,6	465	8,8	239	<0,01	111,2	8,4	3,3	0,7	7,2	40,6
sij-14	11,3	8,0	391	9,1	242	0,01	77,9	3,1	7,1	0,9	14,1	14,6
vlj-14	12,2	7,7	507	9,98	196	<0,01	80,8	3,8	27,3	1,4	55,2	15,3
ožu-14	13,2	7,5	458	7,8	222	0,03	87,5	4,7	4,2	0,6	7,8	44,3
tra-14	13,7	7,7	509	8,56	199	0,02	95,9	7,6	3,6	0,7	7,3	67,7
svi-14	14,0	7,6	464	7,7	229	0,06	88,2	4,5	3,1	0,9	6,9	33,5
lip-14	14,3	7,5	648	7,16	221	0,16	154,8	8,9	8,1	0,8	16,8	93,6
srp-14	14,5	7,4	1949	4,8	242	0,54	132,6	29,2	229,4	7,3	412,0	123,6
kol-14	14,9	7,4	999	4,4	253	0,04	132,8	13,9	70,9	2,9	117,0	129,6
ruj-14	15,0	7,5	465	6,8	220	0,11	99,3	5,4	2,2	0,8	4,7	21,6
lis-14	14,6	7,5	679	5,8	147,62	<0,01	95,4	6,7	11,6	1,1	13,9	105,2
stu-14	14,4	7,6	616		265	0,09	111,1	8,9	3,4	1,0	5,0	123,0
pro-14	13,5	7,2	439	6,5	195	0,08	92,9	2,9	3,2	0,9	5,7	8,1
ožu-15	12,6	7,6	402	9,3	171	<0,01	79,1	5,8	1,9	0,5	3,7	52,8
lip-15	14,2	7,5	831	6,4	243	0,02	130,6	5,3	19,2	2,2	51,3	135,8
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	4,4											
pro-13	6,1											
sij-14	2,2	<0,001	39	<2	6	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	2,1	0,002	<2	6	8	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	3,8	<0,001	16	41	8	<0,1	2	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	4,4	0,003	<2	2	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	2,6	<0,001	14	7	3	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	4,3	0,005	<2	<2	3	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	2,9	0,003	38	<2	<2	<0,1	4	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	4,0	<0,001	9	<2	<2	<0,2	7	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	2,8	0,003	37	12	<2	<0,3	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	3,3	0,004	<2	20	2	<0,4	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	4,6	<0,001	2	4	<2	<0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	1,9	<0,001	39	17	8	<0,6	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	4,8	<0,001	59	10	<2	<0,7	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	5,7	0,004	<2	4	4	<0,8	2	<2	<0,1	<2	<10	<5

Modro oko												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	17,6	7,5	902	5,7	229	<0,01	145,0	16,4	2,9	0,8	9,4	219,4
pro-13	11,8	7,6	471	9,07	229	<0,01	110,2	4,8	3,4	0,8	6,3	47,4
sij-14	11,0	8,0	352	10,12	224	0,01	66,7	2,7	2,7	0,6	4,7	10,2
vlj-14	12,0	7,8	343	9,3	190	0,05	67,6	2,1	2,9	0,6	7,6	12,3
ožu-14	13,3	7,8	461	8,5	218	<0,01	88,6	5,1	4,0	0,6	9,4	42,6
tra-14	13,8	7,8	524	9,59	190	<0,01	106,4	8,3	2,9	0,7	6,2	78,5
svi-14	14,5	7,6	473	8,4	210	<0,01	89,4	5,2	2,5	0,6	5,7	44,9
lip-14	13,4	7,7	643	8,82	209	<0,01	196,3	10,3	3,4	0,8	8,1	145,4
srp-14	16,6	7,7	602	7,6	229	0,5	150,0	9,6	3,2	1,7	8,8	114,7
kol-14	16,9	7,7	653	6,3	234	0,23	92,8	10,9	4,6	0,8	8,0	105,3
ruj-14	15,4	7,5	467	7,1	209	0,02	60,1	1,9	1,1	0,5	4,3	26,5
lis-14	15,4	7,6	651	7,5	126,88	0,18	82,6	6,5	2,6	0,6	5,7	132,0
stu-14	14,4	7,5	568		242	0,08	89,0	7,3	2,8	0,8	5,1	103,0
pro-14	13,3	7,2	415	7	184	0,06	61,4	2,1	1,8	0,6	5,6	8,1
ožu-15	12,0	7,5	398	9,4	173	0,04	69,4	3,9	22,9	0,4	46,2	24,7
lip-15	16,1	7,6	722	7,7	254	0,1	122,2	14,2	3,4	1,1	14,0	226,3
	NO ₃ - mg/l	NO ₂ - mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	4,6											
pro-13	5,2											
sij-14	2,1	0,005	68	2	4	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	1,4	0,001	<2	5	7	0,2	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	3,6	0,004	44	37	5	0,6	4	<5	0,3	<2	<10	<5
tra-14	4,3	<0,001	<2	3	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	2,9	0,004	13	5	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	5,6	0,005	17	<2	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	4,1	0,001	55	<2	<2	<0,1	13	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	4,0	0,006	9	<2	<2	0,1	15	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	2,5	<0,001	22	12	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	4,0	0,008	2	22	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,7	<0,001	<2	4	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	2,0	<0,001	6	20	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	1,8	0,004	53	5	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	3,3	0,004	<2	6	4	<0,1	4	<2	<0,1	<2	<10	<5

Prud												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
pro-13	12,7		638	9,2	276	<0,01	119,4	11,8	9,1	1	16,4	104,8
sij-14	12,9	7,7	542	9,05	275	0,03	92,5	5,8	10,4	0,8	19,4	47,1
vlj-14	13,2	7,1	525	10,7	244	<0,01	92,5	4,1	9,9	0,8	20,2	31,1
ožu-14	13,6	7,2	624	7,7	234	0,01	96,3	7,9	15,0	0,9	19,8	88,7
tra-14	13,6	7,3	668	7,36	213	0,01	113,9	10,3	11,5	1,1	25	107
svi-14	13,7	7,2	679	7,9	271	0,01	109,8	10	14,9	0,9	22	101,9
lip-14	13,7	7,3	744	8,23	267	0,07	201,8	12,4	8,7	0,9	17,6	166,8
srp-14	13,9	7,2	741	7,6	240	0,55	160,3	12,8	11,1	0,9	20,6	151,8
kol-14	14,1	7,2	781	7,7	242	0,36	163,7	13,8	10,3	1,7	6,3	160,2
ruj-14	14,0	7,1	671	6,9	270	0,11	74,5	4,1	9,9	0,6	12,2	84,9
lis-14	14,0	7,2	748	5,6	195,2	0,06	90,3	4,5	4,8	0,6	14,5	167,8
stu-14	13,8	7,3	726	6,1	254	0,2	99,6	11,4	8,1	1,2	12,4	170,2
pro-14	13,6	7,0	569	7,5	203	0,1	96,8	5,7	7,5	0,8	17,1	37,9
ožu-15	12,8	7,1	574	7,9	205	0,05	92,1	6,5	8,1	2,1	17,8	62,9
lip-15	13,9	7,1	772	8,4	245	0,07	130,4	5,4	5,2	1,6	31,4	215,6
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
pro-13	4,4											
sij-14	5,7	0,001	10	<2	5	0,6	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	5,2	0,002	<2	5	8	0,6	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	3,9	<0,001	18	38	5	<0,1	2	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	4,8	<0,001	20	14	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	5,1	<0,001	8	3	3	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	5,6	0,002	<2	<2	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	5,4	<0,001	34	<2	<2	<0,1	4	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	6,3	0,004	8	<2	<2	0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	3,2	0,021	25	8	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	4,1	0,001	8	27	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	4,4	0,01	4	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	4,2	<0,001	44	22	12	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	3,9	<0,001	53	9	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	4,4	0,002	<2	2	4	<0,1	4	<5	<0,1	<2	<10	<5

Tunel ulaz - T2												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	17,8	8,3	662	14,4	214	<0,01	140,2	11,1	2,2	0,7	5,5	186,4
pro-13	10,2	8,2	500	9,5	245	<0,01	108,3	15,6	2,3	0,6	3,2	64,6
sij-14	11,2	8,3	325	9,9	217	0,01	70,4	2,3	2,5	0,5	4,6	11,6
vlj-14	12,6	7,9	330	8,8	181	<0,01	70,6	2,0	2,5	0,6	4,6	18,9
ožu-14	12,9	8,2	409	10,1		<0,01	89,2	6,1	2,6	0,6	5,8	77,3
tra-14	14,8	8,3	516	8,6	181	<0,01	94,8	8,2	2,7	0,7	8,9	98,9
svi-14	19,3	8,3	518	7,7	214	<0,01	91,2	6,9	2,1	0,7	3,9	81,6
lip-14	18,3	8,3	619	13,2	212	0,01	161,4	9,8	2,7	0,8	4,4	135,7
srp-14	17,2	8,1	506	8,7	211	0,54	142,3	7,2	2,8	0,8	6,3	84,9
kol-14	20,5	8,3	521	14,3	210	0,01	98,2	7,6	3,5	0,9	5,4	88,1
ruj-14	15,3	7,9	480	8,5	216	0,09	99,3	5,4	2,2	0,8	2,7	28,0
lis-14	15,0	8,1	496	11,0	167,14	0,03	85,6	4,0	2,9	0,7	4,8	49,6
stu-14	13,5	7,8	431	7,6	231	0,05	70,4	4,4	2,5	1,4	4,7	35,6
pro-14	10,9	7,7	392	8,7	176	0,01	75,6	2,4	2,3	0,7	4,0	6,5
ožu-15	12,9	8,0	397	11,0	171	<0,01	70,4	4,1	1,9	0,4	4,2	25,4
lip-15	23,8	8,1	423	8,9	184	0,15	84,9	4,6	1,4	1,7	6,7	106,8
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	4,6											
pro-13	3,5											
sij-14	2,1	<0,001	3	<2	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	2,0	0,004	<2	6	13	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	5,7	<0,001	13	46	10	<0,1	12	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	4,1	<0,001	29	16	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	2,9	0,007	19	17	3	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	3,9	0,008	7	2	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	3,6	0,006	43	<2	<2	<0,1	4	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	2,7	0,002	8	<	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	2,5	0,001	37	12	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	3,8	<0,001	<2	22	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,1	<0,001	2	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	1,5	0,002	45	22	10	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	2,7	<0,001	56	9	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	1,2	0,002	<2	<2	4	<0,1	<2	<2	<0,1	<2	<10	<5

Crniševo jezero												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
3 m	10,8	8,22	2820			<0,01	118,0	32,3	247,1	18,9	538,0	98,9
11 m	10,7	8,22	2820		189	0,03	113,1	34,1	257,7	19,9	541,0	110,7
17 m	10,8	8,24	2840		189	0,02	114,6	31,2	242,2	18,8	525,0	97,7
23 m	11,5	8,32	3510		193	0,01	108,8	30,4	274,9	26,4	519,0	104,5
3 m	9,2	8,39	952	0,6	214	<0,01	79,1	11,5	80,0	3,5	167,0	42,2
11 m	10,2	7,88	2566	0,6	212	<0,01	79,0	20,7	211,6	8,2	374,0	76,6
17 m	10,4	7,70	3150	0,3	215	<0,01	81,6	22,1	247,0	9,3	467,0	95,5
23 m	10,1	7,75	3530	0,3	214	<0,01	75,5	17,4	154,6	6,1	261,0	56,2
3 m	13,4	8,34	644	10,1	184	<0,01	76,0	6,4	49,9	2,3	127,5	24,4
11 m	11,1	8,35	1289	9,6	196	<0,01	83,5	14,5	120,9	4,8	252,0	47,7
17 m	11,3	8,46	1135	9,6	204	<0,01	90,4	28,7	101,6	9,4	209,0	65,2
23 m	11,3	8,02	2210	7,8	190	<0,01	88,5	19,6	262,1	10,8	407,0	73,8
3 m	12,7	8,539	614		187	<0,01	80,3	7,6	44,7	2,2	99,0	29,3
11 m	9,8	7,731	2086		192	<0,01	84,5	15,8	113,2	5,1	192,0	45,4
17 m	10,4	7,533	2903		200	<0,01	87,3	26,5	216,4	8,9	408,0	77,4
23 m	10,4	7,531	3119		198	<0,01	87,3	23,2	284,6	7,8	461,0	68,9
3 m	15,3	8,394	721	15,1	153	0,01	89,8	9,9	64,1	3,0	129,0	34,9
11 m	10,1	7,704	2109	8,4	162	0,01	84,7	16,4	149,7	5,2	237,0	47,1
17 m	10,4	7,437	2845	2,8	165	0,01	86,1	28,9	251,9	9,3	425,0	63,2
23 m	10,4	7,354	3130	0,6	158	0,04	82,9	23,1	190,1	7,3	329,0	51,9
3 m	21,8	8,256	971	6,8	184	0,06	82,4	13,9	93,1	9,1	191,0	33,4
11 m	11,9	7,689	2527	8,6	220	<0,01	87,2	27,4	177,5	13,9	530,0	56,8
17 m	10,9	7,367	3033	8,1	217	0,11	90,7	37,7	244,4	16,5	649,0	79,0
23 m	10,6	7,338	3322	6,2	220	0,07	91,8	44,5	308,3	21,4	656,0	95,9
3 m	22,8	8,247	1194	7,0	198	0,01	129,9	18,2	129,5	7,2	245,0	47,6
11 m	12,5	7,708	2584	7,8	212	0,02	143,4	33,9	309,2	12,7	430,0	80,3
17 m	11,1	7,381	2944	7,7	239	<0,01	151,4	35,7	334,9	13,7	582,0	92,4
23 m	10,4	7,352	3312	7,9	199	<0,01	150,9	36,1	331,8	13,7	581,0	90,9
3 m	25,7	8,23	1395	8,5	193	<0,01	74,5	25,5	181,2	7,3	296,0	60,9
11 m	20,5	8,12	2160	9,8	225	<0,01	85,3	42,8	315,4	12,4	527,0	64,9
17 m	20,2	8,01	2220	9,1	244	<0,01	91,2	54,9	393,8	15,3	685,0	84,9
23 m	18,6	7,95	2460	9,0	222	0,47	87,4	46,5	344,0	13,6	583,0	82,6
3 m	26,9	8,22	1799		171	<0,01	73,1	29,1	226,6	9,9	449,0	83,3
11 m	14,2	7,59	3011		210	<0,01	98,9	43,9	358,7	14,5	705,0	107,8
17 m	11,2	7,44	3008		193	<0,01	98,5	43,5	344,8	14,5	658,0	1,6,4
23 m	10,9	7,19	7183		190	<0,01	109,6	45,6	355,8	15,4	712,0	124,9
3 m	20,8	8,291	2002		194	<0,01	89,8	33,8	274,5	14,6	502,0	83,0
11 m	15,5	7,585	3134		176	0,14	91,4	35,1	287,4	15,1	507,0	93,2
17 m	11,3	7,484	3021		182	0,01	97,7	49,6	500,0	19,9	741,0	116,7
23 m	10,9	7,314	4212		176	0,07	101,3	91,2	553,0	22,0	703,0	121,1
3 m	16,6	8,29	2600	8,1	140,3	0,15	76,8	44,5	506,6	15,9	721,7	122,6
11 m	15,9	7,79	3200	5,1	136,64	0,09	67,1	42,5	611,7	14,1	1021,6	178,5
17 m	14,6	7,63	3300	3,7	202,52	0,16	84,3	60,5	399,0	21,6	852,6	164,5
23 m	14,5	7,28	5500	2,8	197,64	0,37	81,8	65,1	839,0	35,1	1500,0	292,5
3 m	15,8	8,39	2648	32,0	222	0,07	75,2	32,4	260,2	9,7	470,0	59,9
11 m	13,8	7,53	3497	3,1	209	0,04	77,5	54,4	429,5	15,7	884,0	152,6
17 m	12,8	7,45	3779	-0,1	194	0,08	79,4	63,4	459,6	18,2	778,0	100,6
23 m	11,7	7,38	4337	-0,1	196	0,04	78,9	57,9	445,9	16,9	803,0	152,8
3 m	11,7	8,13	1719	23,9	240	0,03	90,9	31,2	223,2	9,1	363,0	78,1
11 m	13,8	7,49	3466	6,1	256	0,07	93,0	36,1	254,3	10,4	418,0	88,6
17 m	13,6	7,42	3800	0,1	261	0,07	91,7	34,4	241,8	9,8	387,0	83,1
23 m	12,4	7,39	3903	0,1	262	0,06	89,4	31,5	223,2	9,1	362,0	77,4
3 m	9,9	8,24	1398	9,8	215	<0,01	81,2	21,4	144,5	6,3	315,0	60,0
11 m	8,7	8,116	1492	9,5	213	0,01	82,3	22,5	151,4	6,3	330,0	64,6
17 m	9,7	7,459	2960	8,3	222	0,04	85,7	28,3	192,4	7,9	375,0	85,2
23 m	10,0	7,42	3320	8,3	212	0,04	87,2	27,8	188,6	7,6	405,0	69,8
3 m	26,2	8,211	1640	7,7	204	0,05	89,6	29,4	186,2	19,2	410,0	79,7
11 m	18,1	8,058	2168	20,0								
17 m	14,9	7,48	2650	3,3								
23 m	14,4	7,348	3046	-9,0								

Crniševo jezero												
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
3 m	6,5											
11 m	0,2											
17 m	0,4											
23 m	1,4											
3 m	1,5	0,050	9	2,0	6	<0,1	2	6	1,3	<2	<10	<5
11 m	1,2	0,011	7	2,0	5	0,6	2	5	1,6	<2	<10	<5
17 m	1,1	0,023	3	2,0	6	0,9	2	6	2,0	<2	<10	<5
23 m	1,3	0,002	9	<2	5	0,5	2	5	1,4	<2	<10	<5
3 m	1,1	0,004	<2	3,0	2	<0,1	<2	<5	0,5	<2	<10	<5
11 m	1,3	0,002	<2	3,0	6	<0,1	<2	<5	0,7	<2	<10	<5
17 m	1,3	0,005	<2	2,0	5	<0,1	<2	<5	1,3	<2	<10	<5
23 m	1,3	0,005	<2	2,0	6	<0,1	<2	<5	1,4	<2	<10	<5
3 m	1,5	0,004	23	27,0	3	0,5	8	<5	0,3	<2	<10	<5
11 m	1,4	<0,001	11	29,0	6	0,5	8	<5	0,3	<2	<10	<5
17 m	1,5	<0,001	29	32,0	5	0,5	12	<5	0,4	<2	<10	<5
23 m	1,5	0,004	46	31,0	6	0,6	14	<5	0,4	<2	<10	<5
3 m	2,4	0,002	33	34,0	4	0,3	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
11 m	1,3	0,002	45	41,0	6	0,2	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
17 m	2,2	0,005	13	39,0	6	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
23 m	1,7	<0,001	12	41,0	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
3 m	1,0	0,003	7	9,0	4	<0,1	<2	<5	0,1	<2	<10	<5
11 m	1,0	0,008	10	11,0	6	<0,1	<2	<5	0,1	<2	<10	<5
17 m	1,0	0,009	14	14,0	6	<0,1	<2	<5	0,1	<2	<10	<5
23 m	1,0	0,008	19	18,0	8	<0,1	<2	<5	0,1	<2	<10	<5
3 m	1,9	0,002	32	15,0	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
11 m	1,7	0,008	17	18,0	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
17 m	1,9	0,013	19	20,0	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
23 m	1,9	0,008	19	26,0	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
3 m	0,6	<0,001	17	0,4	1,9	<0,1	8,1	0,6	0,1	0,03	<0,1	<0,05
11 m	0,3	<0,001	14	0,2	1,4	<0,1	3,9	0,6	0,1	<0,02	<0,1	<0,05
17 m	<0,1	0,001	<10	4,2	1,2	<0,1	5,9	0,6	0,1	<0,02	<0,1	<0,05
23 m	1,5	0,016	20	3,5	1,7	<0,1	2,3	0,7	0,1	0,03	<0,1	<0,05
3 m	1,9	<0,001	16	<	<2	0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
11 m	2,0	<0,001	18	<	<2	0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
17 m	1,4	<0,001	19	<	<2	0,1	6	<5	<0,1	<2	<10	<5
23 m	1,4	<0,001	20	<	<2	0,1	2	<5	<0,1	<2	<10	<5
3 m	1,8	0,005	32	15,0	<2	0,1	2	<5	<0,1	<2	<10	<5
11 m	1,9	0,001	30	15,0	<2	0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
17 m	2,1	0,003	36	20,0	<2	0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
23 m	2,0	0,002	39	20,0	<2	0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
3 m	0,1	0,03	<2	20,0	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
11 m	0,5	0,011	<2	26,0	6	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
17 m	0,1	0,004	<2	35,0	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
23 m	0,1	0,003	14	65,0	2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
3 m	0,1	0,005	<2	4,0	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
11 m	0,1	0,006	<2	4,0	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
17 m	0,1	<0,001	<2	6,0	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
23 m	0,1	<0,001	5	8,0	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
3 m	0,4	0,001	<10	0,1	1,7	<0,1	3	<0,5	<0,1	<0,02	<0,1	<0,05
11 m	0,9	0,007	<10	0,3	1,9	<0,1	3	0,6	<0,1	0,03	<0,1	<0,05
17 m	1,5	0,009	<10	2,1	1,1	<0,1	4,9	0,6	<0,1	<0,02	<0,1	<0,05
23 m	0,9	0,018	<10	0,5	1,5	<0,1	6,7	0,6	<0,1	<0,02	<0,1	<0,05
3 m	0,5	0,005	29	18,0	<2	0,6	<2	<5	0,2	<2	<10	<5
11 m	0,6	0,061	54	19,0	<2	0,6	<2	<5	0,2	<2	<10	<5
17 m	1,3	0,039	38	28,0	<2	0,6	<2	<5	0,2	<2	<10	<5
23 m	9,1	0,067	54	28,0	<2	0,6	<2	<5	0,1	<2	<10	<5
3 m		0,006	<2		2	0,1	2	<2	0,1	<2	<10	<5
11 m												
17 m												
23 m												

Mindel												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	14,9	7,4	17000	2,7	223	0,01	128,4	76,0	4571,0	111,6	7165,0	855,0
pro-13	13,8	7,3	2680	6,9	270	<0,01	148,9	31,2	375,0	15,4	663,0	103,3
sij-14	10,1	8,7	614	11,8	215	<0,01	67,0	8,5	59,9	2,5	111,0	24,3
vlj-14	12,0	7,7	566	7,3	189	0,01	67,4	5,5	44,6	1,9	60,9	21,5
ožu-14	13,9	7,4	2350	5,0	257	0,01	107,2	35,3	308,5	12,9	566,0	93,7
tra-14	14,2	7,0	5464	2,4	220	0,05	114,9	103,9	929,2	22,4	1532,0	199,9
svi-14	14,3	7,1	1930	3,7	377	0,03	102,6	28,2	191,5	20,2	420,0	50,3
lip-14	14,3	7,2	16330	2,8	250	0,19	189,2	82,2	3031,0	114,7	5280,0	440,0
srp-14	14,5	7,2	2150	1,4	255	0,07	151,5	34,1	285,0	19,4	502,0	61,9
kol-14	14,8	7,3	11800	3,5	276	0,04	102,1	123,0	1773,0	12,5	3670,0	330,0
ruj-14	14,7	7,1	1280	3,7	258	0,03	108,5	16,8	127,4	7,9	253,0	35,9
lis-14	15,7		29800	1,7	226,92	0,18	186,7		5080,0	205,6	9000,0	89,8
stu-14	14,8	8,1	1677	8,4	166	0,03	67,3	28,1	214,5	10,5	410,0	50,1
ožu-15	11,5	8,2	1200	10,7	177	0,06	78,1	18,8	123,5	6,3	246,0	52,4
lip-15	14,5	7,3	5860	5,3	242	0,1	104,6	163,8	274,2	1,4	790,0	297,5
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	0,2											
pro-13	5,2											
sij-14	2,3	0,006	6	<2	4	0,5	<2	6	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	1,2	0,002	<2	6	6	0,2	<2	<5	0,3	<2	<10	<5
ožu-14	3,1	0,005	48	38	5	<0,1	6	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	5,8	0,344	22	55	6	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	4,6	0,004	32	44	24	0,2	<2	<5	0,1	<2	<10	<5
lip-14	2,7	0,008	66	18	38	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	10,4	0,250	70	39	<2	<0,1	9	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	0,3	0,001	22	<2	<2	0,1	2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	6,8	0,124	39	32	<2	<0,1	12	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	0,1	0,067	22	39	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	1,0	0,009	16	4	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	0,8	0,037	70	32	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	9,8	0,040	10	27	10	0,1	16	<5	<0,1	<2	<10	<5

Oćuša izvor												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-14						0,19	98,6	2,3	3,0	0,5	3,7	4,7
lis-14	14,9	7,41	418	7,6	173	0,12	75,8	2,9	2,6	0,4	4,1	16,3
stu-14	14,3	7,72	433	7,4	249	0,22	73,4	3,1	2,7	0,5	5,1	50,6
pro-14												
ožu-15	14,2	7,38	393	16,2	184	<0,01	76,2	2,1	2,6	0,4	4,5	2,9
lip-15	14,9	7,60	384	9,9	342	0,04	88,3	2,8	1,4	0,9	11,9	71,9
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-14	0,9	0,004	23	10								
lis-14	2,1	<0,001	<2	18	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,7	0,002	<2	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14						<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	0,5	0,002	34	5	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	1,9	<0,001	<2	<2	2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5

Tunel izlaz - T3												
Mj-god	T °C	pH	EC µS/cm	O ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	PO ₄ -P mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
ruj-13	22,9	8,1	376		167	<0,01	66,1	5,9	5,6	0,7	16,8	58,1
pro-13	9,2	8,1	465	10,8	231	<0,01	100,1	10,8	9,1	0,8	15,1	37,6
sij-14	11,0	8,3	331	13,5	201	<0,01	68,4	2,2	2,6	0,5	5,1	11,3
vlj-14	12,4	8,1	323	9,9	182	<0,01	71,3	1,9	2,5	0,5	4,4	18,3
ožu-14	13,9	8,4	378	8,5	201	<0,01	81,8	3,2	4,4	0,6	17,1	26,9
tra-14	15,9	8,2	403	11,7	163	0,05	88,7	4,5	4,4	0,7	7,9	44,3
svi-14	21,8	8,1	459	9,9	210	<0,01	86,4	4,4	8,7	0,9	19,9	33,4
lip-14	23,0	8,1	438	10,7	174	<0,01	102,3	6,1	7,5	0,8	12,6	48,3
srp-14	25,3	8,1	445	10,2	177	0,43	82,1	6,1	14,3	0,9	22,9	54,6
kol-14	25,6	8,2	517	10,2	170	0,01	89,2	7,9	15,8	1,3	28,1	58,1
ruj-14	15,9	7,7	495	9,9	236	0,01	97,6	5,5	10,9	1,3	17,4	27,3
lis-14	15,6	7,9	551	9,7	137	<0,01	65,1	3,6	13,7	1,0	26,9	34,1
stu-14	14,8	8,1			218	0,1	74,6	5,6	16,6	1,2	23,5	38,6
pro-14	10,9	7,6	414	7,3	183	0,07	72,4	2,6	4,0	0,8	8,6	9,1
ožu-15	12,1	8,1	368	12,5	170	<0,01	65,8	3,2	2,8	0,5	6,8	17,9
lip-15	24,4	8,0	414	6,8	166	0,01	73,2	4,2	17,8	4,2	41,6	54,6
Mj-god	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	F µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Br µg/l	Co µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
ruj-13	1,6											
pro-13	2,7											
sij-14	2,2	<0,001	4	<2	6	0,5	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
vlj-14	1,4	0,004	<2	4	10	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-14	3,3	<0,001	11	44	10	<0,1	13	<5	<0,1	<2	<10	<5
tra-14	2,7	0,002	<2	12	8	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
svi-14	1,9	0,002	17	20	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-14	1,3	0,002	11	2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
srp-14	0,8	0,006	39	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
kol-14	0,5	<0,001	8	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ruj-14	1,5	0,006	15	14	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lis-14	1,0	0,046	<2	18	4	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
stu-14	3,2	0,022	2	<2	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
pro-14	1,6	0,006	43	29	11	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
ožu-15	1,3	0,002	52	8	<2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5
lip-15	0,5	<0,001	3	<2	2	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<10	<5

6.4.1.2. Rezultati analiza organskog ugljika i mikrobioloških pokazatelja

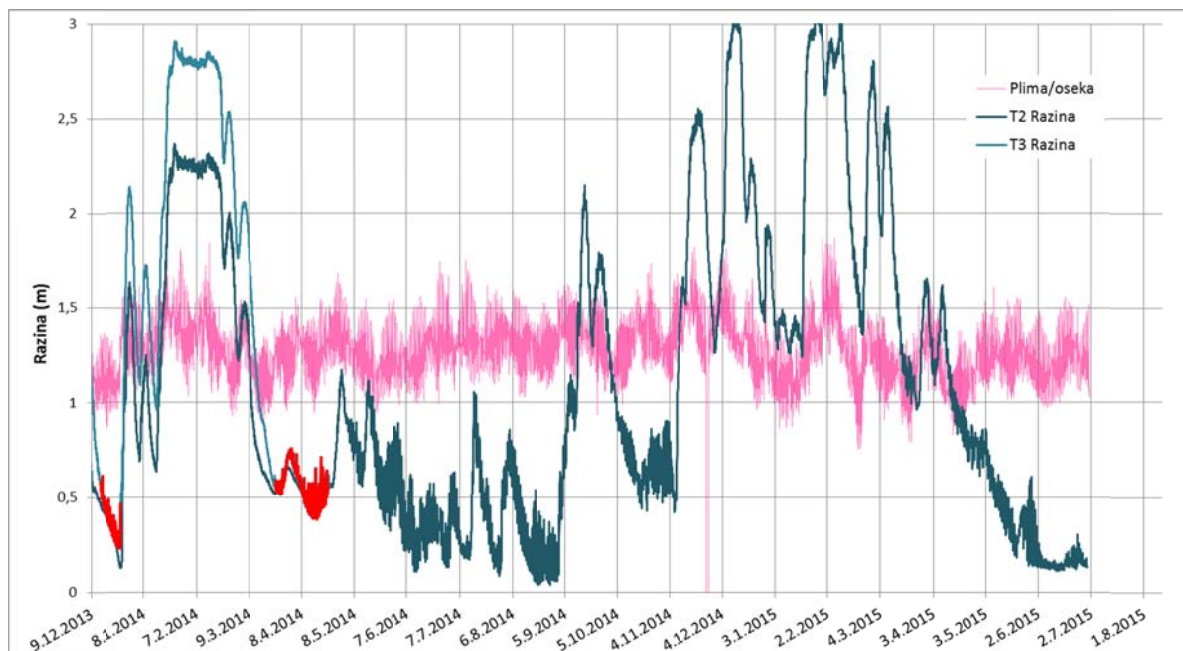
		TOC	DOC	Ukupni koliformi	Aerobne bakterije 37 °C	Aerobne bakterije 22 °C	Escherichia coli	Enterokoki
		mg/l C	mg/l C	n/100 ml	cfu/1 ml	cfu/1 ml	n/100 ml	cfu/100 ml
Butina	sij-13	0,75	0,44	> 201	63	180	5	6
	tra-14	1,19	0,69	0	12	17	0	0
	srp-14	1,00	0,50	8	5	7	3	0
	stu-14	0,64	0,50	41	11	38	4	0
Mandina mlinica kaptaza	sij-13	0,81	0,49	83	16	67	6	0
	tra-14	1,28	0,68	0	0	0	0	0
	srp-14	0,80	0,50	13	4	5	3	0
	stu-14	0,72	0,65	12	3	5	0	0
Prud	sij-13	0,66	0,33	145	62	132	8	5
	tra-14	1,39	0,67	0	8	12	0	0
	srp-14	0,40	0,20	6	2	3	2	0
	stu-14	0,56	0,28	>200	63	98	15	14
Modro oko	sij-13	0,90	0,52	62	31	62	4	3
	tra-14	1,06	0,80	0	0	0	0	0
	srp-14	1,30	0,90	6	3	6	0	0
	stu-14	0,63	0,44	9	6	31	0	0
Tunel izlaz	sij-13	1,01	0,52	> 201	112	264	8	12
	tra-14	1,64	1,17	7	3	5	0	0
	srp-14	1,30	0,80	165	7	11	0	0
	stu-14	0,97	0,75	34	7	16	0	0
Klokun	sij-13	0,94	0,48	> 201	57	152	0	0
	tra-14	0,76	0,56	0	11	16	0	0
	srp-14	0,60	0,30	74	7	12	4	5
	stu-14	0,66	0,55	0	13	34	0	0
Mindel	sij-13	1,07	0,77	> 201	46	184	4	4
	tra-14	2,16	1,99	11	8	14	0	0
	srp-14	3,10	2,90	>201	2	7	27	11
	stu-14	1,69	1,52	0	5	9	0	0
		nema	nema	0	20	100	0	0

6.4.1.3. Rezultati izotopnih analiza

		vlj-14	ožu-14	tra-14	svi-14	lip-14	srp-14	kol-14	ruj-14	lis-14	stu-14	pro-14	ožu-15
Krenica	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-8,61	-8,16	-8,50	-8,20	-8,35	-8,23		-7,38		-7,51	-7,04	-9,18
	δD (‰)	-46,42	-44,14	-45,45	-44,63	-44,95	-44,01		-39,51		-37,40	-33,20	-49,19
Banja	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)		-7,47	-7,45	-7,49	-7,37	-6,71		-6,69	-6,98	-6,73	-6,01	-9,70
	δD (‰)		-42,73	-42,79	-42,82	-42,48	-39,80		-37,95	-39,97	-38,27	-31,19	-51,45
Nuga	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-8,26	-7,53	-6,87	-6,97	-7,11	-8,30		-5,84	-7,42	-5,20		-9,82
	δD (‰)	-48,37	-43,55	-39,45	-40,55	-40,69	-44,02		-35,75	-40,45	-31,83		-53,35
Butina	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,86	-7,30	-7,18	-7,24	-6,91	-7,18	-6,92	-6,69	-7,07	-6,63	-6,08	-9,29
	δD (‰)	-45,81	-42,33	-41,63	-42,02	-40,90	-41,28	-40,44	-38,18	-40,56	-36,80	-32,11	-49,01
Stinjevac	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,35	-7,05	-6,85	-7,09	-7,20	-6,82	-6,93	-6,46	-6,90	-5,92	-5,90	-9,33
	δD (‰)	-43,56	-41,33	-40,75	-41,79	-42,01	-40,43	-40,76	-37,65	-40,36	-33,91	-32,64	-50,53
Lukavac	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,75	-7,98	-8,27	-8,51	-8,40	-8,39	-7,61	-7,88	-7,82	-7,65	-7,62	-8,92
	δD (‰)	-43,19	-43,52	-44,40	-45,69	-45,29	-44,77	-42,70	-41,92	-43,00	-39,49	-38,79	-47,06
Staševica	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,88	-7,38	-7,18	-7,32	-7,16	-7,91	-7,13	-6,59	-7,16	-6,61	-5,84	-9,33
	δD (‰)	-45,54	-42,57	-41,44	-42,10	-41,60	-43,20	-40,75	-37,69	-40,65	-35,90	-31,00	-50,36
Steševica uzv	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,82	-7,49	-7,32									
	δD (‰)	-44,80	-43,06	-41,65									
Klokun	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,61	-7,08	-7,12	-7,08	-6,87	-7,04	-6,52	-6,57	-6,79	-6,64	-6,18	-9,31
	δD (‰)	-44,81	-40,74	-40,88	-40,83	-40,09	-40,55	-38,35	-37,18	-38,46	-37,68	-33,04	-49,14
Čeveljuša	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-9,91	-9,45	-9,51	-9,39	-9,43	-9,37	-9,13	-8,97	-9,28	-9,27	-8,70	
	δD (‰)	-51,93	-48,06	-48,14	-47,75	-47,40	-47,41	-46,17	-43,09	-44,66	-44,45	-39,80	
Mandina mlinica kap	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-8,75	-8,65	-8,58	-8,37	-8,67	-8,46	-8,35	-7,79	-7,61	-7,99	-7,05	-9,63
	δD (‰)	-47,21	-45,85	-45,66	-44,65	-45,71	-45,22	-44,56	-41,01	-40,86	-41,16	-35,09	-51,54
Mandina mlinica izv	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)								-6,06		-8,08	-7,51	-5,99
	δD (‰)								-29,28		-42,52	-36,74	-35,05
Strimen	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-8,24	-7,95	-8,04	-7,80	-7,73	-7,65	-7,55	-7,38	-7,40	-7,61	-6,86	-9,10
	δD (‰)	-47,15	-43,91	-44,30	-43,42	-43,39	-42,35	-41,67	-39,41	-40,66	-41,48	-35,68	-48,82
Modro oko	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,80	-7,13	-7,10	-7,17	-7,03	-6,86	-7,04	-6,42	-6,77	-6,62	-5,85	-9,35
	δD (‰)	-46,29	-41,76	-41,72	-41,79	-41,36	-40,47	-40,68	-36,69	-39,07	-38,22	-32,51	-49,81
Prud	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,05	-7,08	-7,02	-7,09	-6,92	-6,78	-6,53	-7,04	-6,74	-6,33	-7,96	
	δD (‰)	-41,73	-41,91	-41,68	-41,67	-41,02	-40,22	-38,17	-40,69	-39,30	-35,62	-41,37	
Tunel ulaz T2	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-9,91	-8,37	-9,13	-9,31	-9,21	-9,16	-8,81	-8,68	-8,84	-8,94	-8,05	-9,34
	δD (‰)	-51,70	-44,99	-46,61	-47,36	-46,39	-46,49	-44,33	-43,22	-43,58	-42,38	-37,20	-50,00
Crniševo 3m	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,76		-7,39	-6,86	-6,62		-5,38	-6,02	-6,01	-5,80		-6,81
	δD (‰)	-45,17		-43,47	-40,77	-39,34		-33,94	-35,27	-35,42	-35,37		-40,37
Crniševo 11m	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,68	-7,61	-7,41	-7,42	-7,07		-6,04	-5,78	-5,90	-5,78		-6,72
	δD (‰)	-45,92	-45,61	-45,23	-45,23	-43,42		-35,85	-34,41	-35,14	-34,43		-40,04
Crniševo 17m	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-6,77	-7,34	-7,15	-6,92	-6,76		-6,09	-6,63	-6,53	-6,29		-6,55
	δD (‰)	-38,36	-41,64	-40,21	-38,83	-38,53		-35,65	-37,17	-36,55	-35,55		-39,49
Crniševo 23m	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,54	-7,65	-7,68	-7,32	-7,16		-7,19	-7,19	-7,14	-7,03		-6,23
	δD (‰)	-41,79	-42,37	-42,24	-39,91	-39,58		-38,35	-38,41	-37,08	-37,43		-37,77
Mindel	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-9,40	-8,77	-7,71	-8,51	-6,92	-8,79	-7,13	-7,97	-4,99	-8,42		-6,63
	δD (‰)	-49,59	-44,11	-40,10	-42,63	-32,77	-43,79	-33,74	-38,76	-20,64	-43,37		-40,64
Oćuša 8m	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-7,43	-7,15	-6,51	-6,95	-6,60		-7,34	-7,43	-7,36	-7,35		-9,38
	δD (‰)	-45,46	-41,76	-39,90	-41,05	-39,81		-40,71	-39,73	-39,39	-39,35		-50,30
Oćuša 17m	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-8,61	-7,89	-7,75	-7,67	-7,80		-6,87	-7,44	-7,20	-7,04		-9,46
	δD (‰)	-48,20	-43,55	-42,92	-42,83	-42,65		-39,51	-39,61	-38,87	-38,47		-51,15
Oćuša izvor	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)							-6,86	-7,61	-7,63			-9,22
	δD (‰)							-36,14	-40,29	-40,34			-47,44
Tunel izlaz T3	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-10,36	-9,55	-9,44	-9,43	-9,31	-9,02	-8,81	-9,10	-8,81	-9,06	-8,55	-9,25
	δD (‰)	-52,99	-47,95	-47,27	-47,03	-46,18	-45,01	-43,96	-43,90	-43,06	-43,99	-39,44	-50,55

6.5. Plima/oseka i utjecaj na jezera

Kako bi se utvrdilo utječe li kolebanje razine mora pod utjecajem plime i oseke na vode (razinu i kemizam) Baćinskih jezera, napravljena je statistička analiza podataka razina jezera i podataka plime i oseke (Slika 81). Satne podatke plime i oseke ustupili su nam Lučka uprava Ploče i Hrvatski hidrografski institut. Razine mora su mjerene na mareografskoj postaji Ploče koja je u vlasništvu Lučke uprave Ploče.

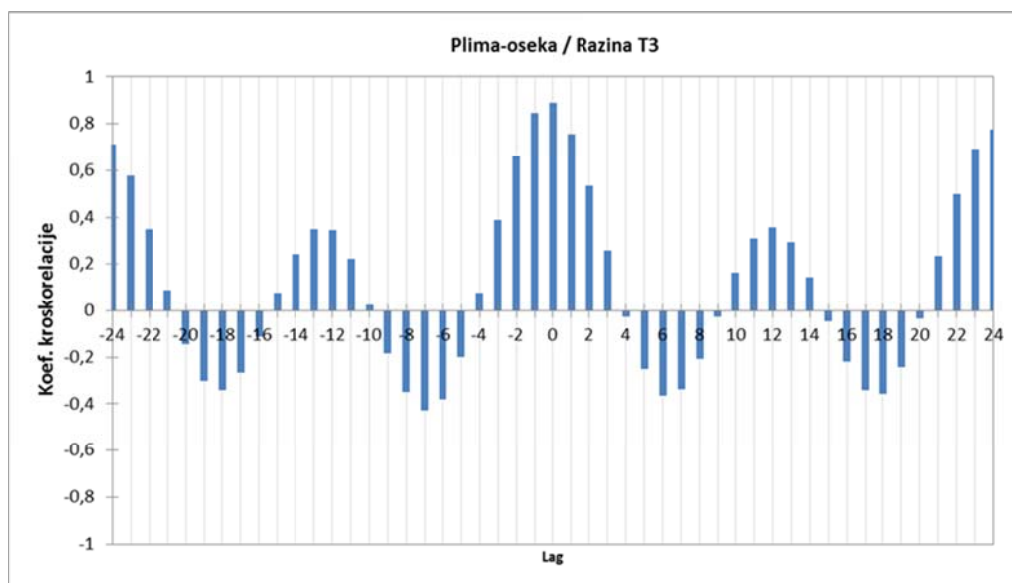


Slika 81. Kolebanje razine mora i razine jezera mjerene automatskim mjerачima na ulazu i izlazu iz Baćinskih jezera.

Podatci razina mjereni na ulazu u Baćinska jezera (T2) nisu mjerodavni za usporedbu s plimom i osekom jer je automatski mjerач bio postavljen iza kanala u toku kojim višak vode iz Vrgoračkog polja utječe u Baćinska jezera. Stoga su za analizu korišteni podatci s automatskog mjerачa postavljenog na izlazu iz Baćinskih jezera, prije izlaznog tunela (lokacija T3). Vremenski nizovi su analizirani metodom kroskorelacije koja se koristi za uspoređivanje dva vremenska niza kako bi se utvrdila

mjesta naglašenih sličnosti (Davis, 2002). Odabran je vremenski odmak od 24 sata jer se unutar tog intervala ritmički izmjenjuju doba plime i oseke pa se moguće korelacije očekuju unutar tog perioda. Iz vremenskog niza satnih podataka razina jezera na lokaciji T3 izdvojeni su i analizirani segmenti najnižih razina (segmenti na slici 82 izdvojeni crvenom bojom) zbog toga što je kod viših razina tok vode prema izlaznom tunelu iz jezera prejak pa bi prigušio djelovanje plime i oseke. Nažalost, podatke razina s automatskog mjerača na lokaciji T3 imamo samo do 23.4.2014. nakon čega više nije nađen na toj lokaciji. Do tog perioda su bila samo dva perioda dovoljno niskih razina pogodnih za analizu.

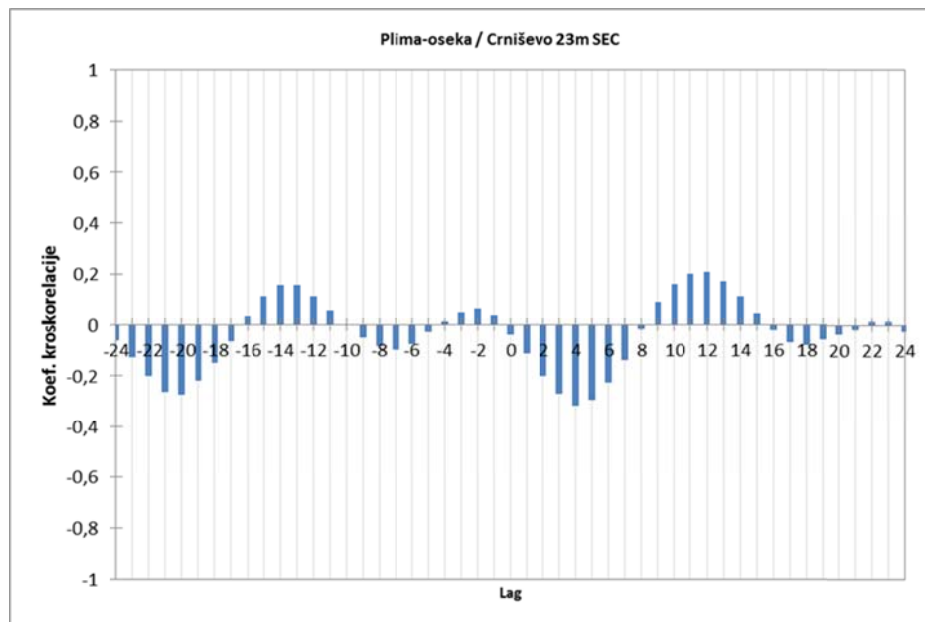
Analizom je ustanovljena jako dobra pozitivna korelacija između vremenski serija plime/oseke i razine jezera (Slika 83). Najbolja korelacija javlja se u 12 satnim intervalima što odgovara ritmu izmjena doba plime i oseke.



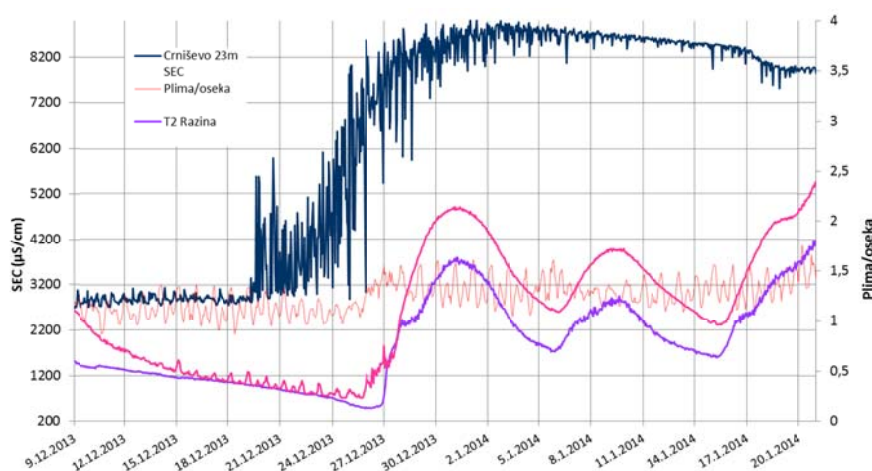
Slika 82 Kroskorelogram satnih podataka plime/oseke i razina Baćinskih jezera u periodu niskih voda.

Osim korelacije s razinama, napravljena je i analiza kroskorelacije plime/oseke sa specifičnom elektrolitičkom vodljivošću (SEC) u jezeru Crniševo kod kojega vrijednost elektrolitičke vodljivosti raste s dubinom. Zbog toga je napravljena kroskorelacija satnih podataka elektrolitičke vodljivosti mjerene na dubinama 17 m i 23 m. Napravljenom analizom nije ustanovljena korelacija s elektrolitičkom vodljivošću

na dubini od 17m, no vodljivosti s dubine od 23 m pokazuju kako postoji veza plime i oseke s najdubljim dijelovima jezera na način da elektrolitička vodljivost raste oko 2 sata nakon pika plime. Međutim, zbog poteškoća u mjerenju EC-a interpretacije na temelju statističke analize tih podataka su nesigurne. Mjerenje elektrolitičke vodljivosti je vrlo osjetljivo i nesigurno, a do sada nije ustanovljeno što bi sve moglo uzrokovati nepravilnosti u radu mjerača i kako ih otkloniti (slika 84).



Slika 83. Kroskorelacija plime/oseke s vrijednostima elektrolitičke vodljivosti na 23 m dubine u jezeru Crniševo.



Slika 84. Primjer neobičnih kolebanja podataka elektrolitičke vodljivosti mjerene automatskim mjeračima.

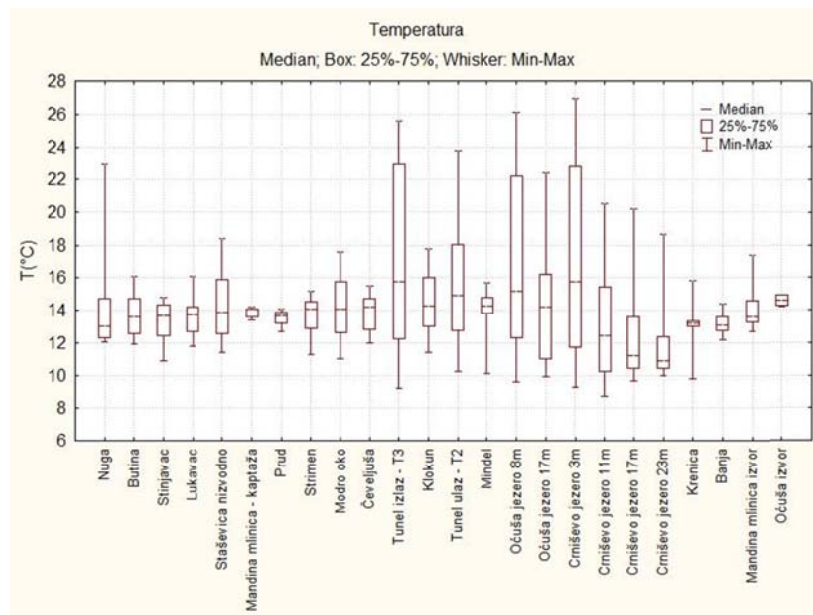
7. DISKUSIJA REZULTATA

7.1. Hidrokemijska istraživanja

7.1.1. Statistička analiza – Box-Whisker dijagrami

Statistička analiza točkastih podataka temperature, pH, kisika, elektolitičke vodljivosti, klorida i sulfata prikazana je na Box-Whisker dijagramima prikazanim na slikama 85-90. Za statističku analizu Box-Whisker dijagramima odabrani su parametri koji najbolje odražavaju karakter opažanih vodnih objekata pa ovi dijagrami predstavljaju jednostavan uvodni pregled svih opažanih objekata. U ovom poglavlju će biti prokomentirani samo rezultati, dok će detaljnije o analiziranim parametrima te na temelju njihovih vrijednosti i kolebanja u sljedećim poglavljima biti napravljena interpretacija i zaključci o hidrogeološkim značajkama priljevnih područja opažanih izvora i površinskih tokova.

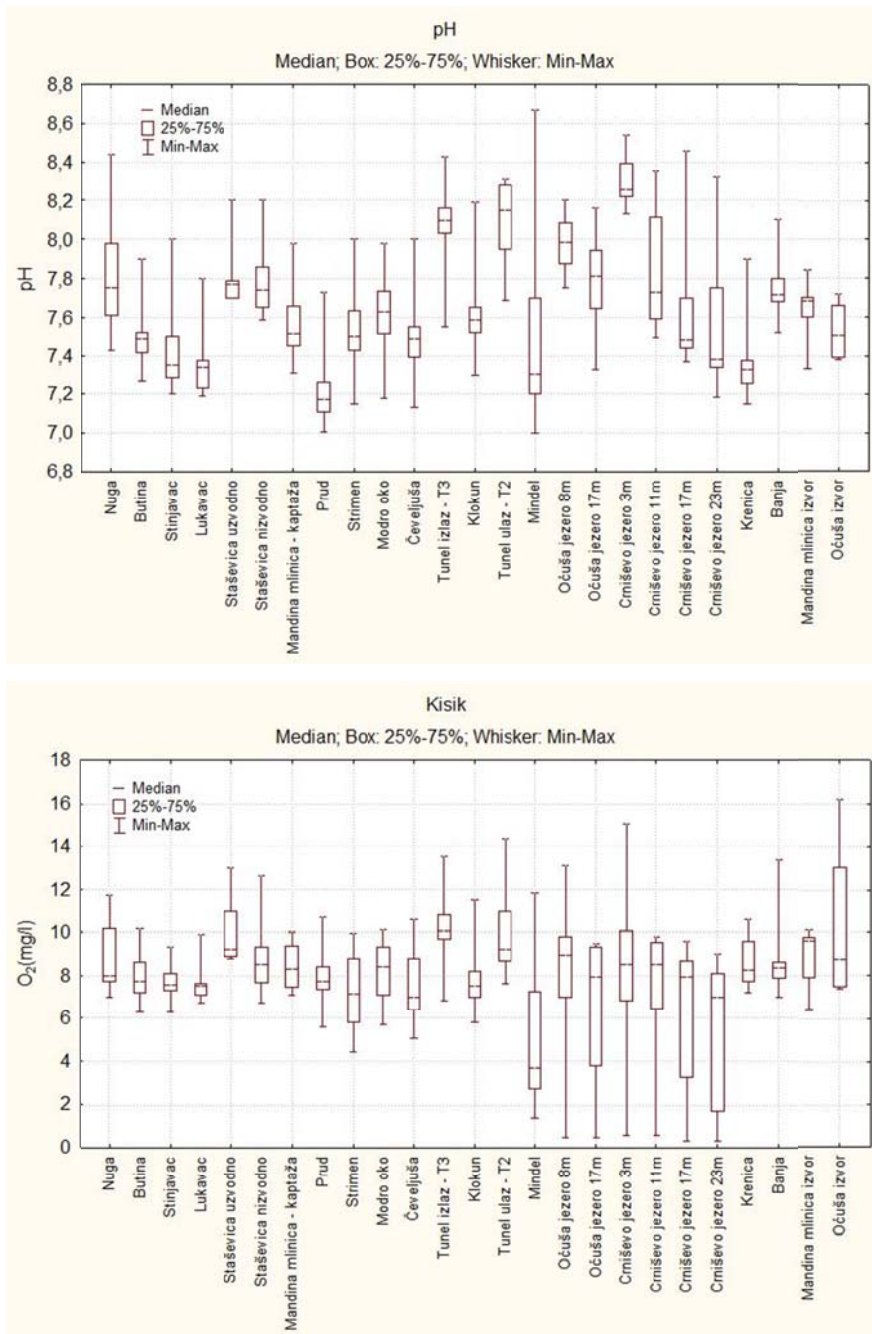
Kako se vidi na slici 85 najmanja kolebanja temperatura vode su na Prudu, na kaptazi Mandina mlinica izvoru Oćuša, Strimenu i Banji, a najveća u površinskim vodama jezera Crniševo, Oćuša i tunelima T2 i T3.



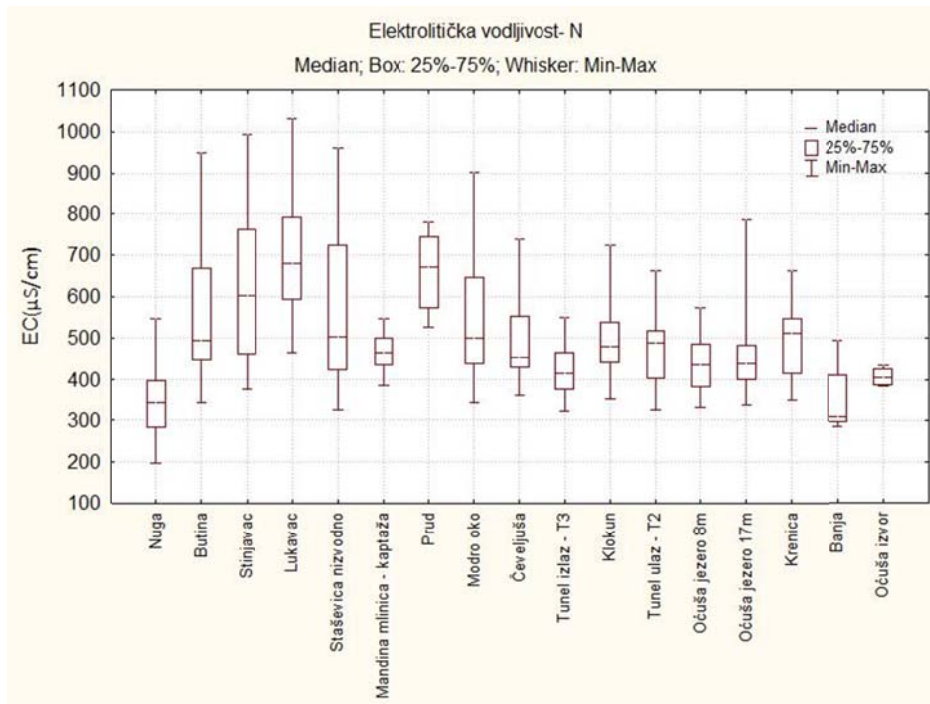
Slika 85. Box –Whisker dijagram vrijednosti temperatura.

Najveća raspršenost vrijednosti pH je na Nugi, Mindelu i površinskim vodama. Srednje vrijednosti se međusobno dosta razlikuju. Kisik, slično vrijednostima pH, ima vrlo raspršene i raznolike srednje vrijednosti.

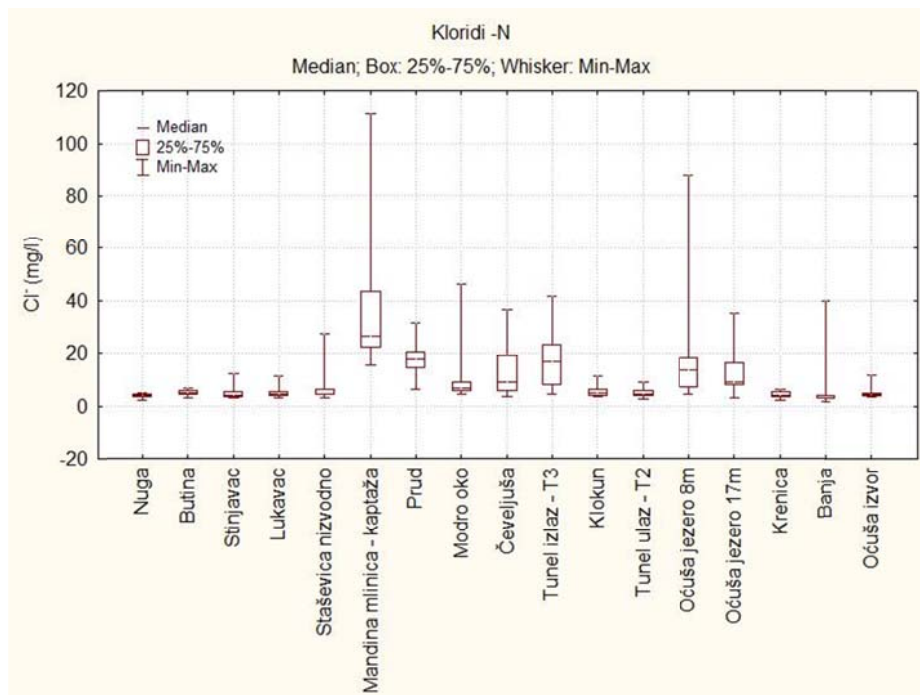
Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti (EC) su najraspršenije na izvorima iz sjeverozapadnog dijela Vrgoračkog polja te na Mindelu i izvoru Mandine mlina. U prvom slučaju su te vrijednosti povezane s prinosom od sulfata (slika), a u dugom od klorida. Općenito je usporedbom Box-Whisker dijagrama moguće vidjeti povezanost vrijednosti EC-a sa vrijednostima sulfata i klorida.



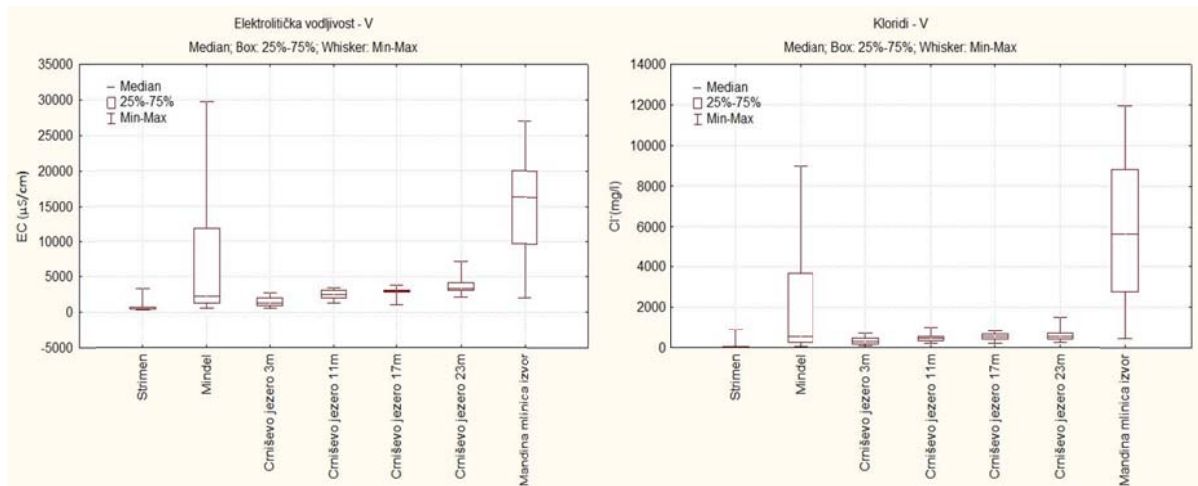
Slika 86. Box –Whisker Plot vrijednosti kisika



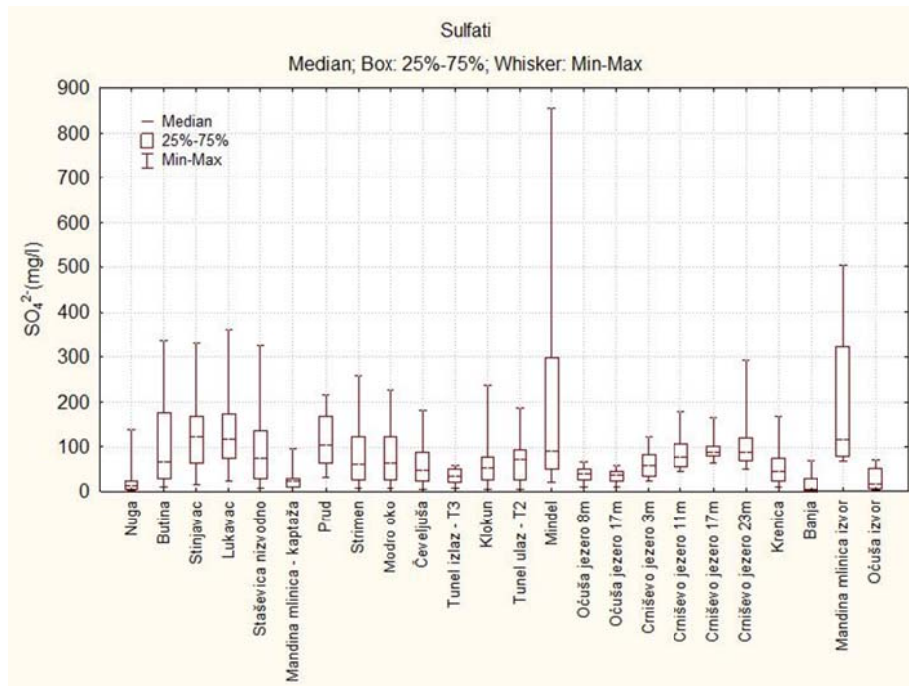
Slika 87. Box –Whisker Plot vrijednosti elektrolitičke vodljivosti



Slika 88. Box –Whisker Plot vrijednosti klorida



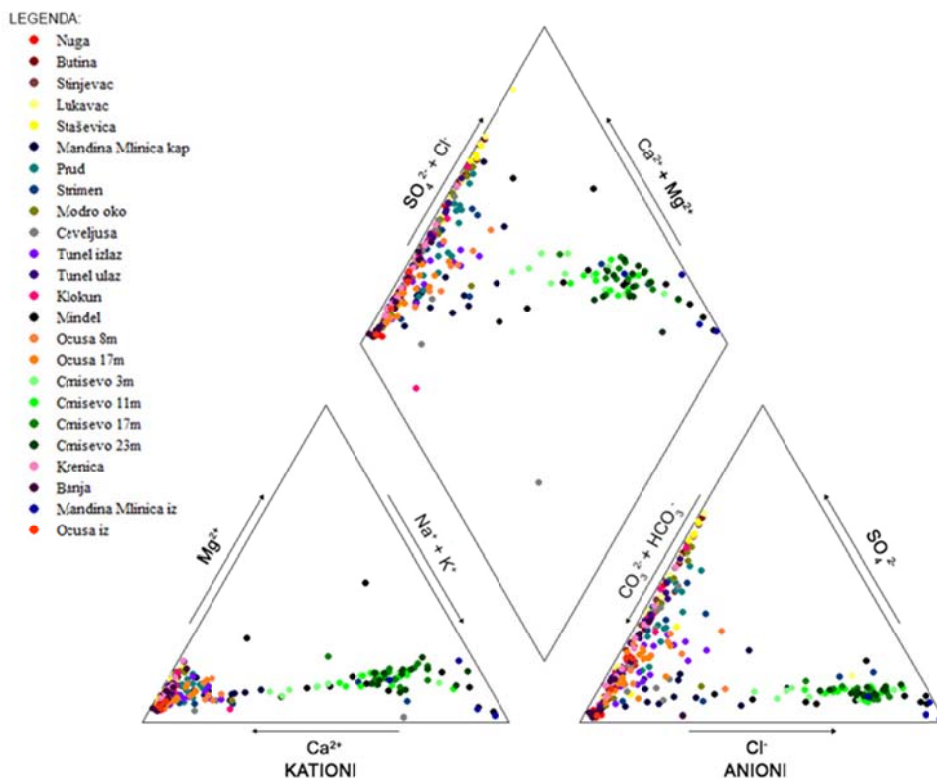
Slika 89. Box –Whisker Plot vrijednosti elektrolitičke vodljivosti i klorida na lokacijama s vrlo visokim vrijednostima



Slika 90. Box –Whisker Plot vrijednosti sulfata

7.1.2. Hidrogeokemijski facijesi

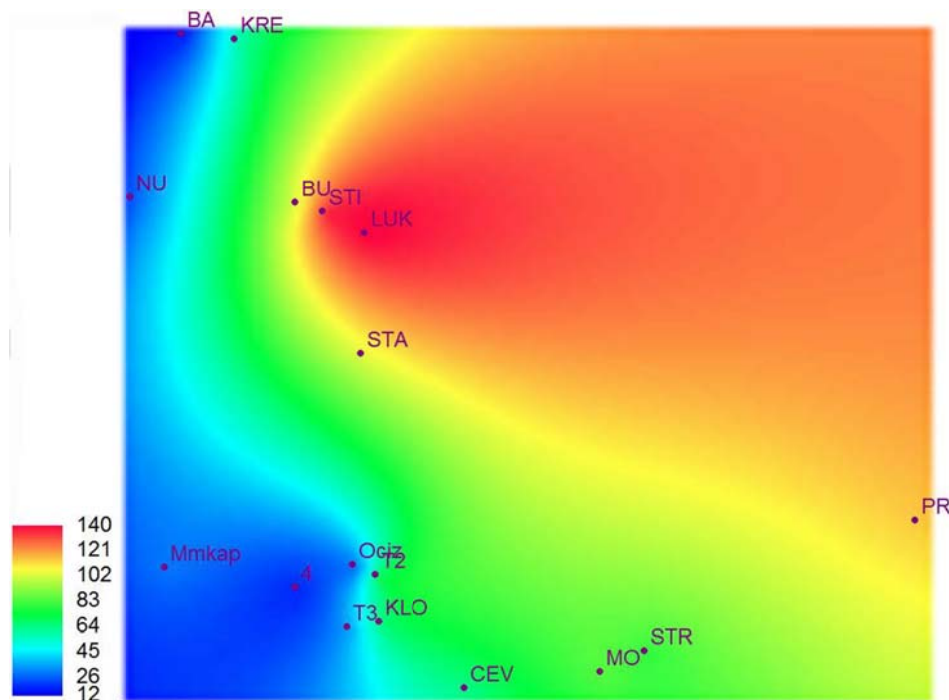
Jedan od osnovnih i prvih koraka u interpretaciji prikupljenih podataka o kemijskom sastavu uzorkovanih izvorskih i površinskih voda na nekom terenu je određivanje hidrogeokemijskih facijesa. Da bi se facijesi odredili potrebno je imati podatke osnovnog kemijskog sastava vode. Za grafički prikaz osnovnog kemijskog sastava vode uobičajeno se koriste Piperovi dijagrami (slika 91). Na njima se vide relativni odnosi šest do sedam glavnih iona u uzorkovanoj vodi, u ovom slučaju kationa Ca, Mg, Na+K te aniona HCO₃, Cl i SO₄. U većini voda u prirodi ovi ioni čine 95 – 100% kemijskog sastava vode. Podzemna voda otapa naslage s kojima dolazi u kontakt te je njihov kemijski sastav određen kemijskim sastavom minerala naslaga kroz koje se podzemna voda kreće. Stoga se na temelju hidrokemijskih facijesa mogu donositi zaključci o porijeklu voda na nekom području.



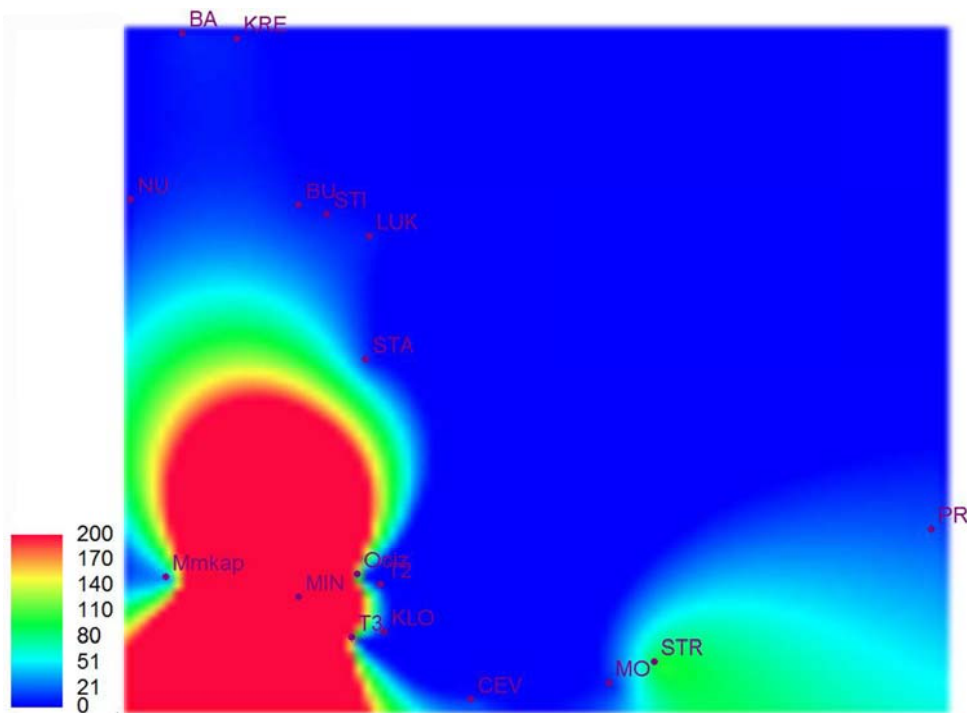
Slika 91. Piperov dijagram

Na području istraživanja mogu se izdvojiti tri hidrogeokemijska facijesa (slika 91). Prvi i najzastupljeniji je kalcijsko-hidrogenkarbonatni facijes (Ca-HCO_3) do mješovito kalcijsko-magnezijsko-hidrogenkarbonatni (CaMg-HCO_3) facijes, zatim kalcijsko-sulfatno-hidrogenkarbonatni ($\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$) te natrijsko-kloridni (Na-Cl) facijes. Kalcijsko i kalcijsko-magnezijsko-hidrogenkarbonatni tip voda karakterističan je za vodonosnike izgrađene od vapnenaca (CaCO_3) i dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) od kojih je izgrađen najveći dio terena.

Podzemne i površinske vode istraživanog područja teško je grupirati u pojedine facijese jer većina se kroz godinu kreće između dvaju facijesa (slika 91) što je posljedica različitih hidroloških uvjeta i zamršenih hidrauličkih odnosa unutar vodonosnika. No, na slikama 92 i 93 mogu se vidjeti i prostorne raspodjele srednjih godišnjih vrijednosti kloridnog i sulfatnog iona u vodama iz čega je vidljivo u kojim dijelovima terena prevladavaju određeni facijesi.



Slika 92. Prostorna raspodjela koncentracije sulfata na istraživanom području



Slika 93. Prostorna raspodjela klorida u uzorkovanim vodama istraživanog područja

Većina uzorkovanih voda s područja istraživanja ima povišen sadržaj sulfata u odnosu na podzemne vode ostalog dijela hrvatskog krša. Pojava takvih tipova voda u krškim vodonosnicima uglavnom su vezane za postojanje gipsa i anhidrita (Plumer & Back, 1980). Na slici 92 jasno je uočljivo kako se iz Hercegovine očekuje značajan prirast količine sulfatnih iona, što jasno upućuje na činjenicu kako se krške podzemne vode Hercegovine kreću kroz podzemlje u kojem ima puno evaporitnih stijena – gipseva i anhidrita.

To je i potvrđeno, kada je u veljači 2014 godine, prilikom rekognosciranja terena na području Hercegovine, uzorkovana voda sa tri izvora u najjužnijem dijelu Hercegovine, u dolini Tihaljine/Trebižata: Klokun(BiH), Grab i Tihaljina. U tablici gdje su prikazani rezultati analiza (tablica 8) može se vidjeti kako su na izvoru Klokun izmjerene visoke koncentracije sulfata pa se može zaključiti da podzemne vode iz tih područja doprinose povišenom sadržaju sulfata na nizvodnim izvorima.

Tablica 8. Rezultati analiza izvorskih voda s područja Hercegovine

	Mj-god	T	pH	EC	O ₂	HCO ₃	PO ₄ -P	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄
		°C		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Grab	vlj-14	12,6	7,08	544	11,65	234	0,03	89,9	3,2	2,1	0,4	4,4	60,8
Klokun BiH		12,3	7,2	1066	10,1	228	0,03	185	4,9	2,7	0,7	4,4	297,2
Tihaljina BiH izvor		11,4	7,56	397	9,88	232	<0,01	82,9	3,8	2,5	0,6	3,9	10,3
	Mj-god	NO ₃	NO ₂	Fe	Mn	Cu	F	Zn	Cr	Br	Co	Pb	Cd
		mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Grab	vlj-14	3,6	0,001	<2	3	5	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<2	<2
Klokun BiH		4,6	0,007	6	8	6	0,6	<2	<5	<0,1	<2	<2	<2
Tihaljina BiH izvor		3	0,003	<2	6	9	<0,1	<2	<5	<0,1	<2	<2	<2

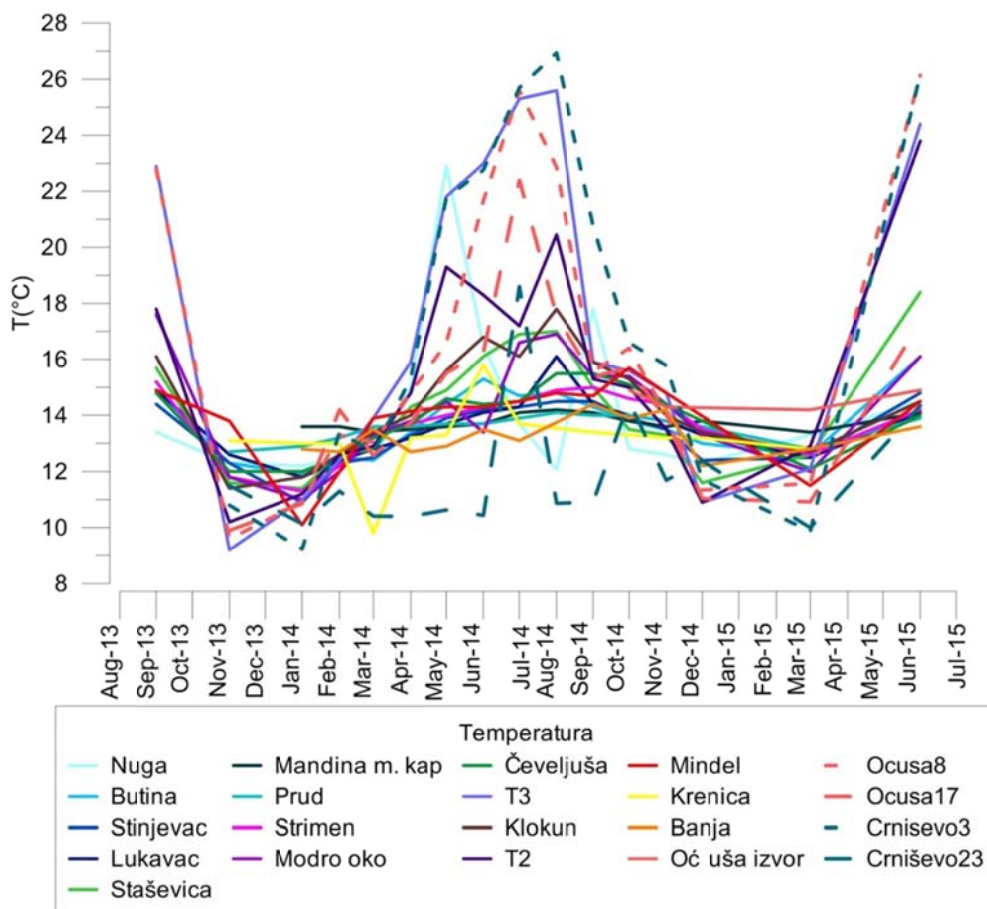
Natrij-kloridni facijesi imaju povišen sadržaj iona Na(K) i Cl što je posljedica izloženosti utjecaju mora pa je razumljivo da je taj tip voda zastupljen u priobalnom području. „Prodor“ morske vode u krški vodonosnik ponajviše se događa iz smjera od Mandine mlinice do samih jezera (Mindel, Crniševo). Logično, jer tamo krški vodonosnik dodiruje morsku obalu. Također se zamjećuje utjecaj mora iz doline Neretve, čija je aluvijalna dolina pod značajnim utjecajem morske vode.

7.1.3. Fizikalno-kemijski parametri T, pH, EC

Kretanje in situ vrijednosti temperature, pH i elektrolitičke vodljivosti mjerenih tijekom cijelog perioda opažanja prikazano je na slikama 94-97. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti prikazane su usporedno s količinama mjesečnih oborina sa 4 meteorološke stanice (Vrgorac, Ploče, Metković i Imotski). Na ovim dijagramima se osim raspršenosti podataka, te min i max vrijednosti koje su prikazane u box-plot dijagramima, mogu vidjeti kako se vrijednosti mjerenih parametara kreću sezonski.

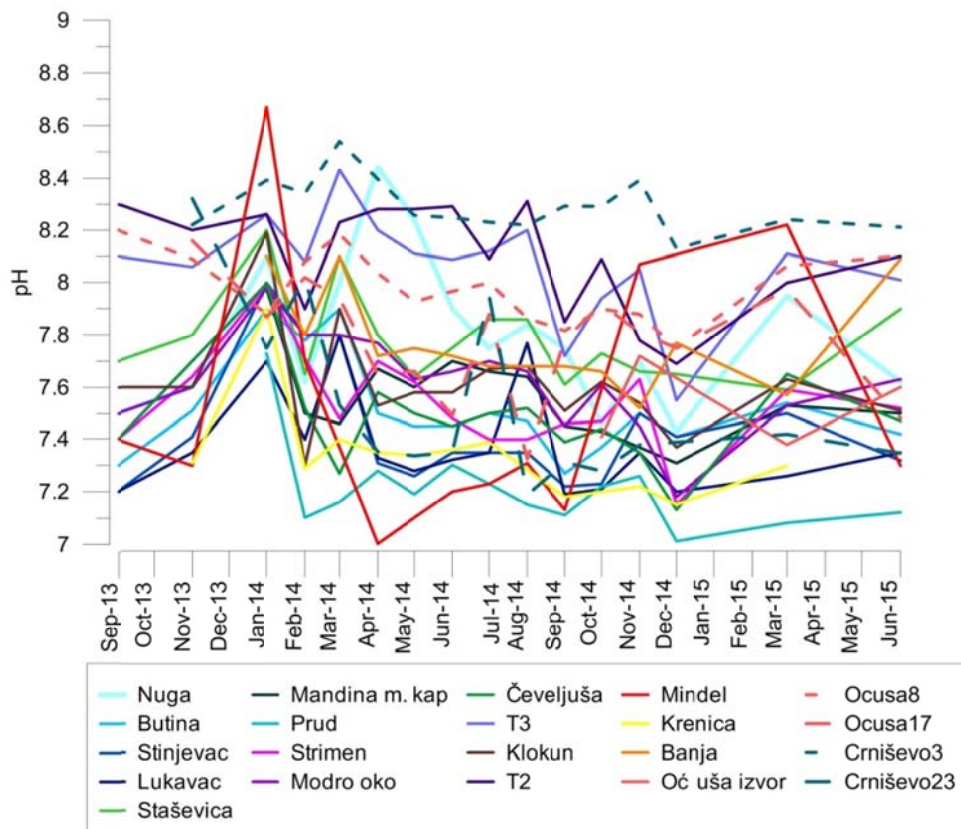
Vrijednosti temperatura u skladu su s temperaturama zraka područja prihranjivanja. Općenito se može reći kako je temperatura vode na izvoru u skladu sa srednjom godišnjom temperaturom zraka područja pretežnog napajanja izvora. Tako će podzemna voda koja se napaja s hipsometrijski viših područja koja imaju niže srednje godišnje temperature zraka imati također prosječno nižu temperaturu

(LUKAČ REBERSKI, 2008). Dnevna i sezonska kolebanja ukazuju na značajke vodonosnika. U krškim područjima, ukoliko se radi o brzom, turbulentnom toku podzemne vode kroz vodonosnik, temperatura vode nekog izvora je pod znatnim utjecajem sezonskih promjena temperature zraka područja napajanja. Prilikom takvog brzog toka podzemne vode, vrijeme zadržavanja svježije infiltrirane vode u podzemlju je kratko, pa će u ovom slučaju i godišnje kolebanje temperature na izvoru biti veće. Zatim, temperatura podzemne vode koja teče blizu površine terena, značajno varira za razliku od tečenja u dubljim dijelovima (GUNN, 1982). Voda koja ponire duboko u vadoznu zonu, a vrijeme zadržavanja u podzemlju je relativno dugo, tijekom vremena se temperaturno homogenizira). Iz dijagrama temperatura (Slika 94) može se zapaziti da su najveća kolebanja temperature očekivano zabilježena u površinskoj vodi jezera Crniševo, Oćuša ta na Nugi. U Crniševom jezeru na dubini od 23 m, izmjerene su i najniže temperature.



Slika 94. Kretanje vrijednosti temperature vode izmjerenih na terenu.

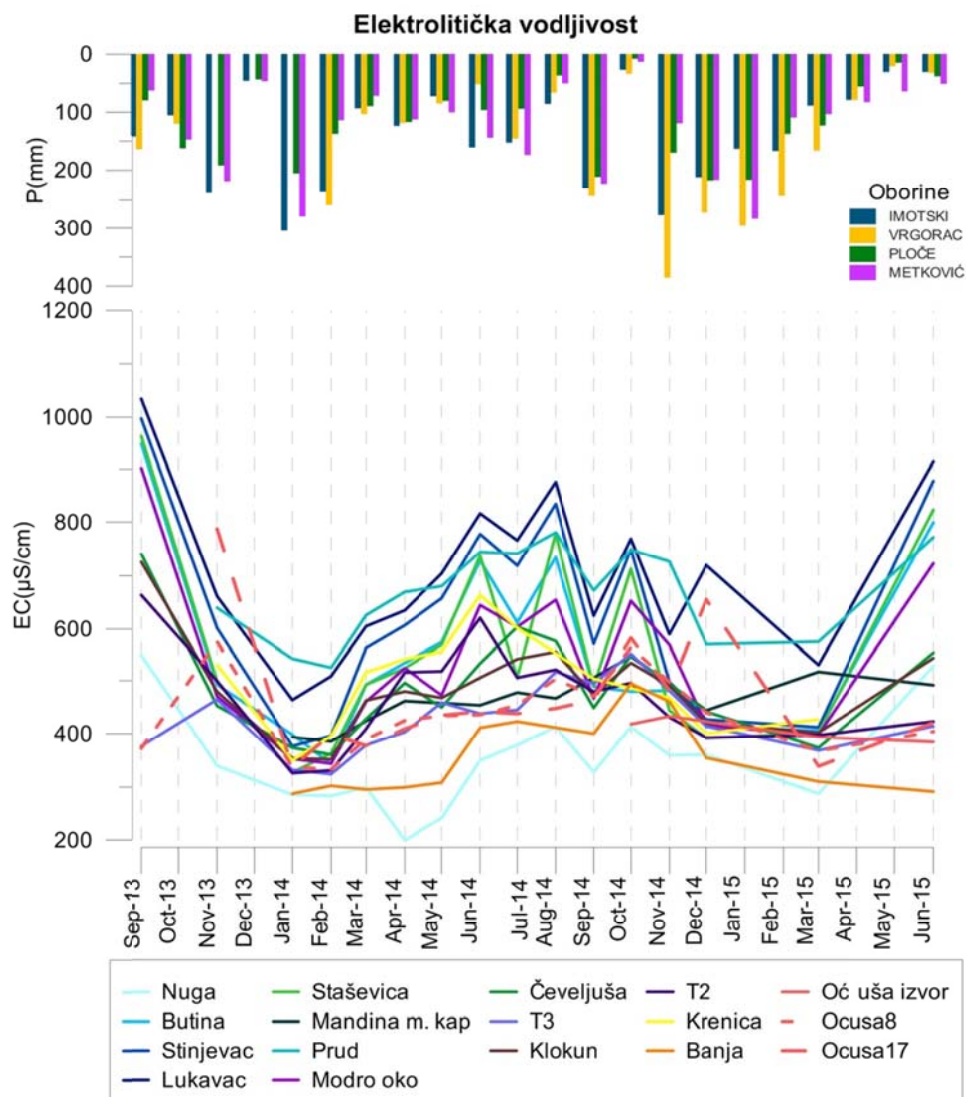
Prema vrijednostima izmjerenih pH, izvorske vode istraživanog prostora su neutralne do slabo alkalne (Slika 95). Na svim lokacijama su zabilježena velika kolebanja pH. Vrijednosti pH odraz su sezonskih vegetacijskih i hidroloških uvjeta. Aktivitet vodikovih iona u vodenim otopinama kontroliran je reakcijama kojima se proizvode ili konzumiraju vodikovi ioni. On je vrlo osjetljiv na trošenja i otapanje minerala, ali kako je njihova koncentracija pod utjecajem brojnih procesa teško je njihovu vrijednost pripisati određenim okolišima. Općenito se može primijetiti da su vrijednosti pH na svim lokacijama niže u toplijem dijelu godine. Uzrok tome je najvjerojatnije činjenica da je produkcija CO₂ veća tijekom toplijih mjeseci zbog intenzivne biološke aktivnosti (Stumm & Morgan, 1996).



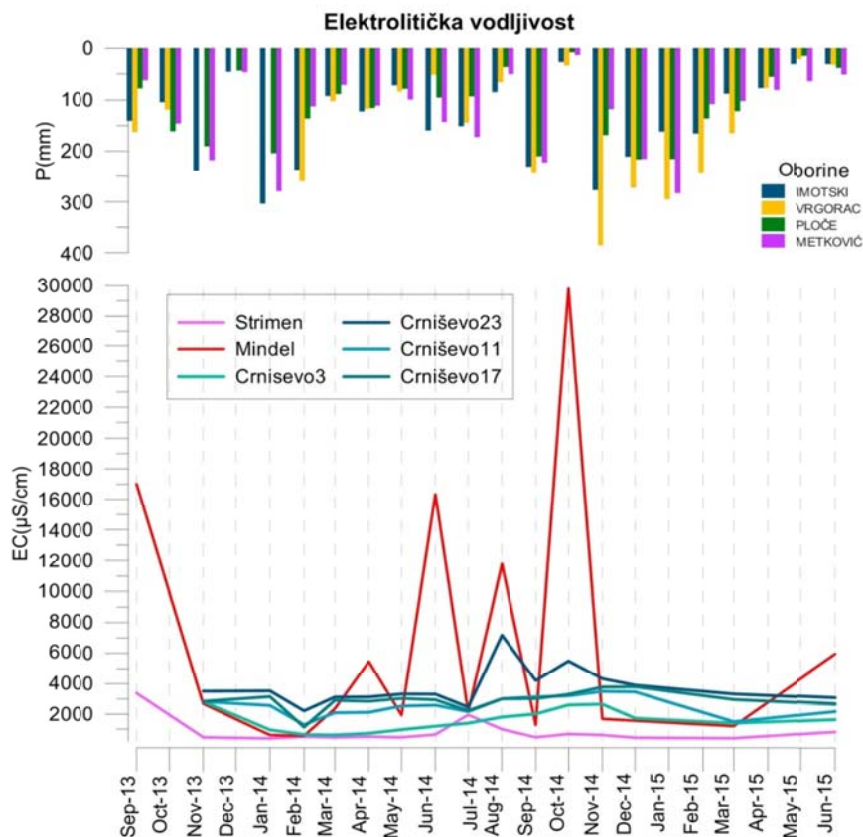
Slika 95. Kretanje vrijednosti pH vode izmjerenih na terenu.

Elektrolitička vodljivost (EC) ukazuje na količinu otopljenih iona u vodi. Kako raste količina otopljenih tvari u vodi raste i njena vodljivost. U vodama istraživanog područja povišene vrijednosti EC-a, u odnosu na EC većine krških voda Hrvatske, javljaju se, s jedne strane zbog povišenog sadržaja sulfata, a s druge strane zbog povišenog sadržaja klorida. Povišeni sadržaj sulfata prisutan je u vodama koje dolaze iz područja slijeva koje sadrži evaporitne naslage. Te vode imaju vodljivost koja se

kreće od 500 do 1000 $\mu\text{S/cm}$. Još veću vodljivost imaju vode koje su pod utjecajem mora, kod kojih se EC kreće od nekoliko mS/cm do nekoliko desetaka mS/cm. Zbog toliko velikih međusobnih razlika vrijednosti EC-a su prikazane na dva odvojena dijagrama (slike 96 i 97). U vodama s vrlo visokim vrijednostima EC-a je sadržaj kloridnih i natrijevih iona znatno viši u odnosu na vode koje nisu pod utjecajem mora. Utjecaj mora je tim izraženiji i prodire dublje u unutrašnjost što su niži vodostaji. Dobra korelacija vrijednosti EC-a s mjesečnim količinama oborina (Slika 96) posljedica su izrazite okršenosti cijelog istraživanog područja i brze reakcije sustava na oborine.



Slika 96. Kretanje vrijednosti elektrolitičke vodljivosti.

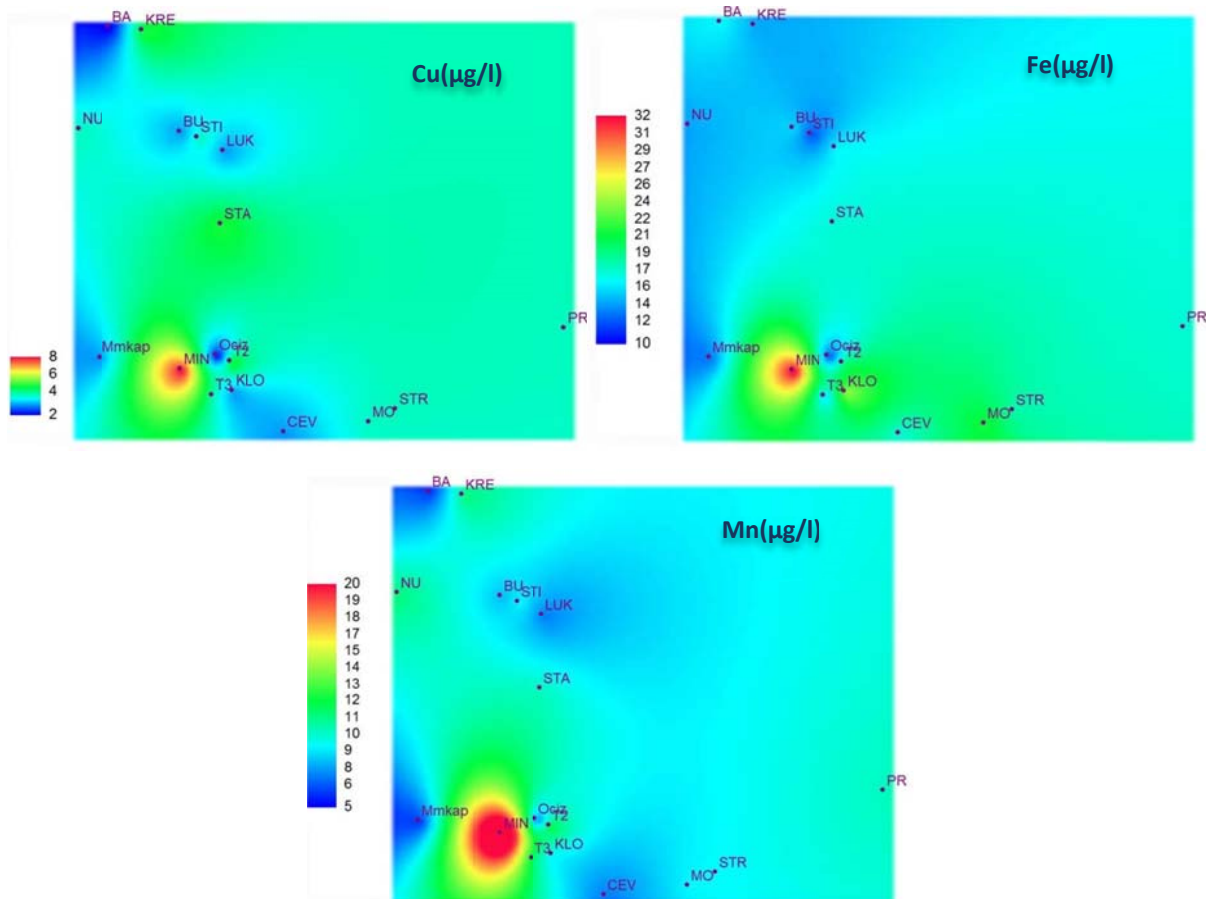


Slika 97. Kretanje vrijednosti elektrolitičke vodljivosti na lokacijama s povišenim salinitetom.

7.1.4. Metali

U uzorkovanim vodama analizirani su sljedeći elementi, uglavnom iz skupine metala, koji imaju negativne učinke na zdravlje: željezo (Fe), mangan (Mn), bakar (Cu), fluor (F), cink (Zn), krom (Cr), brom (Br), kobalt (Co), olovo (Pb) i kadmij (Cd). Koncentracije svih parametara su manje od maksimalno dozvoljenih koncentracija u vodi za piće (NN 47/08)). S obzirom da su sve opažane vode neutralne do lagano alkalne, a pokretljivost analiziranih parametara je vrlo mala u alkalnim sredinama, većina ovih pokazatelja je čak i ispod granice detekcije. U mjerljivim i nešto višim koncentracijama, bili su jedino metali Fe, Mn i Cu. Prostorna raspodjela srednjih vrijednosti koncentracija ovih metala u analiziranim uzorkovanim vodama može se vidjeti na slici 98. Maksimalnu koncentraciju sva tri spomenuta metala ima izvor

Mindel. To je vjerojatno posljedica ranije spomenutog odlagališta otpada „Lovornik“ koji se nalazi u zaleđu ovog izvora.



Slika 98. Prostorna raspodjela metala u uzorkovanim vodama istraživanog područja.

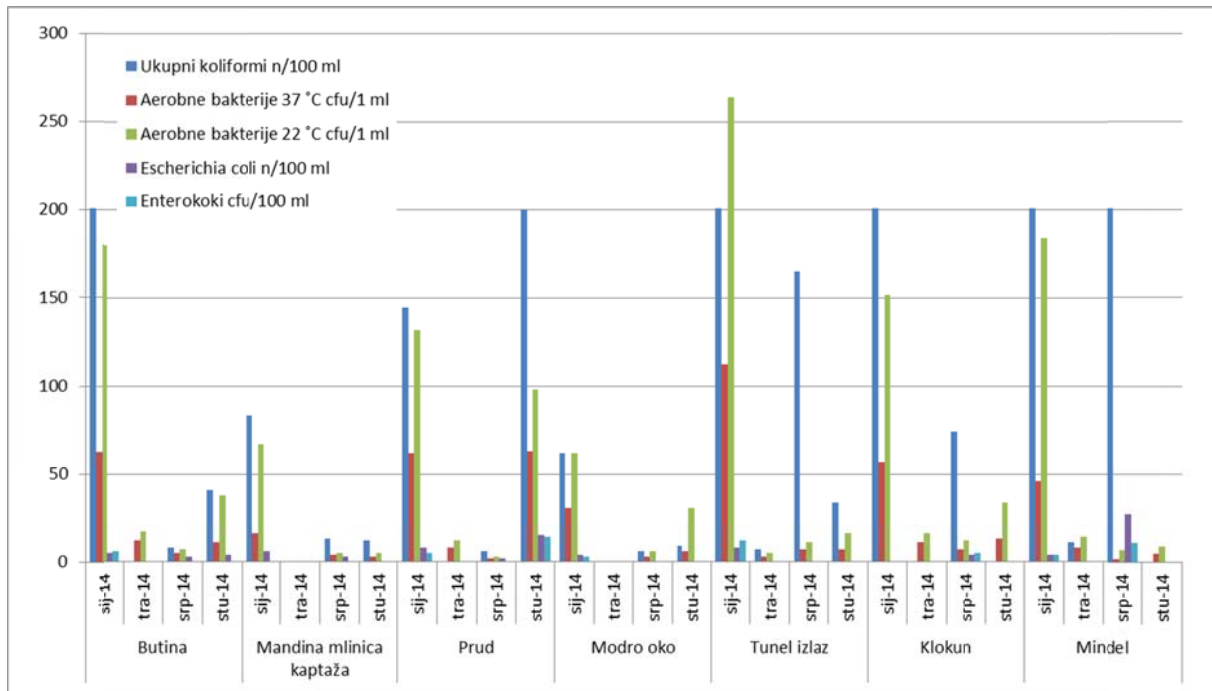
Također valja spomenuti kako se utjecaj bakra povezuje s prskanjem vinograda i voćnjaka, a poljodjelstvo je posebno intenzivno u Vrgoračkom polju (Jezero). Često je ovo prskanje doista prekomjerno, odnosno, najvjerojatnije izvan kontrole (slika 99). Tako se i u Staševici (osim Mindela) pojavljuje nešto zamjetnija količina bakra.



Slika 99. Prekomjerno korištenje modre galice pri prskanju voćnjaka u Vrgoračkom polju.

7.1.5. Mikrobiologija

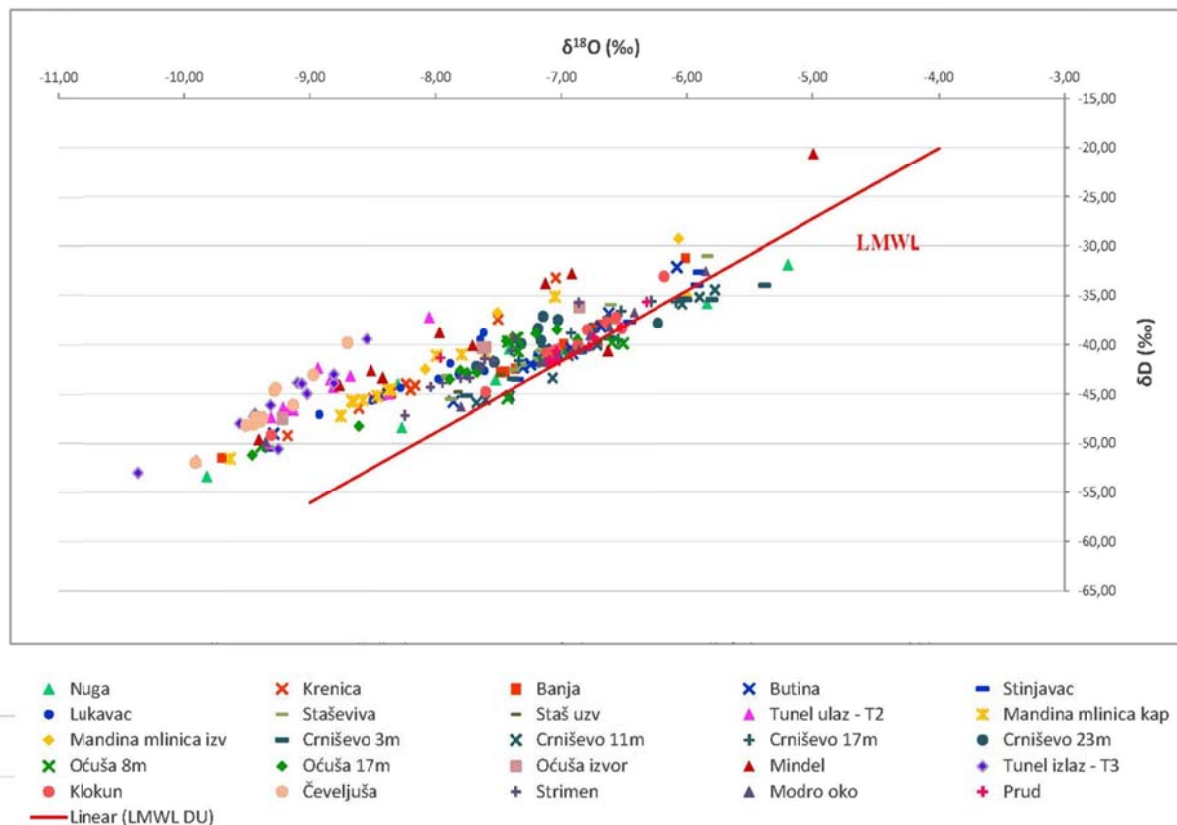
Na sedam odabranih lokacija (Butina, Mandina mlinica kaptaza, Prud, Modro oko, T3, Klokun, Mindel) mjereni su mikrobiološki parametri: ukupni koliformi, aerobne bakterije na °C 22 i 37 °C, Escherichia coli i enterokoki. Te parametre Zavod za javno zdravstvo rutinski mjeri u vodama zahvaćenim za javnu vodoopskrbu kako bi se utvrdila zdravstvena ispravnost. Na svim lokacijama i u svim hidrološkim prilikama u vodama su prisutni ukupni koliformi. Voda krških izvora uobičajeno ne zadovoljava mikrobiološke kriterije vode za piće te ju je prije upotrebe nužno tretirati. Najveće mikrobiološko onečišćenje prisutno je za vrijeme visokih voda, u siječnju. To se podudara s rezultatima ranijih istraživanja koja su rađena s ciljem utvrđivanja utjecaja odlagališta otpada „Lovornik“ (Kosović, 2008) na vode Baćinskih jezera (prije svega Mindel i Crniševo).



Slika 100. Mikrobiološki pokazatelji u uzorkovanim vodama.

7.1.6. Izotopi

Empirijski odnos između izotopa D i ^{18}O prvi je ustanovio CRAIG (1961.) kada je predložio formulu za Globalnu meteorsku liniju vode (GMWL) koja je naknadno poboljšana korištenjem veće količine podataka (ROZANSKI et al., 1993). Meteorska linija vode ima široku primjenu u svim procesima koji uključuju isparavanje i kondenzaciju pa je tako vrlo korisna i pri određivanju područja i načina prihranjivanja izvora. Za izradu lokalne meteorske linije vode (LMWL-Local meteoric water line) korištene su vrijednosti kiše za Dubrovnik (VREČA et. al., 2006) jer je to bilo najbliže mjesto našem području istraživanja za koje postoje podatci izotopnog sastava kiše (slika 101). Meteorska linija vode predstavlja linearni odnos između odnosa vrijednosti stabilnih izotopa kisika ($\delta^{18}\text{O}$) i vodika (δD).

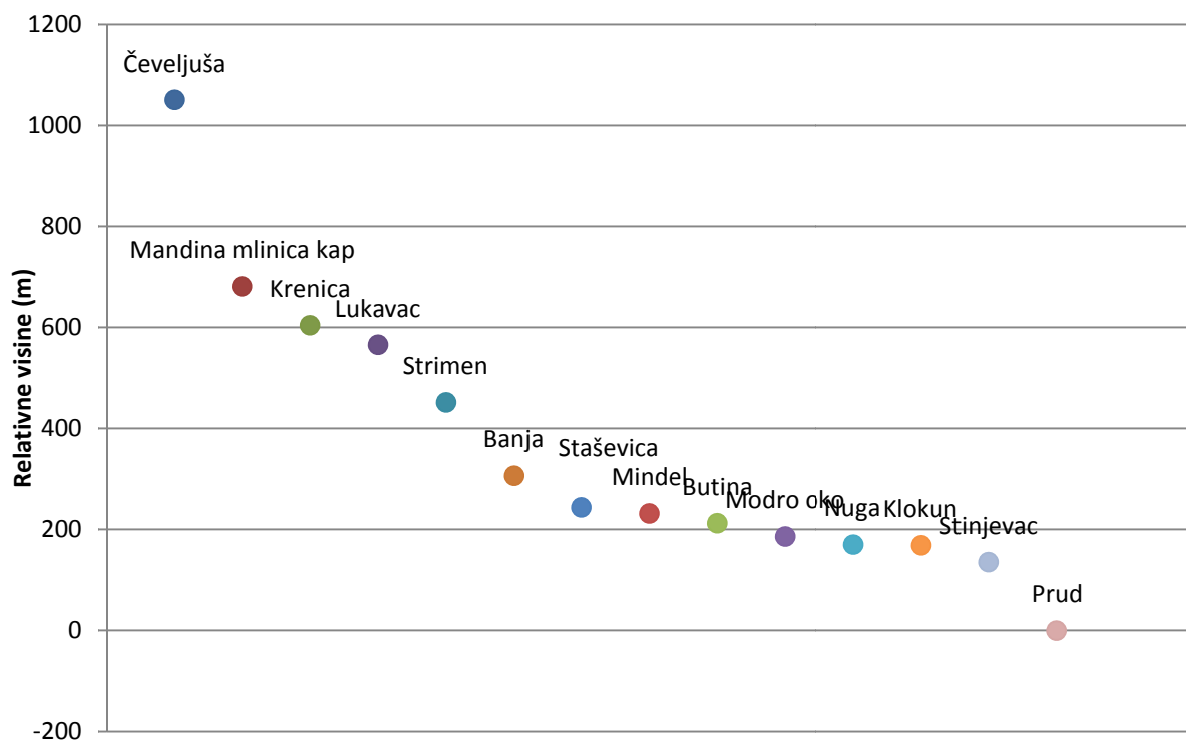


Slika 101. Omjeri stabilnih izotopa D i ^{18}O uzorkovanih voda u odnosu na Lokalnu meteorsku liniju vode (LMWL).

Vrijednosti stabilnih izotopa D i ^{18}O izvorskih i površinskih voda istraživanih hidroteološkog sustava Baćinskih jezera dobivene su sustavnim prikupljanjem i analizom uzoraka tijekom cijelog razdoblja opažanja. Omjeri izotopa H i O većine hladnih podzemnih voda na malim dubinama uklapaju se u prosječne omjere lokalnih meteorskih voda. Vode koje imaju porijeklo od meteorskih voda obično leže na LMWL, dok vode koje nemaju meteorsko porijeklo ili su bile izložene nekim sekundarnim procesima, imaju odklon od linije. Na taj način, devijaciju od MWL često daju vode koje su bile izložene evaporaciji (GOLDSCHIEDER & DREW, 2007). Kako se vidi iz slike 101 vrijednosti stabilnih izotopa uzorkovanih voda na nekim opažanim lokacijama su se jako dobro poklopile s LMWL, no neke vrijednosti dosta odstupaju od nje. S obzirom da je poznato kako većina krških voda leže na ili blizu LMWL i očito su nastale od lokalnih oborina koje su se homogenizirale u podzemnim rezervoarima iz gornje slike bi se moglo zaključiti kako ostali izvori koji odstupaju od te linije imaju neki drugi način prihranjivanja. Međutim, treba imati na umu kako je za usporedbu naših rezultata korištena LMWL kiše s područja Dubrovnika, koji se nalazi na obali

mora, a sljevovi pojedinih opažanih izvora i površinskih voda se nalaze i na većim nadmorskim visinama, a u nekim slučajevima su neki dijelovi sljevova i dosta udaljeni od obale. Za sigurnije zaključke bi bili potrebni podatci izotopa za LMWL sa samih sljevova koji bi s većom sigurnošću odražavali lokalni karakter. Stoga će se u budućnosti trebati izraditi čitav niz LMWL-a, potrebnih za izotopne analize naših krških sustava koje mogu značajno doprinijeti interpretaciji njihovih hidrogeoloških odnosa.

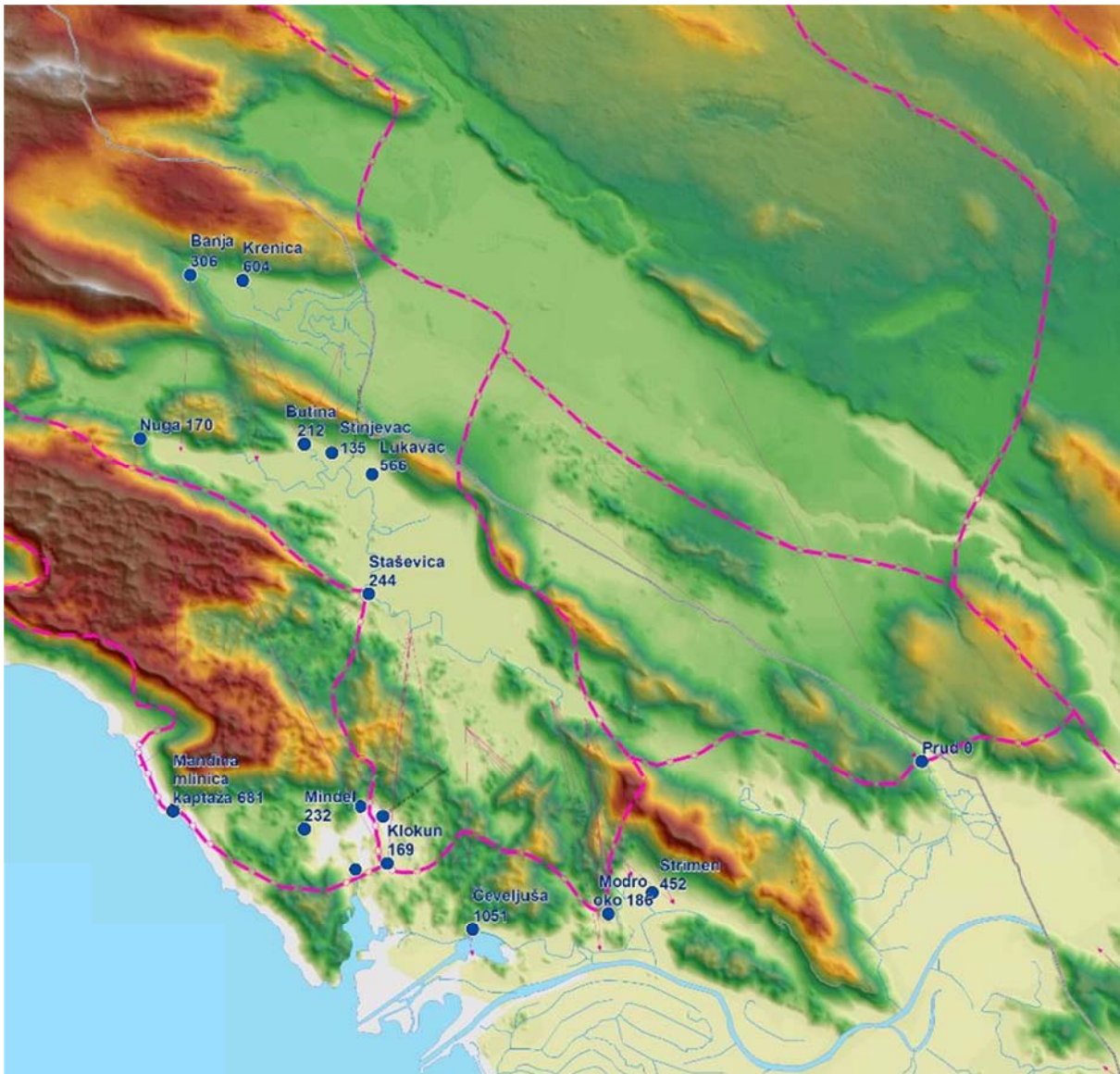
Činjenica da sadržaj stabilnih izotopa D i ^{18}O u kiši pada s povećanjem nadmorske visine (GONFIANTINI et al., 2001) iskorištena je u hidrogeološkim istraživanjima za računanje srednje visine područja prihranjivanja vodonosnika (LONGINELLI & SELMO, 2003). Na temelju podataka visinskog gradijenta (0,24 ‰ na 100 m) izračunatog za područje južne Dalmacije (VREČA et al. 2006) određene su relativne razlike u visinama prihranjivanja izvora (Slika 102). Apsolutne visine pretežnog područja prihranjivanja nije bilo moguće izračunati s obzirom da nismo imali neku referentnu vrijednost na koju bi se vezali. Prema preporukama CLARKA i FRITZA (1997), za računanje visine prihranjivanja u obzir su uzete samo jesenske i proljetne kiše.



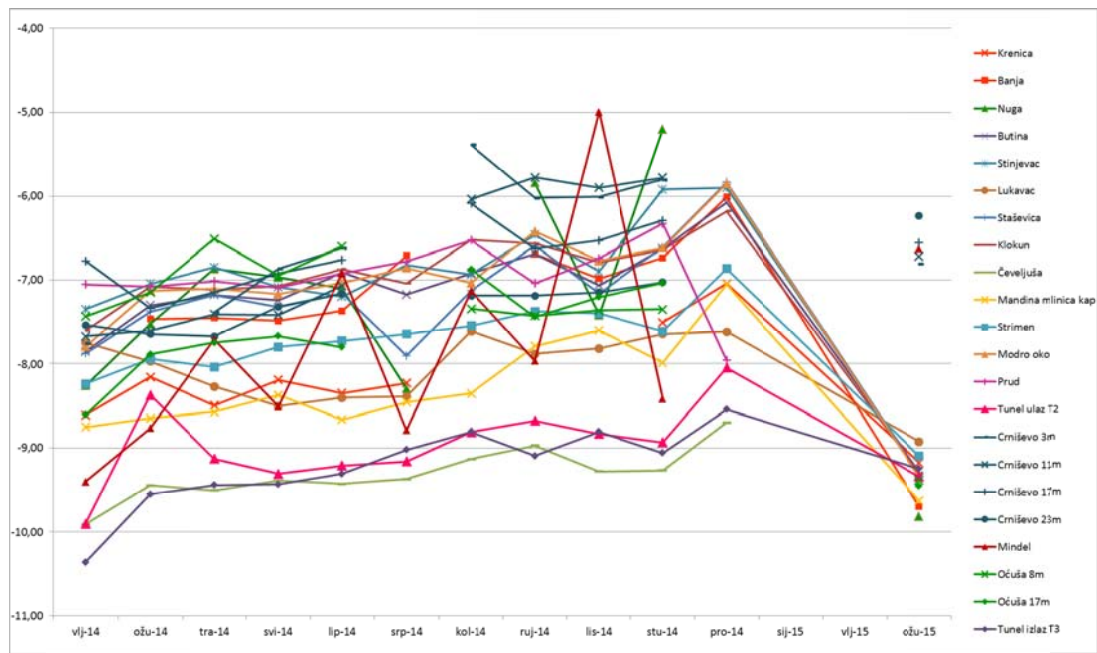
Slika 102. Relativni odnosi u visinama područja prihranjivanja izvora.

S Lokalnom meteorskom linijom se najbolje podudaraju izvori Butina, Stinjevac, Modro oko, Prud, Klokun, površinski tok Matice u Staševici te uzorci iz jezera Crniševo i Oćuša (slika 102). Ukoliko se ovi podatci usporede s relativnim visinama prihranjivanja izračunatim na temelju izotopnog svojstva visinskog efekta može se uočiti kako upravo ti izvori koji se najbolje podudaraju s LMWL oborinama imaju najniže visine pretežnog područja prihranjivanja zbog čega se dobro podudaraju s LMWL kiša za područje Dubrovnika. To govori u prilog gore spomenutog problema neadekvatnog korištenja LMWL kiša s područja Dubrovnika za cijelo istraživano područje.

S obzirom na izračunate relativne visine prihranjivanja izvora može se izdvojiti neobična vrijednost dobivena za izvor Čeveljuša (Slike 101, 102). Pored toga i na slikama se izvor Čeveljuša izdvaja s najnegativnijim vrijednostima izotopa, kao i najmanjim oscilacijama tijekom godine. To je relativno mali izvorčić koji u zaleđu nema značajna brda koja bi potkrijepila ovako velike vrijednosti. Inače, veliki izvori imaju puno manja izotopna variranja nego lokalne oborine i na određenom području obično manje variraju od malih izvora. Pretpostavlja se kako takvim vrijednostima doprinosi rijeka Neretva koja tuda protječe i miješa se s izvorskom vodom Čeveljuše. Da bi se to potvrdilo trebalo bi imati vrijednosti sadržaja mjesečnih izotopa iz toka Neretve i napraviti usporedbu, što bi također trebalo biti tema jednog od budućih projekata u ovom dijelu južne Dalmacije.



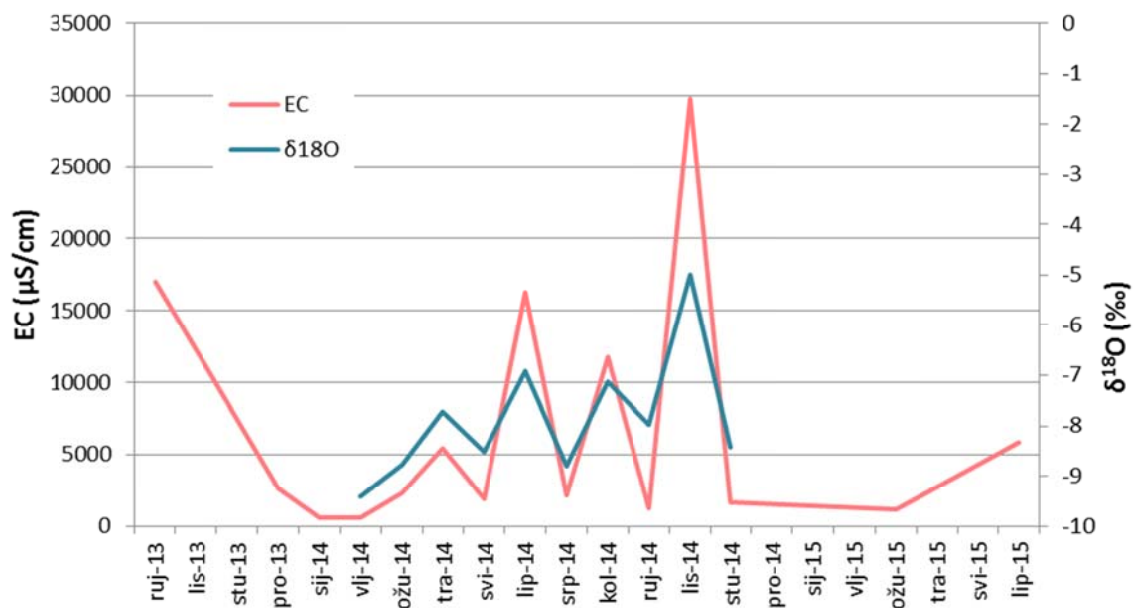
Slika 103. Relativne visine prihranjivanja određene iz vrijednosti sadržaja izotopa prikazane na reljefnoj karti područja istraživanja.



Slika 104. Mjesečne oscilacije stabilnog izotopa ^{18}O na svim opažanim lokacijama.

Koncentracije D i ^{18}O u meteorskim vodama na određenoj geografskoj lokaciji variraju kroz vrijeme. Djelomično su ta variranja odraz sezonskih promjena temperature na jednoj određenoj lokaciji. U pravilu, zimske oborine imaju manje D i ^{18}O nego ljetne oborine. (GOLDSCHIEDER & DREW, 2007). Međutim, iz mjesečnih oscilacija vrijednosti stabilnog izotopa ^{18}O može se primijetiti kako postoji lagani trend rasta vrijednosti od veljače 2014. do prosinca 2014. kada su gotovo na svim lokacijama izmjerene najviše vrijednosti (Slika 104). Jedno od objašnjenja bi moglo biti da u prosincu na izvorima istječu vode u kojima je udio ljetnih oborina izraženiji, kada su vrijednosti izotopa najpozitivnije. Nakon toga primjećuje se veliki pad vrijednosti na većini lokacija u ožujku 2015. Nažalost, zbog završetka istraživanja, u tom periodu su prekinuta mjesečna opažanja pa nedostaju podatci za siječanj i veljaču i ne može se zaključiti je li taj pad bio nagli ili postupan i teško je pretpostaviti koji je bio razlog tome. Jedan od razloga tako niskih vrijednosti mogao bi biti posljedica topljenja snijega, odnosno veći udio zimskih oborina. Tijekom opažane godine nije bilo velikih oscilacija sadržaja ^{18}O , što je djelomično možda uzrokovano izostankom pravih ljetnih suša i vrućina kada su vrijednosti izotopa pozitivnije. Najveće oscilacije sadržaja izotopa kisika ima izvor Mindel. S obzirom da se njemu ne može odrediti protok jer je pod usporom jezera Crniševo pokušalo se uzrok

potražiti uspoređujući vrijednosti izotopa s oscilacijama ostalih mjesečno mjenjenih parametara te je ustanovljeno izvrsno podudaranje s oscilacijama elektrolitičke vodljivosti (EC) (Slika 105). Vjerojatno su razlog velike oscilacije u njegovim protocima, što je praćeno oscilacijama u elektrolitičkoj vodljivosti (EC). Pad protoka na izvoru uzrokuje jače miješanje s jezerskom vodom. Jezerska voda ima pozitivnije vrijednosti izotopa pa se povećanje EC-a podudara s povećanjem sadržaja izotopa.



Slika 105. Usporedba EC-a i sadržaja $\delta^{18}\text{O}$ na izvoru Mindel.

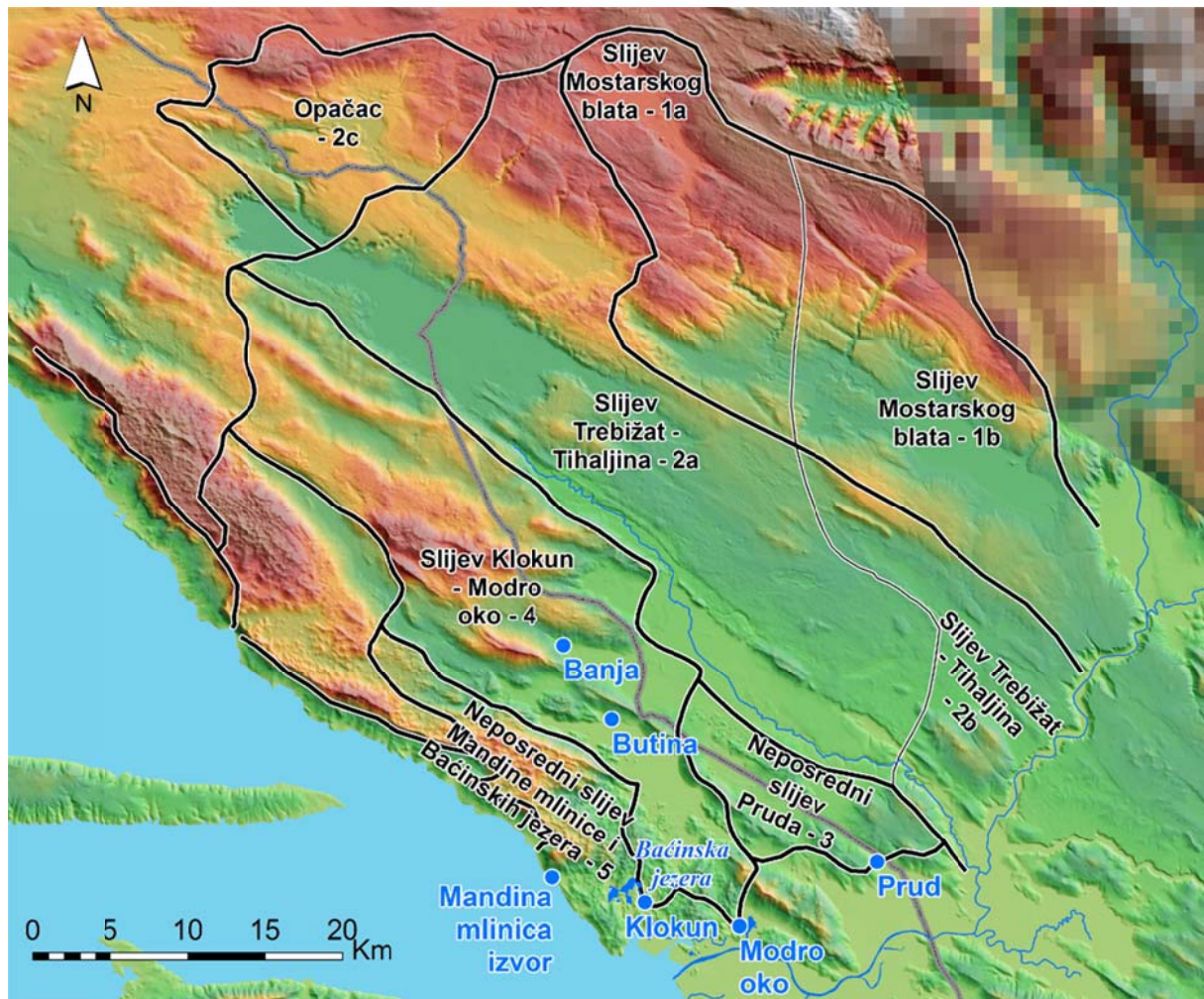
Zanimljiva je i pojava dvaju obližnjih izvora iz Rastok polja sjeverno od Vrgorca. Prema svim izmjerenim podacima izvori Banja i Krenica, koje se nalaze na maloj udaljenosti, imaju različite sljeve. Banja izvire iz jame samo u vrijeme najviših voda, a ostatak vremena razina vode u jami predstavlja razinu podzemne vode. Ona vjerojatno ima mali lokalni slijev, a na izvoru otječu te lokalno prikupljene oborine. Pozitivnije vrijednosti ljeti upućuju na procese evaporacije kojoj je izložena voda unutar špilje što je karakteristično za špiljske sustave, nesaturirane sredine i epikršku zonu (GOLDSCHIEDER & DREW, 2007). Rezultati istraživanja upućuju na to da izvor Krenica ima veći slijev i na višoj nadmorskoj visini nego Banja. Od izvora u sjeverozapadnom dijelu Vrgoračkog polja Lukavac ima male oscilacije sadržaja

izotopa i negativnije vrijednosti u odnosu na druge što ukazuje na slijev na nešto višim nadmorskim visinama.

Općenito, izotopna istraživanja su dala vrlo interesantne rezultate, no zbog kratkog razdoblja opažanja, netipične hidrološke godine i nedostatnih podataka sadržaja stabilnih izotopa lokalnih oborinama iz kontinentalnih dijelova slijeva, kojima se prihranjuju ovi izvori, nije moguće donositi čvršće zaključke na temelju izotopnih podataka s kojima se za sada raspolaže. Daljnja istraživanja na ovom području trebala bi uzeti u obzir ova ograničenja i na njima planirati buduća istraživanja.

7.2. Regionalna hidrogeološka konceptualizacija slijevnog područja

U slici 106 prikazana je konceptualizacija slijevnog područja. Budući se u dinaridskom kršu vode kreću izrazito zamršenim kanalima i putevima koji se ne mogu izravno motriti, za odredbu priljevni područja koriste se sve prikazane metode zajedno: od poznavanja geoloških struktura, funkcija dijelova terena, značajnih rasjeda i rasjednih/pukotinskih zona, privilegiranih putova krških podzemnih voda, trodimenzionalnog prostiranja propusnih područja, barijera, manje propusnih zona u podzemlju..., preko trasiranja podzemnih tokova, hidrogeokemijskih i izotopnih analiza, mjerenja i analize protoka na najvažnijim zonama istjecanja i površinskih tokova u kojima su česte izvorske ili ponorske zone (naravno, i estavelske), uz uključivanje hidroloških (prije svega bilančnih) izračuna i završne iteracijske interpretacije koja uključuje višedisciplinarni i transdisciplinarni pristup većeg broja uže specijaliziranih stručnjaka. Iako je slika 106 zapravo rezultat, a ne početni koncept ovog projekta, jer se do nje došlo u više koraka suradnje svih spomenutih struka i specijalizacija, ona se prikazuje već u ovom poglavlju, uvodnom za interpretaciju; pa se na nju poziva u sljedećim interpretacijskim potpoglavljima ovog izvješća koja slijede: hidrološkom i završnom hidrogeološkom.



Slika 106. Konceptualizacija područja napajanja zone istjecanja u južnoj Dalmaciji od desne obale doline Neretve (Prud, Desne, Modro oko, Čeveljuša), preko Baćinskih jezera i Klokuna, pa priobaljem do Mandine mlinice i konačne potpune fliške barijere u Podbiokovlju. Razrada na utjecajne površine ili podsljevove.

U daljnjim analizama u sklopu ovog elaborata dijelovi ovog cjelokupnog područja napajanja zone istjecanja (dakle, ne svakog pojedinog izvora nego cijele zone) nazivaju se **utjecajnim površinama**, a ne sljevovima ili podsljevovima. Razlog za takvu terminologiju leži u činjenici da je u krškom terenu ove vrste teško govoriti o primjerice, sljevu izvora Prud i sljevu izvora Klokun, jer oni dijele veliku površinu s koje se podzemne (ponekad dijelom i površinske) vode dreniraju prema njima. Još je složenije odijeliti sljevove primejrice Klokuna i Mandine mlinice, ili Modrog oka i Klokuna, a i sama Baćinska jezera imaju bitno drugačija hidrogeokemijska svojstva i režim od Klokuna koji se nalazi gotovo u njihovom sklopu. Stoga je potrebno

cjelokupnu površinu odijeliti, disretizirati, na manje utjecajne površine s kojih se vode dreniraju prema različitim zonama u različitim uvjetima, što je detaljno objašnjeno u potpoglavljima koja slijede.

7.3. Hidrološka analiza (bilanca)

7.3.1. Uvodne napomene o provedenim hidrološkim istraživanjima i analizama

Regionalni hidrogeološki sustav analiziranog šireg područja Baćinskih jezera (slika 106) vrlo je složen, i to kako zbog prirodnih značajki krških vodonosnika i utjecajnih sljevova, tako i zbog antropogenih utjecaja – izvedbe niza hidrotehničkih zahvata kojima je prostorno-vremenski promijenjena prirodna cirkulacija voda na tom regionalnom prostoru. Radi se o relativno uskom prostoru na kome se dreniraju tri važna izvorišta – izvor Klokun čije preljevne vode istječu u Baćinska jezera, izvoru Modro oko koji se drenira u hidromelioracijski sustav desne obale Neretve te izvor Mandina mlinica (Žrnovnica) koji istječe u more južno od Gradca. Spomenuti se sustav naslanja na susjedni sustav slijeva izvora Prud i s njim povezanim slijevom rijeke Trebižata koji također pripadaju sljevovima desne obale rijeke Neretve.

U sklopu EU projekta (IPA Adriatic 2007-2013) DRINKADRIA (<http://www.drinkadria.eu/>) provedena su hidrološko-hidrogeološka sagledavanja slijeva izvora Prud (RUBINIĆ et al., 2015) koji praktički u cijelosti dobiva vodu s područja susjedne Bosne i Hercegovine, a u danom dokumentu provedene su analize koje se nastavlja na obrade vezane uz izvor Prud, budući sustav od Mandine mlinice, preko Klokuna i Baćinskih jezera, do Modrog oka, u velikoj mjeri dijeli dalje zaleđe (slijevno područje) upravo s Prudom.

Radi se o prostoru na kome se nalazi nekoliko izvorišta veoma važnih za vodoopskrbu. Među njima posebno vrijedi istaknuti izvor Klokun, srednje godišnje izdašnosti oko $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ koji se koristi za vodoopskrbu šireg područja Ploča

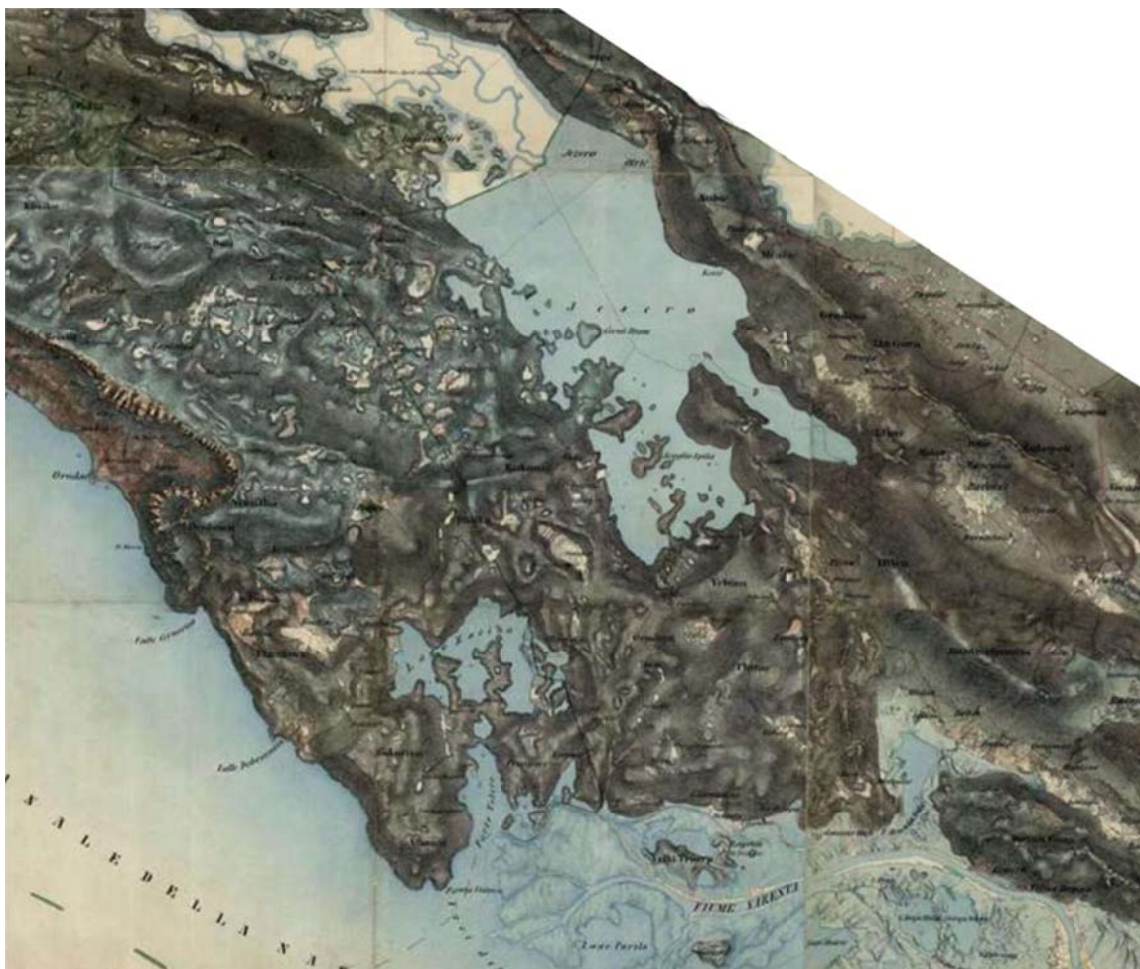
prosječno oko $0,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, a u maksimumu oko $0,13 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Srednja godišnja izdašnost izvora Modro oko je $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, kaptirano za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih površina, a za vodoopskrbu se koristi oko desetak Ls^{-1} . Treći važniji izvor koji se nalazi na analiziranom prostoru je priobalni izvor Mandina mlinica, nekadašnje vodocrpilište naselja Gradac, čija izdašnost varira između $0,5$ i $4,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, ali koje i redovito zaslanjuje. Unatoč tome, od nedavno (ljetno, 2015.) je Mandina mlinica opet aktivna. Staro vodocrpilištektivirano je kako bi se pomoglo općini Sućuraj i istočnom dijelu Hvara da privremeno premoste probleme s isporukom vode. Zimi, za vodnijih razdoblja, sadržaj klorida u izvorskoj vodi kreće se oko 15 mg/L a za sušnih ljetnih razdoblja poraste i do 4000 mgL^{-1} (SLIŠKOVIĆ, 2014). Izvor Prud se nalazi 10-tak km istočnije i najizdašniji je izvor u hrvatskom dijelu područja desne obale donje Neretve sa srednjom godišnjom protokom od oko $6,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (RUBINIĆ et al., 2015), od čega se za vodoopskrbu regionalnog vodoopskrbnog sustava „NPKL vodovoda“ koristi svega oko $0,12 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Radi se o regionalnim vodoopskrbnom sustavu koji opskrbljuje dio prostora u dolini rijeke Neretve (područje Metkovića, Opuzena i okolnih naselja), poluotoka Pelješca, otoka Korčule, a izgrađeni su i podmorski cjevovodi prema otocima Lastovu i Mljetu.

Pri provedenim analizama korišteni su podatci s klimatoloških i hidroloških postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) iz Zagreba koji ima organiziranu mrežu hidrološkog opažanja kako na sustavu površinskih voda Baćinskih jezera (vodokaz Šipak na kome se prate razine vode u jezerima i količine istjecanja iz jezera prema moru i vodotoka Vrgoračkog polja (sa zaključnim profilom Krotuša – Vrljika prije ulaska u odvodni tunel prema Baćinskim jezerima), tako i na mjestima njihovog istjecanja – izvorima Klokun i Prud, dok su motrenja na Modrom oku prestala krajem 2009. Prilikom provedenih obrada, radi nadopunjavanja nizova podataka korišteni su i podatci s postaje Kamenmost Vrljika koja je locirana na Imotsko-Bekijskom polju.

7.3.2. Hidrografski opis istraživanog područja

Istraživano područje obuhvaća uži prostor slijeva Baćinskih jezera i Mandine mlinice, kao i njihovo neposredno zaleđe – slijev izvora Prud i s njim povezani slijev rijeke Trebižata, Mostarskog blata te izvora Opačac koji se nalazi na prostoru Imotske krajine i prihranjuje slijev Trebižata. Rijeka Trebižat specifična je po tome što na različitim dijelovima svoga toka ima i različita imena – idući od ušća Trebižat se na uzvodnijim dionicama toka naziva još i Mlade, Sita i Tihaljina, gdje se na izvoru Tihaljine prekida površinski kontinuitet toka jer rijeka započinje svoj podzemni dio toka koji se uzvodnije nastavlja pod nazivima Vrljika, Sija, Suvaja, Ričica i Ričina (BONACCI et al., 2013; PEJAKOVIĆ & KNEŽEVIĆ, 2010). Prikaz pojedinih grupiranih slijevnih cjelina dan je u slici 106. Vidljivo je kako je za neke vodotoke (Trebižat) dana detaljnija raščlamba pojedinih slijevnih cjelina unutar slijeva tog vodnog tijela, a za neke je sjevove (Baćinska jezera s izvorom Klokun te izvor Modro oko) dan zajednički slijev zbog toga što se njihovi parcijalni sjevovi nisu dali hidrogeološki izdiferencirati. U tom hidrološkom sustavu djeluje niz krških polja, vodotoka pa i hidrotehničkih tunela koji međusobno povezuju pojedine slijevne cjeline i vodna tijela, zamršujući tako dodatno prirodnu kršku hidrografiju.

Prikaz stanja prije izgradnje tunela u hidrotehničkom sustavu Baćinskih jezera dan je na slici 107 gdje je prikazano stanje iz 1854.g. Na spomenutoj slici je vidljivo prostrano zajezereno područje sadašnjeg Vrgoračkog polja sjeverno od Baćinskih jezera, a koje i dan-danas nosi hidronim Jezero, te je dijelom godine usprkos probijanju tunela velikim dijelom površine i godine ujezereno.



Slika 107. Prikaz područja Baćinskih jezera i njihova zaleđa prije provedbe opsežnih hidrotehničkih zahvata

http://mapire.eu/en/map/mkf_dalm/?zoom=7&lat=43.55197&lon=16.90064

U slici 108 detaljnije je prikazano stanje iz tog doba na lokalitetu Modrog oka iz kojeg je vidljivo kako je prije provedbe opsežnih regulacija u dolini Neretve sadašnje jezero Desne i aluvijalno oko – jezero Modro oko bilo dio istoga zamočvarenog područja. Prve opsežnije hidrotehničke studije napravljene su za vrijeme mletačke uprave tim područjem kada ing. Zavoreo 1792.g. podnosi izvještaj Senatu Mletačke republike s prijedlozima određenih zahvata radi poboljšanja stanja i uređenju ribnjačkih površina. No, ti prijedlozi nisu rezultirali pokretanjem stvarnih aktivnosti na tom području tako da je tek nakon pada Mletačke republike i dolaska Austrijske uprave (s međuepizodom francuske okupacije), pola stoljeća nakon spomenutog izvještaja došlo do obnove ideje o poboljšanju stanja, ali i neposrednih hidrotehničkih

zahvata. Godine 1841.g. ing. Matteis je obišao to područje i predložio određene zahvate, koji su i krenuli u realizaciju 1845.g., a intenzivirani 1862.g., ali su tek 1881.g. započeli radovi na samoj regulaciji korita Neretve, koji su završeni 1889.g. tehničkim rješenjem s mogućnošću plovnosti brodova do 2000 t sve do Metkovića (SMOLJAN, 1970). Hidromelioracijskim radovima u dolini Neretve smanjena je površina jezera hrvatskog dijela delte Neretve prije melioracije s nekadašnjih 1404 ha na 635 ha. U sadašnje vrijeme još postoje Desansko jezero, jezero Vlaška, Parila i Kutli, a vrlo često se i za aluvijalno izvorište Modro oko koristi termin jezero.



Slika 108. Prikaz područja lokaliteta Modrog oka i jezera Desni prije provedbe opsežnih hidrotehničkih zahvata

(http://mapire.eu/en/map/mkf_dalm/?zoom=7&lat=43.55197&lon=16.90064).

Neposredno nakon toga slijedili su radovi na uređenju močvarnih dijelova donje Neretve, ali i poboljšanju uvjeta odvodnje i na drugim okolnim područjima

interesantnim za poljoprivredu. Tako je 1913.g. iskopan prvi tunel duljine 124 m koji povezuje Baćinska jezera i lokalitet Bare na području sadašnjih Ploča, a prokopan je i 576 m dug kanal do mora kroz Bare kapaciteta $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (slika 109.). Posljedica toga bila je da su se smanjile visoke razine vode u Baćinskim jezerima i omogućila odvodnja 156 ha zemljišta (SMIRČIĆ et al., 1995). Kapacitet tunela prema moru povećan je 1940. godine i sada prema DHMZ-ovim podatcima s mjerne postaje Šipak iznosi oko $67 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

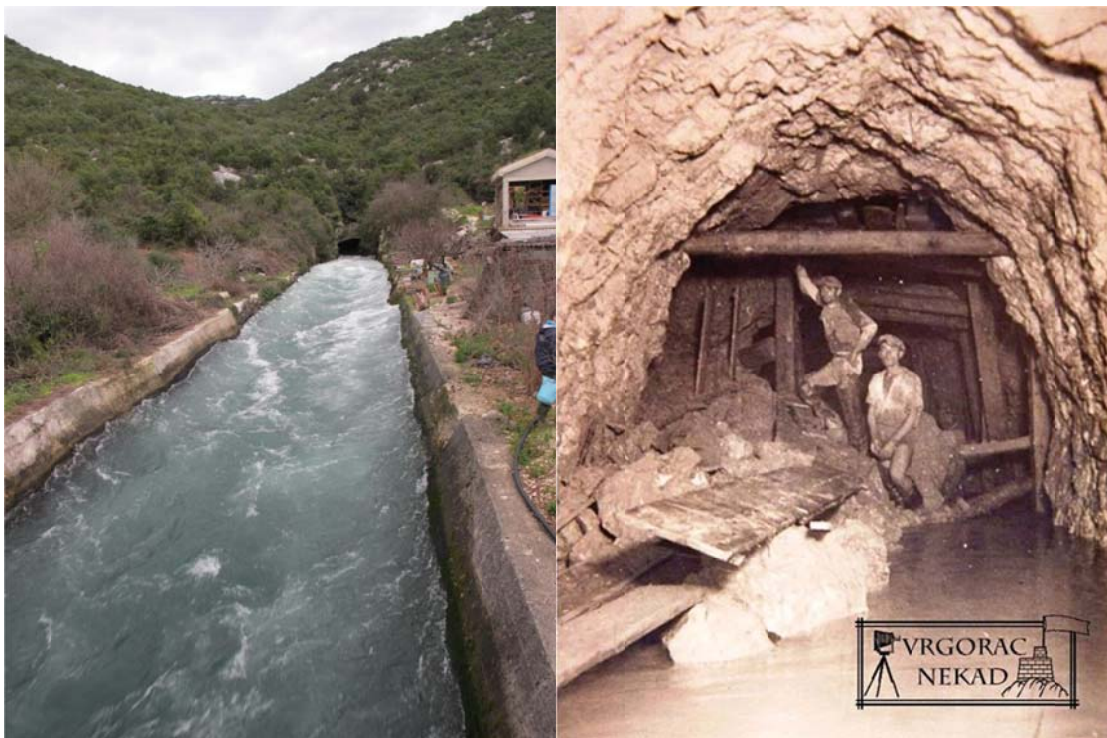


Slika 109. Odvodni kanal a) nizvodno od tunela Baćinska jezera – Bare, b) utok u more u Pločama

Godine 1938. završen je jedan puno dulji tunel (2192 m) kapaciteta $22 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ koji je u još većoj mjeri promijenio dinamiku otjecanja voda s toga prostora, a koji na lokalitetu Krotuša povezuje Vrgoračko polje, nekadašnje Jezero koje je u prirodnom režimu bilo zajezereno veći dio godine i Baćinska jezera (SMIRČIĆ et al., 1995; VUKOSAV, 2006) (slika 110). Taj je tunel (slika 110) i na njega vezan hidrotehnički sustav nekoliko puta do sad rekonstruiran, a što je sredinom sedamdesetih rezultiralo udvostručenjem njegova kapaciteta kao i smanjenjem trajanja i intenziteta poplava na Vrgoračkom polju. Naime, radi se o vrlo nisko položenom krškom polju kote 20 - 30 m n. m. kojim protječe vodotok Matica duljine oko 26 km, vrlo često spominjana i kao Matica Vrgoračka ili Vrgorska. Ona se javlja u Vrgoračkom polju s nekoliko stalnih i periodičnih vrela, od kojih su stalna vrela (Butina, Stinjevac, Lukavac)

smještena u podnožju jugozapadne padine Prologa na nadmorskim visinama od 23 do 26 m, a periodična vrela na sjevernom rubu Vrgorskog polja.

Prije izgradnje odvodnog sustava Vrgoračko polje se odvodnjavalo isključivo putem ponora na jugoistočnom rubu polja (Umčane, Staševica, Crni Vir i Krotuša) od kojih neki djeluju kao estavele. Velike količine izvorskih i oborinskih voda periodično plave polje koje se podzemnim dotokom napaja i s viših horizonata cca. 40-tak višim poljem Rastok i oko 230 m višim Imotsko-Bekijskim poljem, a postoje i pretpostavke o mogućoj povezanosti s poljem Jezercem, koje je također na 40-tak metara većoj nadmorskoj visini. Godine 1985. izgrađen je i odvodni tunel iz polja Rastok koji ga povezuje s Vrgoračkim poljem, duljine 1607 m i kapaciteta $18,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (HEKMAN, 2006), ali isti nije u funkciji (SMIRČIĆ et al., 1995; BONACCI, 2005) zbog nužnosti prethodnog rješavanja problema evakuacije velikih voda u Vrgoračkom polju.



Slika 110. Vrgorački tunel usmjerava vode iz Matice Vrgorske ka Baćinskim jezerima a) pogled na izlazni dio tunela b) pogled na tunel u izgradnji 1937.g.

[\(https://www.facebook.com/Vrgoracnekad/photos/](https://www.facebook.com/Vrgoracnekad/photos/)

[a.854489701260774.1073741828.853981087978302/937727866270290/?type=1&permPage=1\).](https://www.facebook.com/Vrgoracnekad/photos/a.854489701260774.1073741828.853981087978302/937727866270290/?type=1&permPage=1))

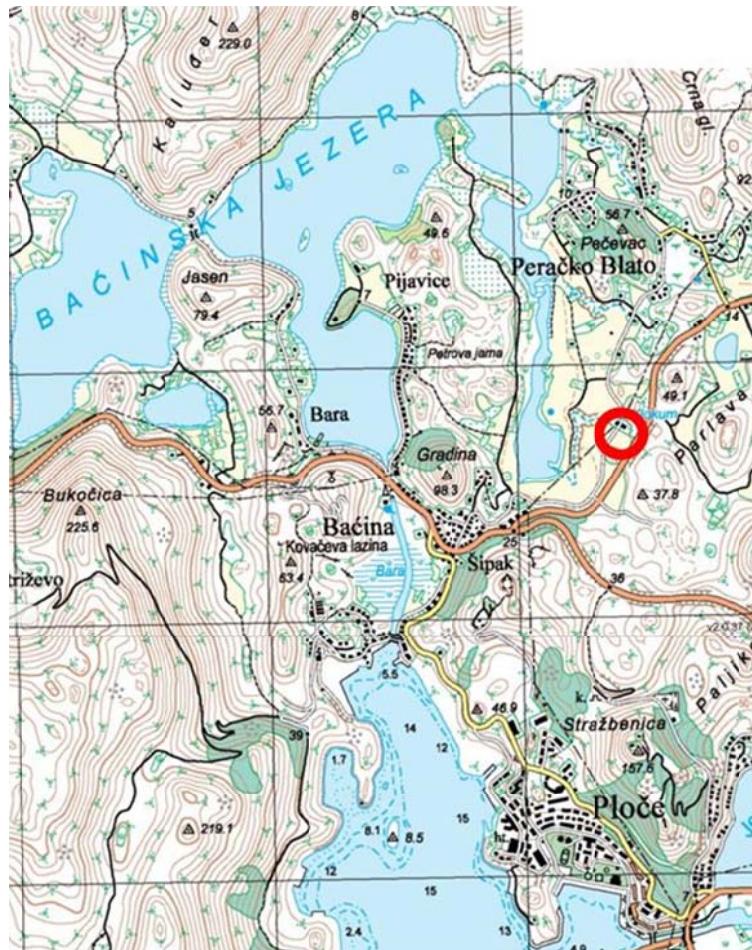
Najviši horizont krškog polja sa stalnim tokom vode u hidrografskoj mreži na širem regionalnom prostoru je Imotsko-Bekijsko polje koje se pruža između kote od oko 270 m n.m. na zapadnom dijelu polja gdje je smješteno nekoliko izvora među kojima je najznačajniji Opačac kojime se kao jedinim stalnim pritokom prihranjuje vodotok Vrljika, koji uzvodnije prima i vode povremenih bujičnih vodotoka Ričine na kojoj je izgrađena višenamjenska akumulacija volumena 33,1 hm³, no koja zbog gubitka vode iz zaplavnog prostora funkcionira kao retencija. Nizvodno od akumulacije, ulaskom u Imotsko-bekijsko polje Ričina mijenja ime u Suvaja na kojoj je kod Prološca formirana retencija koja praktički gubi svoju prvotnu funkciju nakon izgradnje akumulacije Ričica iz koje se samo povremeno ispuštaju vode za navodnjavanje. Iz retencije vodi kanal Sija dužine 7,2 km koji se ulijeva u Vrljiku. Dotoci Ričinom su smanjeni i nakon izgradnje akumulacije Tribistovo u njenom gornjem toku na teritoriju Bosne i Hercegovine.

U prirodnom stanju voda se iz Imotsko Bekijskog polja drenirala na niže horizonte putem niza ponora lociranih u donjem dijelu toka Vrljike, kao što su Šainovac, Nuga, Bilo polje i drugi, a koji se nalaze na prostoru susjedne Bosne i Hercegovine pri kotama od oko 250 m n.m. Izgradnjom tunela Pećnik (1951.g.) vode s Imotsko - Bekijskog polja dovode se do Peć-Mlina gdje se nalazi i izvor Tihaljine, koja u nizvodnijem dijelu toka, po prijvatu voda izvora Klokun u Klobuku, dobiva ime Mlade. Sva složenost hidrotehničkih rješenja odvodnje i navodnjavanja toga područja ogleda se u tome što se iz Mlade kanalom Parilo te Brza voda prihranjuje vodotok Matica koji protječe poljem Rastoka, odakle se putem ponora i tunela voda s polja Rastoke drenira u slijev Vrgoračkog polja. Zoran shematski situacijski prikaz hidrotehničkim rješenjima osigurane povezanosti pojedinih krških polja na različitim horizontima dan je na slici 111.

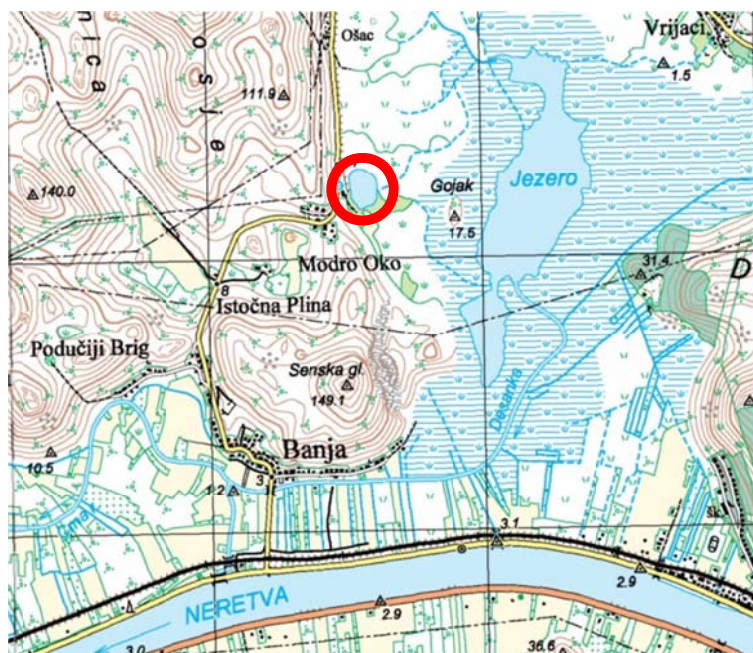


Slika 111. Shematizirani situacijski prikaz hidrotehničkih rješenja povezanosti Baćinskih jezera s poljima u njegovom zaleđu - preuzeto iz BONACCI, 2005)

Kartografski prikaz položaja analiziranih glavnih izvora na najnižoj drenažnoj bazi – razini Baćinskih jezera (izvor Klokun), dolini Neretve (izvor Modro oko) te razini mora (izvor Mandina mlinica) dani su na slikama 112-114.



Slika 112. Položaj izvora Klokun u odnosu na Baćinska jezera



Slika 113. Položaj izvora Modro u dolini Neretve



Slika 114. Položaj izvora Mandina mlinica u uvali Žrnovnica južno od Gradca

Baćinska jezera (tablica 1, slika 1) čini skupina od šest međusobno povezanih jezera – Oćuša (Voćuša), Crniševo (Trniševo), Podgora, Sladinac, Vitanj i Plitko jezero, te jednoga odvojenog – Vrbnik (Vranjak) u neposrednom zaleđu Ploča prema kojima se spojnim tunelom u more provodi višak voda iz jezera. Radi se o kriptodepresijama, s maksimalnim dubinama vode između 5 (Plitko jezero) i 34 m (Crniševo), dok srednja razina vode na postaji Šipak iznosi 1,4 m n. m., minimalna 0,38 m n. m. (1985.) a maksimalna 3,9 m n. m. (1996).

Radi se o jezerima koja imaju naglašenu dinamiku izmjene vode kako zbog vlastitih dotoka putem stalnih izvora kao što je Klokun, niza povremenih izvora s kojih se dreniraju vode s viših horizonata krških polja i neposrednog krškog vodonosnika, kao i zbog voda koje u sustav Baćinskih jezera dotječu tunelom s Vrgoračkog polja. Najveće i najdublje jezero Crniševo vezano je i za hidrološki sustav povremeno zaslanjenog izvora Mindel putem kojega se dijelom i ono zaslanjuje. Jezera su s morem povezana putem tunela izgrađenog uz rub jezera Sladinac. Sadržaj klorida u jezerskoj vodi prati se na jezeru Crniševu i kreće se u vrlo širokom granicama od 4 do 900 mgL⁻¹ (TOMAS et al., 2013).

7.3.3. Metodologija ocjene globalne vodne bilance

Obzirom na složenost hidroloških prilika i nedostatak primjerenih mjerenih podataka, procjena globalne vodne bilance analiziranog područja provedena je na temelju analize rezultata hidroloških procjena temeljenih na hidrogeološkim ocjenama položaja granica slijevnih cijelina, klimatološkim podacima te usporedbom tako dobivenih podataka s raspoloživim rezultatima hidroloških opažanja. Takav se pristup temelji na usporedbi mjerenih podataka o bilanci protoka koja istječe na izvorima i podataka o bilanci efektivnih oborina koja se infiltrira u slijev, pri čemu se koriste podatci o oborinama i temperaturama u slijevu. Pri ocjeni bilance tih efektivnih oborina na području hrvatskog krša najčešće se koriste empirijski modeli TURCA (1954) i LANGBEINA (1962), a koji su modificirani i razvijeni za primjenu u GIS okruženju (HORVAT & RUBINIĆ, 2006). Radi se o modelima pomoću kojih je, na temelju prostorne procjene količine godišnjih oborina i prosječnih godišnjih temperatura zraka u analiziranom slijevu, uz hidrogeološkim metodama određenu površinu slijeva, moguće odrediti prostornu raspodjelu efektivne godišnje oborine, odnosno dio oborina koje su infiltrirane u slijev krškog vodonosnika. Odabir mjerodavnog modela provodi se na temelju usporedbe mjerenih i procijenjenih vrijednosti srednjih godišnjih dotoka, a u nedostatku mjerenih podataka o protokama izvora i na temelju ekspertne procjena, kao i regionalnih formula koje daju procjene srednjih godišnjih otjecajnih koeficijenata. Osim na razini godišnjih vrijednosti, moguće promjene hidroloških prilika uslijed očekivanih klimatskih promjena iskazane su i na kraćoj vremenskoj skali, pri čemu je, kao najmjerodavniji za ocjenu kritičnih hidroloških prilika za potrebe vodoopskrbe, kao reprezent unutargodišnje raspodjele sušnih hidroloških prilika odabran parametar najmanje srednje mjesečne protoke.

Procjena vodne bilance na godišnjoj razini je osnova korištenog bilančnog modela. Elementi vodne bilance su definirani korištenjem dvaju modelskih pristupa: prvog zasnovanog na metodologiji predloženoj od strane TURCA (1954), te drugog po LANGBEIN-ovoj metodologiji (1962). Turc-ova formula sadrži deficit otjecanja (D) kao funkciju oborina (P) i temperaturnog faktora (L):

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (1)$$

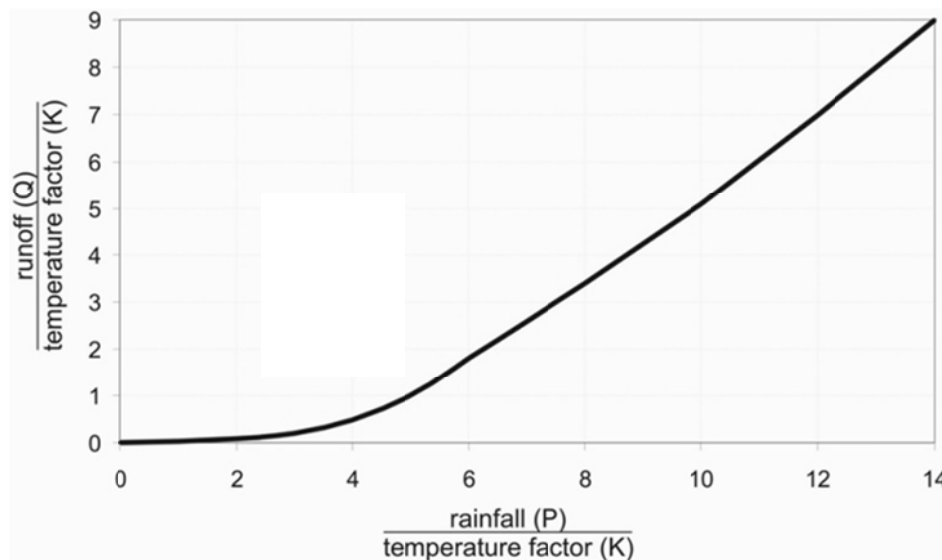
Temperaturni faktor (L) je proračunat pomoću formule:

$$L = 300 + 25 \times T + 0.05 \times T^3 \quad (2)$$

gdje T predstavlja povećanje temperature zraka.

Kao što pokazuje slika 115, Langbein-ova metoda je zasnovana na međudnosu između faktora međudnosa oborina i temperatura (P/K) i faktora odnosa otjecanja i temperatura (Q/K), odnosno ona koristi oborine i temperature zraka kao ključne parametre za procjenu otjecanja. Temperatura zraka (T) je ugrađena u formulu za temperaturni faktor (K) koji se povećava eksponencijalno s porastom temperature:

$$K = 10^{0.0278T + 0.886} \quad (3)$$



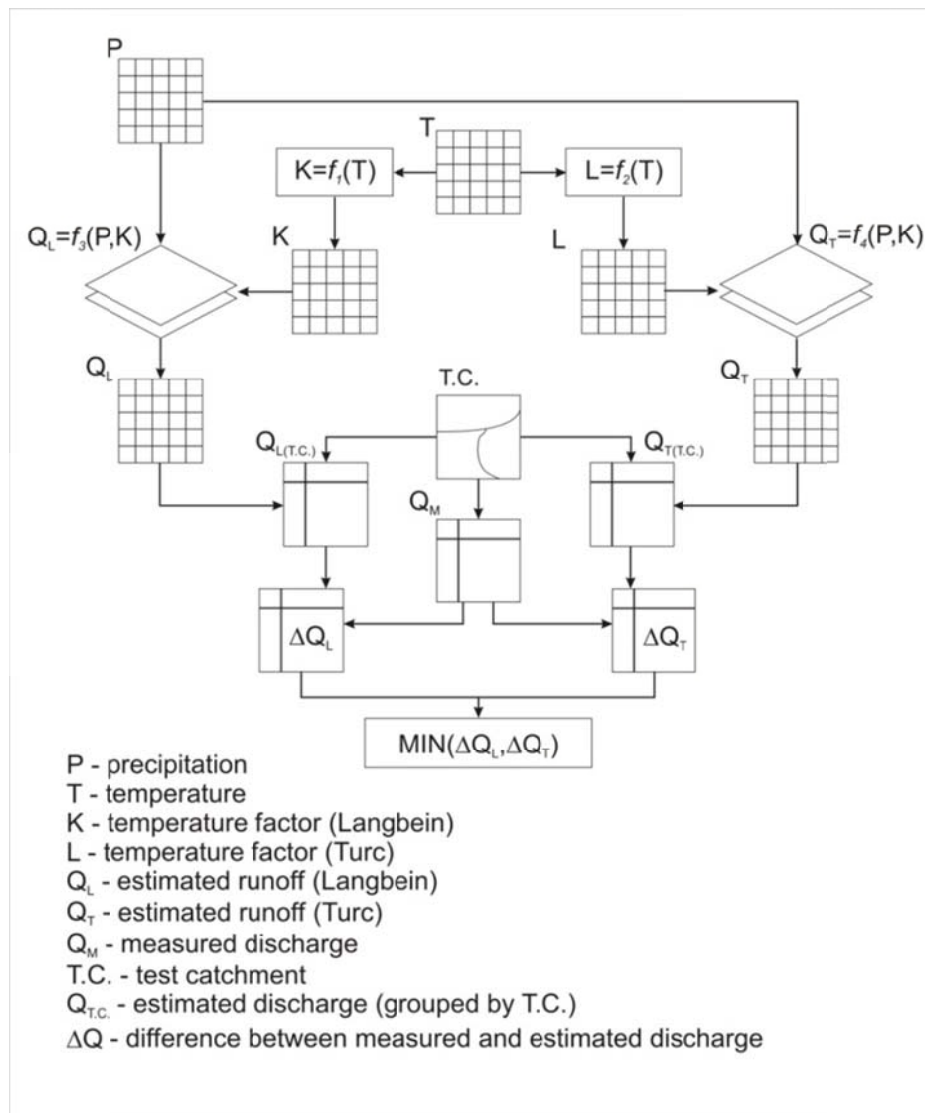
Slika 115. Langbeinova metoda: međudnos P/K i Q/K

Oba pristupa koriste prosječnu godišnju količina oborina i temperature zraka (često su to i jedini dostupni klimatološki podatci u hidrološkoj analizi otjecanja) kao prostorno promjenjive ulazne parametre. Geografski informacijski sustavi uvelike

olakšava procjenu prostorne raspodjele i prostorne analize ulaznih parametara i rezultata.

Prva iteracija (slika 116) u procjeni godišnjeg otjecanja počinje s razgraničenjem sljevova, na temelju hidrogeoloških procjena, nakon čega slijedi procjena prostorne raspodjele meteoroloških parametara (oborina i temperature). Zatim se provodi procjena prostorne raspodjele prosječnog godišnjeg otjecanja, što može biti napravljeno pomoću Turc-ove i Langbein-ove metode. Na temelju tih rezultata provode se usporedbe s mjerenim podacima. Ako su razlike zanemarive, odabrana metoda, odnosno njeni rezultati se mogu prihvatiti i ići u 3. korak, odnosno konačne procjene godišnjeg otjecanja. Inače, ponavlja se druga iteracija, koja onda uključuje izmjenu jednog od ulaznih parametara (npr. sljevna granica – razvodnica) ili pak neku promjenu u samoj metodologiji (kao što su modifikacije analitičkim izrazima koji se koriste za procjenu hidroloških parametara).

Kalibracija i validacija modela, odnosno verifikacija rezultata provedenih modeliranja provedena je u dva segmenta – kalibracije ulaznih podataka u hidrološki model (podataka o prostornoj raspodjeli prosječnih godišnjih podataka o oborinama i sr. god. temperaturi zraka) za referentno 30-godišnje razdoblje 1961.-90. na način da su utvrđeni korekcijski međuodnosi između točkastih podataka mjerenih na lokalitetu odabrane klimatološke postaje i vrijednosti dobivenih na temelju njihove prostorne raspodjele. Drugi segment provedene kalibracije tijekom istog vremenskog 30-godišnjeg razdoblja odnosio se na odabir mjerodavnog modela procjene sr. godišnjeg otjecanja/efektivnih oborina (po Turc-ovom ili Langbein-ovom modelu). To je napravljeno na temelju regionalnih saznanja, kao i usporedbe rezultata modeliranja i mjerenih podataka o otjecanjima na širem regionalnom prostoru, s time da su mjereni podatci o protocima s odabranih hidroloških postaja analiziranog prostora produljeni na referentno 30-godišnje razdoblje na temelju regresijskih veza s podacima obližnjih hidroloških postaja.

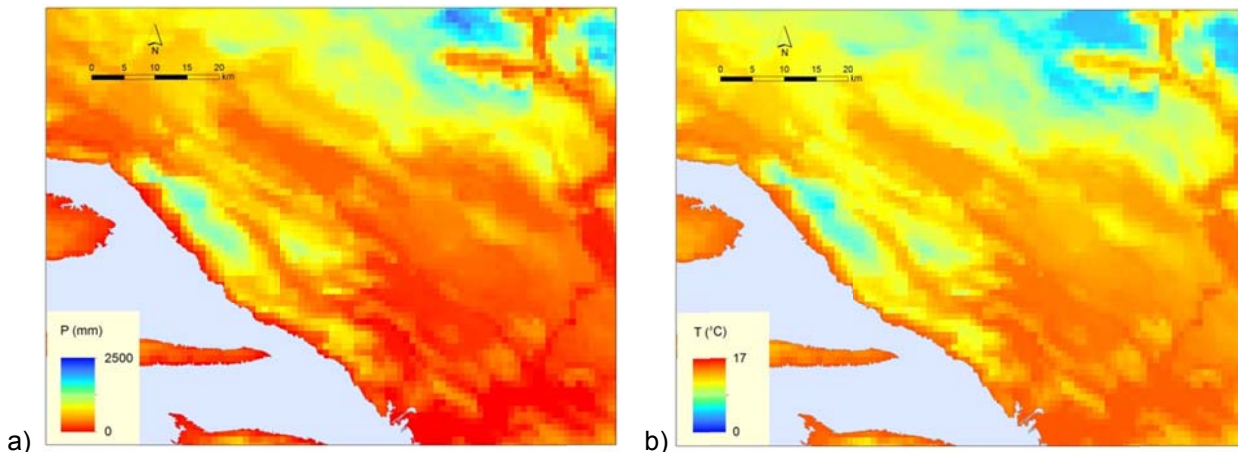


Slika 116. Shematski prikaz prve iteracije pri postupku bilančnih procjena.

7.3.4. Rezultati procjene globalne vodne bilance

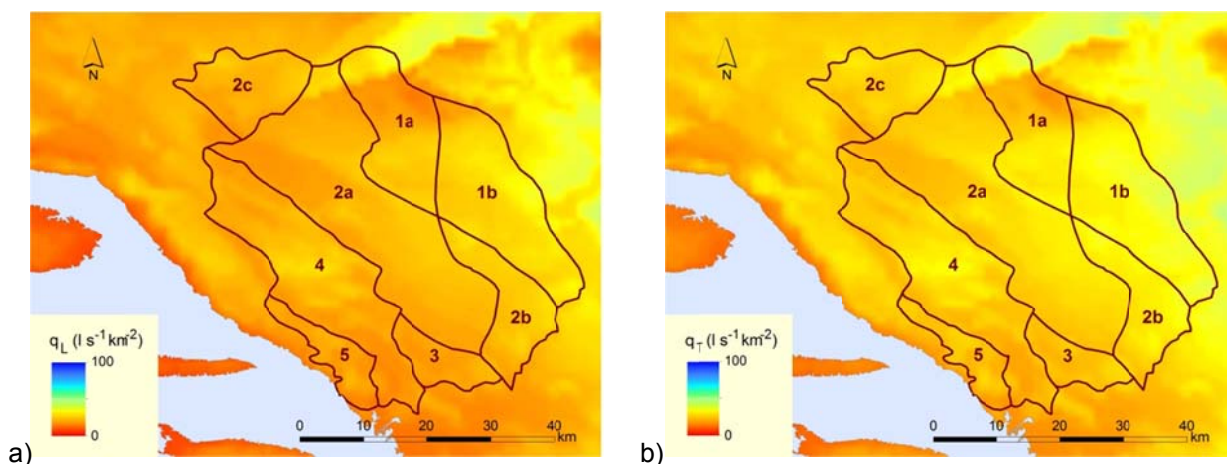
Raspoloživost adekvatnih podataka i podloga uvjetuje primjenu pojedinih metoda procjene otjecanja. Klimatološki podatci (količine oborina i temperature zraka) korišteni u analizi sljevova na području slijeva Baćinskih jezera i njihovog zaleđa dostupni su u obliku prostorne raspodjele srednjih godišnjih vrijednosti za 30-godišnje vremensko razdoblje (1961.-1990.), a u formi rastera prostorne rezolucije

1.000 m, koje su izradili stručnjaci Državnog hidrometeorološkog zavoda (slika 117). Radi se o prostornoj rezoluciji istovjetnoj prostornoj rezoluciji korištenog digitalnog elevacijskog modela (DEM-a).

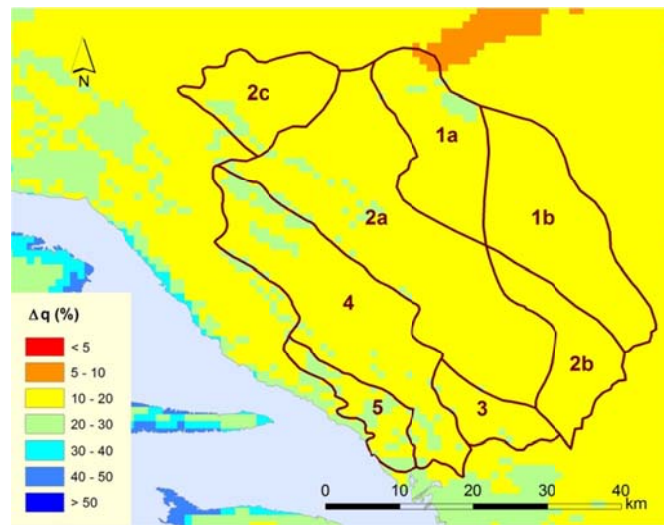


Slika 117. Prostorna raspodjela a) srednjih godišnjih količina oborina b) srednje godišnje temperature zraka za područje Južne Dalmacije (1961.-1990.) (prema DHMZ-u)

Na temelju tih prostornih klimatoloških podloga, kao i hidrogeološkim metodama određenih granica pojedinih slijevnih cjelina (slika 118), sukladno prikazanoj metodologiji, definirane su karte prostornih raspodjela specifičnog otjecanja po metodi Langbeina (slika 118.a) i metodi Turca (slika 118.b) te izračunata karta prostornih razlika u rezultatima dobivenim obim metodama (slika 119.) na analiziranim područjima.



Slika 118. Prostorna raspodjela specifičnih protoka za razdoblje 1961.-1990. na području Južne Dalmacije određena: a) Langbeinovom metodom; b) metodom Turca.



Slika 119. Razlika u rezultatima dobivenim po metodama Turca i Langbeina za razdoblje 1961.-1990.

Na odabranim sljevovima prikazanim na slici 118. procijenjeno je srednje godišnje specifično otjecanje, a osnovni rezultati (prosječne temperature i oborine za pojedine slijevne cjeline) su dani u tablici 9, kao i u tablici 10 gdje su prikazane vrijednosti specifičnih, kao i ukupnih srednjih godišnjih protoka s analiziranih sljevova pojedinih izvora.

Općenito, vrijednosti specifičnih protoka dobivenih Langbeinovom metodom na svim analiziranim sljevovima su niže od vrijednosti dobivenih metodom Turca. Vidljivo je kako je na području Južne Dalmacije otjecanje najviše u sjeveroistočnim dijelovima gdje su i oborine najviše tj. na višim nadmorskim visinama (mjestimice premašuje čak $50 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$). Tu su ujedno i razlike u rezultatima dobivenim dvjema primijenjenim metodama najmanje (uglavnom 10-20 %). U priobalnim dijelovima površinski otječe manje od $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$, a rezultati Turcove metode veći su od otjecanja dobivenog primjenom Langbeinove metode za 20-30 %. No, radi se o prostoru izvan granica analiziranih slijevnih područja, tako da se stvarne razlike rezultata procjena dobivenih prema spomenute dvije metode ocjene značajnije manje i kreću se oko spomenutih 10 - 20 %.

Tablica 9. Osnovni klimatološki elementi izdvojenih sljevova (1961.-1990.)

SLIJEV		Površina (km ²)	Sr. god. temperatura zraka (°C)	God. količine oborina (mm)
Mostarsko blato	1a	249,6	14,6	1496,0
	1b	358,8	12,9	1396,1
Tihaljina –Trebižat	2a	712,0	10,7	1665,9
	2b	179,1	12,7	1394,9
	2c	176,2	10,5	1414,0
Prud – neposredni	3	93,6	11,8	1479,6
Klokun – Modro oko	4	451,4	12,6	1699,6
Baćinska jezera – Mandina mlinica	5	98,4	9,3	1507,7

Tablica 10. Srednje godišnje vrijednosti protoka razmatranih slijevnih cjelina na temelju bilančnih procjena(1961.-1990.)

SLIJEV		Specifične protoke (l/s/km ²)		Ukupne protoke (m ³ s ⁻¹)	
		Po Turcu	Po Langbeinu	Po Turcu	Po Langbeinu
Mostarsko blato	1a	28,03	23,12	7,00	5,77
	1b	33,42	27,7	11,99	9,94
Tihaljina -Trebižat	2a	27,08	21,91	19,28	15,60
	2b	30,71	24,95	5,50	4,47
	2c	26,95	21,93	4,75	3,86
Prud –neposredni	3	24,2	19,49	2,26	1,82
Klokun – Modro oko	4	26,08	21,09	11,77	9,52
Baćinska jezera - Mandina mlinica	5	23,63	18,92	2,33	1,86

Analize vodnog potencijala izvora Prud provedene u okviru EU projekta DRINKADRIA (RUBINIĆ et al., 2015) rezultirale su procjenom ukupne izdašnost toga izvora za referentno 30-godišnje razdoblje 1961.- 90. s vrijednošću od $6,4 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Prema njima se iz slijeva Trebižata izvor Prud prihranjuje sa značajnije većim dotocima nego li su dotoci u neposrednom slijevu. Ta se razlika u dotocima kreće između $3,9$ i $4,34 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, a što je vrlo blisko procjenama gubitaka u slijevu Trebižata na dionici između hidroloških postaja Humac i Stubica, koje su napravili projektni partneri iz BiH-a (HEIS, 2015), i prema kojima je na razini srednjih godišnjih protoka taj gubitak $4,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Na razliku utječe i razdoblje obrada, pri čemu su kolege iz BiH u svom izvještaju koristili znatno dulji niz podataka (1926.-1978.), odnosno u analize su ušla i razdoblja s većim protocima u odnosu na 30-godišnje razdoblje, tako da su uslijed toga i gubitci nešto veći u odnosu na prosječne tijekom tog referentnog razdoblja s usvojenim prosječnim dotocima.

Ukoliko se kao mjerodavna raspodjela specifičnih protoka usvoji na Dinarskom prostoru najčešće korištena Turcova metoda (BONACCI, 1987) koja daje nešto veće bilančne doprinose, proizlazi da prosječnu bilancu slijeva Prud čini dotok iz vlastitog slijeva od $2,26 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, i $3,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ dotoka iz posrednog slijeva Trebižata, odnosno 20% od procijenjene bilance gornjeg dijela slijeva Trebižata (2a i c). Pri tome se nije išlo u daljnju raščlambu dotoka u taj slijev iz gornjih dijelova slijeva Mostarskog blata (1a) kao i izdvojenog neposrednog slijeva izvora Opačac (2c) u Imotsko-Bekijskom polju.

Ukoliko se pak razmotri bilanca dotoka u hidrološki sustav Baćinskih jezera, koji po danim hidrogeološkim postavkama (slika 117 i 118) generalno ima dva hidrogeološka sustava prihranjivanja – slijev izvorišta Klokun i Modro oko (koji izvire uz rub doline Neretve, tj. izvan samih jezera) koji je na spomenutim slikama označen brojkom 4, te neposredni slijev Baćinskih jezera i Mandine mlinice koji je označen brojkom 5. Sumarno, ova dva slijeva daju ukupni bilančni doprinos od $14,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ po procjenama baziranim na procjeni efektivnog otjecanja po metodi Turca, odnosno $11,38 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ po procjenama baziranim na procjeni efektivnog otjecanja po metodi Langbeina.

Ukoliko se pak ti podatci usporede s mjerenim hidrološkim podacima s analiziranog prostora obrađenim u okviru ove ekspertize, svedenim na isto razdoblje promatranja (1961.-1990.), dolazi se do sljedećih međuodnosa:

Ukupno istjecanje iz jezera u more je na temelju podataka s postaje Šipak ($12,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). Gubici na isparavanje čine znatan element vodne bilance, a kako nema mjerenih isparavanja na tom području, procijenjeno je da bi zbog većih temperatura godišnja visina isparavanja mogla biti oko 20% veća u odnosu na isparavanja s Vranskog jezera kod Biograda gdje su ona reda veličine 1532 mm godišnje (RUBINIĆ, 2014), odnosno 1834 mm. U tom slučaju, uz srednju površinu jezera od $1,383 \text{ km}^2$, dolazi se do procjene prosječnog bilančnog udjela gubitaka na isparavanje od $2,54 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Na temelju mjerenih podataka i njihove nadopune regresijskom analizom, srednja godišnja količina vode koja je tijekom analiziranog 30-godišnjeg razdoblja istjecala na Modrom oku je $1,48 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Prema svim tim podatcima, sumarna količina vode koja istječe iz sustava Baćinskih jezera i Modrog oka, ili se izgubila na isparavanje, iznosi $16 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ($12,0+2,54+1,48$).

S druge strane, mjerena i na osnovu mjerenih podataka regresijskim analizama procijenjena količina vode koja utječe u taj sustav putem tunela s Vrgoračkog polja (postaja Krotuša – Matica Vrgoračka) iznosi za navedeno 30-godišnje razdoblje $12,46 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, a što je nešto više nego li pokazuju rezultati ukupne bilančne procjene za slijevnu jedinicu 5 ($11,77 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, po metodi Turca koja je i na području izvora Prud ocijenjena prihvatljivijom, te 9,52 po metodi Langbeina), iako bi zapravo, s hipotetičkom pretpostavkom da sve vode s gornjih horizonata istječu u sustav Baćinskih jezera tunelom iz Vrgoračkog polja bilančni udio voda na toj cjelokupnoj slijevnoj jedinici trebao biti uvećan bar za dio koji se drenira na Modro oko, tj. ukupno iznositi oko $13 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, pri čemu je onda nepokrivena bilančna razlika oko $0,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Radi se dakle o razlici/količinama koje nedostaju u procjeni bilančnog doprinosa slijevne cjeline 5. Takve bilančne razlike mogu nastati iz više razloga, no vjerojatno je najprihvatljivije pretpostaviti kako iz sjevernih utjecajnih površina slika 106), i to iz podslijeva Trebižat-Tihaljina (+Opačac, + zapadni dio slijeva Mostarskog blata) postoje podzemno-vodni doprinosi, odnosno strujanje podzemnih voda prema jugu poprečno na geološku strukturu.

Još je nešto naglašeniji debalans – veće količine koje istječu iz sustava od procijenjenih količina koje dotječu u sustav Baćinskih jezera vidljiv ukoliko se usporede podatci izmjerenih ili procijenjenih vrijednosti bilančnih doprinosa dotocima ili istjecanjima iz samih Baćinskih jezera. Kao što je prethodno navedeno, iz jezera, na osnovu hidroloških podataka s postaje Šipak, prosječno istječe $12,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, na

isparavanje se prosječno gubi $2,54 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, i to daje ukupan bilančni izlaz od $14,54 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Mjereni, kao i regresijskim analizama nadopunjeni hidrološki podaci o dotocima u taj sustav pokazuju kako je bilančni doprinos voda izvora Klokun ($1,40 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) i dotoka vode tunelom iz Vrgoračkog polja Jezero ($12,46 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) ukupno $13,96 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, odnosno $14,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Dakle, i ovdje je vidljiv „višak“ vode koji istječe u odnosu na količine vode koje kontrolirano utječu u jezerski sustav od oko $0,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, i to bez da se pribrojio i dio voda koji se drenira s neposrednog slijeva Baćinskih jezera i Mandine mlinice (slijev 6 na karti), a čiji je ukupni bilančni udio procijenjen po odabranoj metodi Turca s $2,33 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Uz pretpostavku da manji dio voda s te zajedničke slijevne cjeline dotječe u Baćinska jezera (oko $0,5 - 2,33 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), a ostalo na Mandinu mlinicu, proizlazi da je ukupan bilančni debalans Baćinskih jezera oko $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, a što uzimajući u obzir i prethodna razmatranja gdje je razmotren i debalans kod procjene ukupnih dotoka sa slijevne cjeline 4 od oko $0,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, daje ukupnu razliku od oko $1,8$, odnosno zaokruženo $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Dakle, s područja slijevne cjeline 4 drenira se za oko $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ vode na vodne resurse nego li što sama ova slijevna cjelina producira protoka. Razlika bi se mogla tumačiti ili potrebom proširenja granica te slijevne cjeline, ili neiskazanim dotocima iz drugih sustava. U danom slučaju prihvatljivija je ova druga mogućnost zato što postoji niz antropogenih zahvata koji su izmijenili prirodnu sliku otjecanja na širem analiziranom prostoru. Poznato je da Vrgoračko polje, odnosno Vrgoračka Matica prima vode i iz susjednog Rastočkog polja, u koje su pak umjetno uvedene vode (za navodnjavanje) iz slijeva Trebižata, odnosno Mlade kanalom Parilo i Brza voda prihranjuje vodotok Matica koji protječe Rastočkim poljem. Količine voda koje tako dotječu iz slijeva Trebižata u Rastočko polje, kao i količine voda koje iz Rastočkog polja dotječu u Vrgoračko polje se hidrološki ne prate, ali je prihvatljiva pretpostavka da bi se moglo raditi o količinama za koje postoji iskazani bilančni debalans od $2,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Također, kao što je prethodno naglašeno, moguć je pa i vjerojatan doprinos iz sustava Trebižat-Tihaljina prirodnim podzemnim putevima poprečno i dijagonalno na geološku strukturu. Radi se o relativno manjoj razlici koja vjerojatno ima dio obrazloženja i u točnosti metodologije provedbe danih proračuna kao i točnostima mjerenih i nadopunjvanih hidroloških podataka. No, kako je jedan od osnovnih elemenata provedenih bilančnih sagledavanja bio ocjena prikladnosti hidrogeoloških

sagledavanja granica i veličina potencijalnih slijevnih cjelina, može se ustvrditi da su ih provedene hidrološke analize potvrdile.

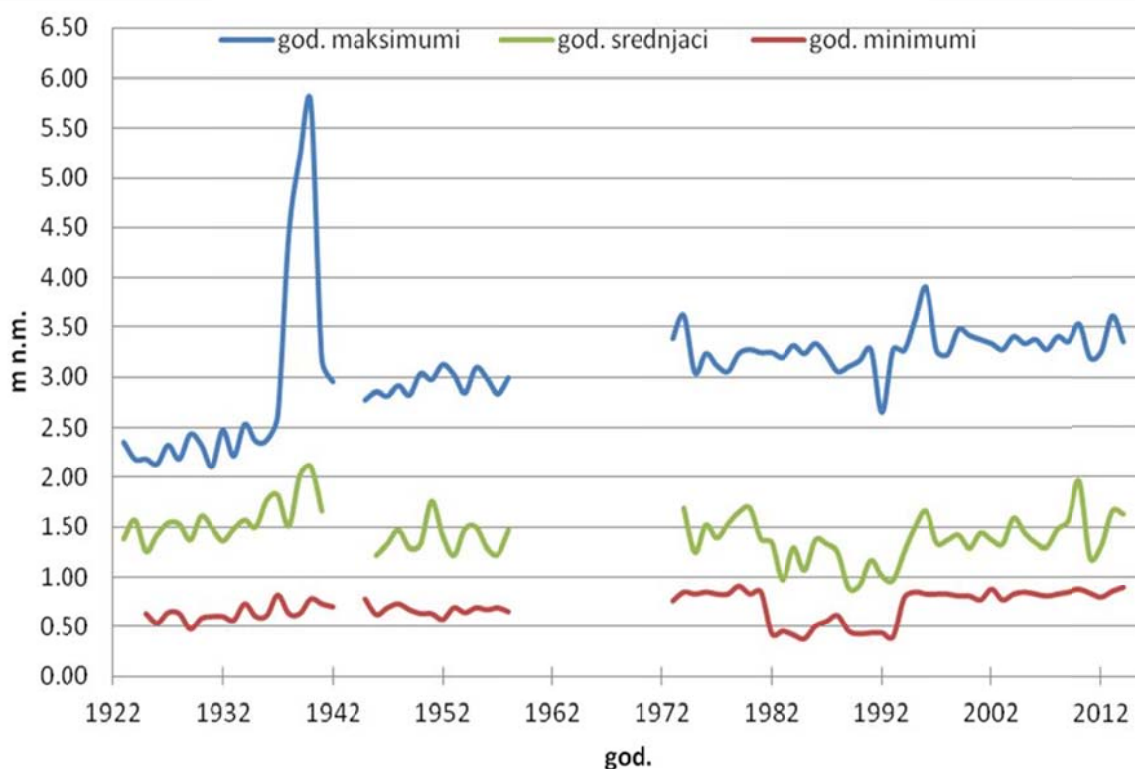
7.3.5. Hidrološka analiza mjerenih hidroloških podataka na utjecajnom slijevnom području

Na Baćinskim jezerima i širem utjecajnom području njihova slijeva, kao i slijeva Modrog oka i Mandine mlinice djeluje više hidroloških postaja. Najbolje je hidrološki kontroliran sustav Baćinskih jezera gdje se prate razine vode u jezeru, istjecanja iz jezera, kao i glavni dotoci s Vrgoračkog polja te u vidu preljevnih voda izvora Klokun (Slika 120), a prate se i stanja hidroloških prilika na višim horizontima. Izvor Modro oko je u sustavu hidroloških praćenja DHMZ-a bio tijekom razdoblja 1969.-2012. kada su hidrološka mjerenja ukinuta, pri čemu valja napomenuti da su se protoke na toj postaji obračunale samo za razdoblje 1980.-1991. Te 1995.-2009. Izvorište Mandina mlinica (Slika 35) nije nikad bilo u sustavu hidroloških mjerenja DHMZ-a zbog velikog utjecaja uspora mora na razine vode na izvoru.



Slika 120. Izvorište Klokun – pogled na vodokaznu letvu – markirano.

Najstarija hidrološka postaja na analiziranom području je postaja Šipak kojom se prate razine vode u Baćinskim jezerima. Osnovana je još 1.7.1894.g., a podatci u banci DHMZ-a čuvaju se od 1923.g. Postaja je ukinuta 1.1.1959.g., ali je ponovno uspostavljena 17.1.1973. s istom kotom nule vodokazne letve od 0,236 m n.m. No, prikupljeni podatci nisu homogeni zato što je tijekom tih godina dolazilo do promjena u smislu izgradnje ili rekonstrukcije pojedinih hidrotehničkih objekata – kanala i tunela. Tijekom ljetnih mjeseci ribari su na izlazu iz Baćinskih jezera znali graditi improvizirani prag što je utjecalo na usporavanje otjecanja iz jezera. Na slici 121 dan je prikaz godišnjeg hoda srednjih, maksimalnih i minimalnih godišnjih vrijednosti osmotrenih razina vode u Baćinskim jezerima.



Slika 121. Prikaz hoda karakterističnih godišnjih vodostaja Baćinskih jezera na hidrološkoj postaji Šipak (1924.-2014.)

Iz danog je prikaza karakterističnih godišnjih vrijednosti vodostaja Baćinskih jezera vidljivo kako postoji nekoliko karakterističnih razdoblja. Razdoblje 1924.-1937. karakterizira vodni režim Baćinskih jezera s odvodom njihovih prirodnih dotoka ka

moru 1913. g. izgrađenim tunelom. Prokopom tunela prema Vrgoračkom polju, povećavaju se dotoci pa tako i maksimalne razine vode u jezerima za 2-3 m, da bi se to popravilo 1940. g. rekonstrukcijom i povećanjem protočne moći tunela prema moru. Maksimalno zabilježena protoka kroz tunel iznosi $67.1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, i zabilježena je u prosincu 2014.g. Zbog toga je u tablici 11 dan prikaz osnovnih statističkih pokazatelja osmotrenih hidroloških podataka na postaji Šipak – Baćinska jezera za razdoblje relativno stabilnih hidrauličkih uvjeta istjecanja iz jezera (1946.-2014.), iako je sa slike 121 vidljivo da je i u razdoblju 1982.-1993. Bilo promjena rubnih uvjeta istjecanja iz jezera jer su minimalne razine vode 30-tak cm niže od uobičajenih tijekom ostalog analiziranog razdoblja. No, uz podatke za spomenuto razdoblje nakon 1946., u tablici 13 dani su i podatci o ekstremnim razinama vode zabilježenim krajem tridesetih godina prošlog stoljeća u uvjetima povećanih dotoka tunelom s Vrgoračkog polja i nemogućnosti njihove brze evakuacije prema moru.

Tablica 11. Prikaz osnovnih statističkih pokazatelja kolebanja razine vode na hidrološkoj postaji Šipak – Baćinska jezera (1946.-2014.)

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	GOD
SR	1.83	1.76	1.67	1.56	1.21	0.94	0.83	0.79	0.91	1.23	1.63	2.02	1.36
St.dev.	0.66	0.63	0.58	0.40	0.33	0.19	0.17	0.18	0.29	0.43	0.54	0.66	0.21
Cv	0.36	0.36	0.35	0.26	0.27	0.20	0.21	0.22	0.31	0.35	0.33	0.33	0.16
Max	3.30	3.15	2.94	2.75	2.11	1.36	1.47	1.21	1.72	2.56	2.99	3.28	1.96
Min	0.52	0.52	0.65	1.04	0.54	0.50	0.44	0.42	0.44	0.41	0.53	0.78	0.89
MAX	3.62	3.44	3.54	3.28	3.09	2.06	3.03	2.06	3.22	3.62	3.84	3.91	3.91
MIN	0.49	0.48	0.48	0.62	0.52	0.48	0.42	0.40	0.40	0.38	0.48	0.57	0.38
MAX*	5.04	5.76	4.31	4.44	3.62	3.20	3.03	2.06	3.22	4.14	4.92	5.21	5.76

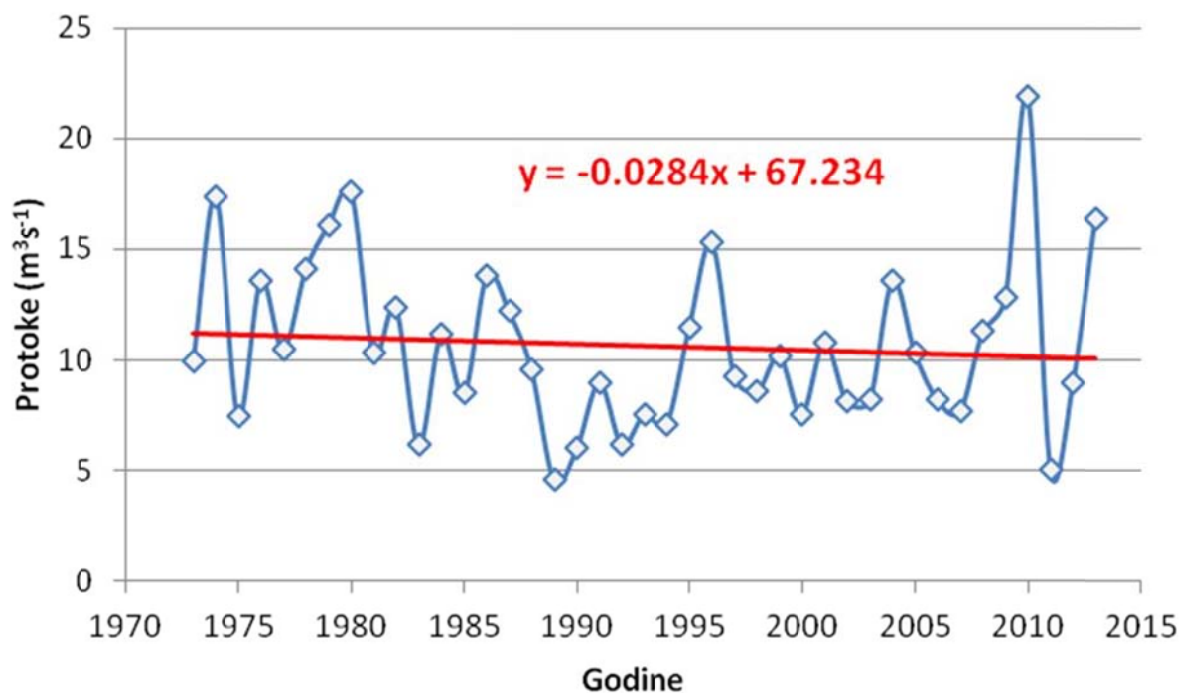
MAX* - maksimumi zabilježeni prije 1946.g.

Vidljivo je da se razina vode u Baćinskim jezerima u postojećim uvjetima koleba u rasponu između 0,38 i 3,91 m n.m., s prosjekom od 1,36 m n.m. U prosjeku, razine vode u jezerima su najniže u kolovozu (0,79 m n.m.), a najviše u prosincu 2,02 m n.m. Razina vode tijekom svih mjeseci može imati i relativno niske i relativno visoke vrijednosti, pri čemu je najveća varijabilnost izražena tijekom kasnojesenskih i

zimskih mjeseci. Karakteristični statistički pokazatelji zabilježenih podataka o protocima/istjecanjima iz Baćinskih jezera dani su u tablici 12, kao i na slici 122. Vidljivo je kako su prisutne periodičke pojave vodnijih i sušnijih razdoblja. Pri tome se kao najvodnija izdvaja 2010.g., a najsušnija su bile 1989. i 2011..

Tablica 12. Prikaz osnovnih statističkih pokazatelja mjesečnih i godišnjih kolebanja protoka na hidrološkoj postaji Šipak – Baćinska jezera (1973.-2013.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	GOD
SR	20.36	17.34	16.50	13.44	6.44	1.99	0.78	0.58	2.30	8.02	15.70	24.01	10.66
St.dev.	14.00	17.45	17.17	14.22	10.28	5.16	6.67	4.06	10.47	14.54	16.55	17.15	20.65
Cv	0.69	1.01	1.04	1.06	1.60	2.59	8.51	6.99	4.54	1.81	1.05	0.71	1.94
Max	52.20	56.90	58.00	55.50	50.80	25.60	49.30	21.80	50.20	63.80	65.40	67.10	67.10
Min	0.22	0.22	1.09	2.04	0.22	0.10	0.08	0.05	0.05	0.06	0.26	1.61	4.56
MAX	63.90	56.90	58.00	55.50	50.80	25.60	49.30	21.80	50.20	63.80	65.40	67.10	67.10
MIN	0.171	0.155	0.155	0.394	0.109	0.049	0.038	0.044	0.023	0.031	0.071	0.249	0.023



Slika 122. Prikaz hoda srednjih godišnjih protoka/istjecanja iz Baćinskih jezera prema podacima s postaje Šipak – Baćinska jezera (1973.-2013.) s pripadajućim trendom.

U nastavku je dan prikaz podataka o karakterističnim mjesečnim protokama s više drugih hidroloških postaja čije vode neposredno utječu na vodni režim Baćinskih

jezera – izvor Klokun (tablica 13) te dotok vode iz Vrgoračkog polja tunelom s profila Krotuša – Vrgoračka Vrljika (tablica 14.). Uz to, dani su i podatci o registriranim protocima za hidrološke postaje Dusina – Matica Vrgorska (tablica 15) na kojoj se mjere protoci s gornje polovine polja, kao i za dvije postaje s još višeg horizonta, Imotsko-Bekijskog polja – s izvora Opačac (tablica 16) i za postaju Kamenmost – Vrljika (tablica 17). Isti je prikaz dan i za izvor Modro oko (tablica 18), kao i za izvor Prud (tablica 19), za koga je posebna obrada njegove vodne bilance provedena u okviru europskog projekta DRINKADRIA (RUBINIĆ et al., 2014).

Tablica 13. Prikaz osnovnih statističkih pokazatelja mjesečnih i godišnjih kolebanja protoka na hidrološkoj postaji izvor Klokun (1999.-2013., bez)2002.-2007.)

	1	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	GOD
SR	2.22	1.96	1.90	2.02	1.38	0.73	0.31	0.18	0.37	1.05	1.93	2.54	1.40
St.dev	1.27	1.10	1.06	0.59	0.88	0.75	0.45	0.23	0.52	0.89	1.06	1.19	0.56
Cv	0.57	0.56	0.56	0.29	0.64	1.02	1.42	1.31	1.40	0.84	0.55	0.47	0.40
Max	4.82	4.26	4.2	2.94	4.1	2.73	2.15	1.07	2.01	2.72	4.63	4.54	2.75
Min	0.084	0.037	0.128	0.458	0.156	0.037	0.03	0.013	0.009	0.017	0.214	0.409	0.641
MAX	5,64	5,56	5,51	4,83	7,08	3,67	5,32	2,41	4,21	6,55	6,30	6,64	7,08
MIN	0,056	0,028	0,028	0,070	0,004	0,026	0,019	0,009	0,004	0,002	0,000	0,049	0,000

Tablica 14. Prikaz osnovnih statističkih pokazatelja mjesečnih i godišnjih kolebanja protoka na hidrološkoj postaji izvor Krotuša – Matica Vrgorska (1639.-2013., bez 1972.-1977.)

	1	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	GOD
SR	18.45	15.44	14.33	11.44	4.21	1.08	0.32	0.09	1.50	4.99	12.79	20.86	8.84
St.dev	11.67	11.01	10.68	6.63	5.07	1.65	1.59	0.54	3.37	5.59	9.96	12.36	3.16
Cv	0.63	0.71	0.75	0.58	1.21	1.53	4.97	6.12	2.25	1.12	0.78	0.59	0.36
Max	47.1	41.4	37.6	23.8	22.5	6.16	10.6	3.63	15.5	21	33.8	45.4	19.6
Min	0	0	0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0.853	3.17
MAX	48.9	48.4	48	47.1	46.3	23.3	46.2	20	47	47.5	48.1	48.7	48.9
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablica 15. Prikaz osnovnih statističkih pokazatelja mjesečnih i godišnjih kolebanja protoka na hidrološkoj postaji Dusina – Matica Vrgorska (1989.-2013.)

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	God.
SR	25.05	19.06	20.20	15.27	7.50	4.45	2.95	3.18	5.12	10.29	20.44	30.14	13.63
St.dev	13.32	11.30	12.98	8.01	3.57	3.21	1.43	1.70	5.39	8.35	10.42	16.15	4.38
Cv	0.53	0.59	0.64	0.52	0.48	0.72	0.49	0.53	1.05	0.81	0.51	0.54	0.32
Max	50.9	48.8	42.6	30.9	15.8	13.6	7.76	9.24	21.6	25.3	45.9	52.8	26.1
Min	4.07	6.57	2.05	4.74	3.25	1.57	1.81	1.67	1.4	1.31	4.7	5.56	8.27
MAX	83.0	67.5	74.7	66.7	43.0	37.3	16.6	29.1	69.6	72.6	70.7	82.8	83.0
MIN	1.62	1.15	1.78	1.81	1.04	1.22	1.22	1.21	0.666	0.513	0.479	1.29	0.479

Tablica 16. Prikaz osnovnih statističkih pokazatelja mjesečnih i godišnjih kolebanja protoka na hidrološkoj postaji Opačac - izvor (1989.-2013.)

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	God.
SR	11.09	8.37	9.40	8.90	6.70	4.44	2.55	2.00	2.75	3.50	7.81	12.54	6.67
St.dev	5.31	3.93	4.29	3.23	2.28	1.80	1.02	0.69	2.51	2.38	4.53	6.92	1.88
Cv	0.48	0.47	0.46	0.36	0.34	0.40	0.40	0.34	0.91	0.68	0.58	0.55	0.28
Max	21.9	16.8	18.1	14	10.7	8.52	5.43	3.83	12	10.3	20.1	25	11.6
Min	2.58	3.11	2.33	3.55	2.69	1.87	1.48	1.03	0.879	0.725	1.24	3.06	4.63
MAX	46.4	27.8	25.8	28.8	22.1	17.6	8.34	17.5	29.5	39.1	43	46.6	46.6
MIN	1.78	1.6	1.77	1.77	1.14	0.433	0.293	0.335	0.397	0.412	0.622	0.812	0.293

Tablica 17. Prikaz osnovnih statističkih pokazatelja mjesečnih i godišnjih kolebanja protoka na hidrološkoj postaji Kamenmost - Vrljika (1957.-2013.)

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	God.
SR	16.87	15.75	15.05	14.20	9.61	6.03	3.83	3.01	3.05	5.15	11.11	17.05	10.06
St.dev	10.86	10.01	8.83	9.13	6.46	4.98	4.92	5.14	4.07	6.29	9.29	12.39	5.91
Cv	0.64	0.64	0.59	0.64	0.67	0.83	1.29	1.71	1.33	1.22	0.84	0.73	0.59
Max	49.4	42.4	47.6	61.3	38.8	25.8	28.9	33.8	21.4	29.4	40.9	65.1	35.1
Min	1.7	2.55	2.6	3.62	2.39	1.42	0.844	0.797	0.775	0.814	1.1	2.37	3.87
MAX	71.9	67.7	65.1	80.2	63.6	30.9	104	81.3	30.9	67.3	77.9	99.4	104
MIN	1.33	1.33	2.05	2.56	1.87	0.584	0.08	0.127	0.397	0.533	0.686	0.746	0.080

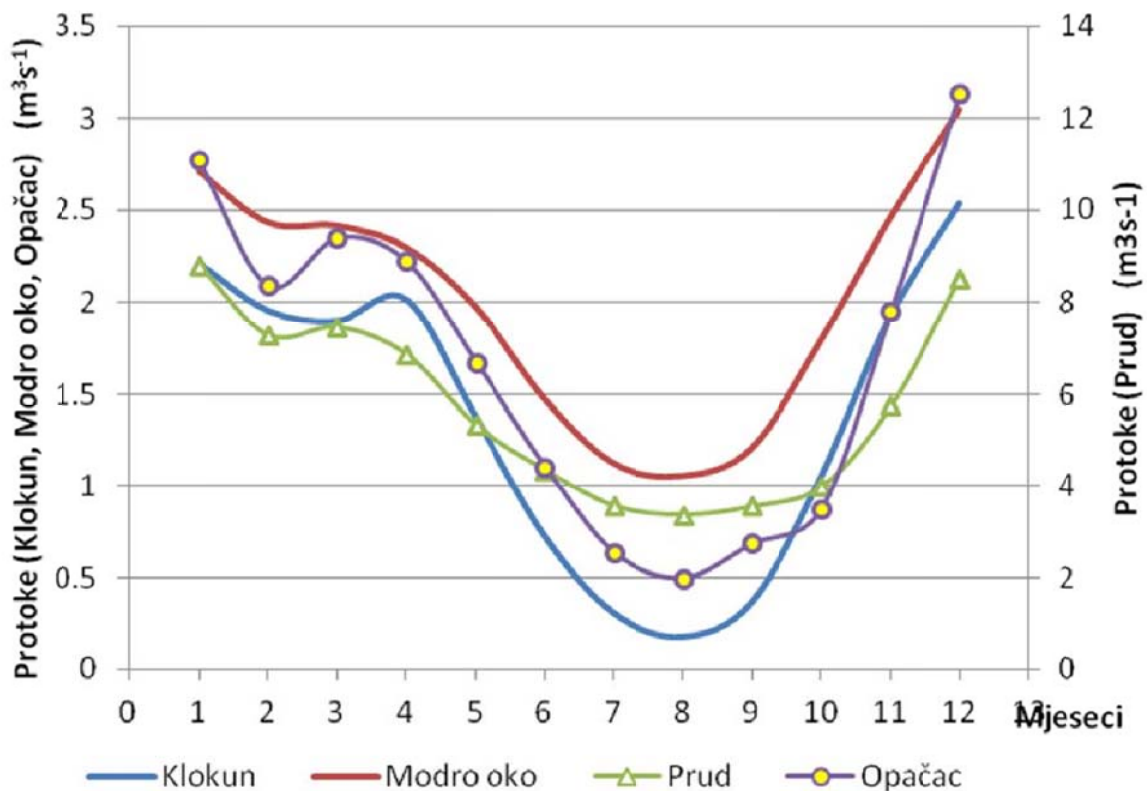
Tablica 18. Prikaz osnovnih statističkih pokazatelja mjesečnih i godišnjih kolebanja protoka na hidrološkoj postaji Modro oko (1980.-2009.)

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	God.
SR	2.71	2.43	2.41	2.30	1.98	1.48	1.13	1.06	1.21	1.79	2.46	3.05	2.00
St.dev	0.93	0.86	0.74	0.50	0.62	0.51	0.26	0.27	0.61	0.77	0.75	0.78	0.28
Cv	0.34	0.35	0.31	0.22	0.31	0.35	0.23	0.26	0.50	0.43	0.31	0.26	0.14
Max	4.77	4.21	3.86	2.88	3.26	2.46	1.62	1.86	2.82	3.02	4.16	5.01	2.58
Min	0.741	0.601	0.761	1.21	0.987	0.621	0.519	0.583	0.344	0.464	1.18	1.54	1.54
MAX	6.45	6.27	5.64	4.47	4.22	3.36	2.18	3.01	4.08	5.09	5.92	6.63	6.63
MIN	0.429	0.522	0.468	0.688	0.532	0.51	0.341	0.374	0.216	0.325	0.293	0.578	0.216

Tablica 19. Prikaz osnovnih statističkih pokazatelja mjesečnih i godišnjih kolebanja protoka na hidrološkoj postaji Prud (1995.-2013.)

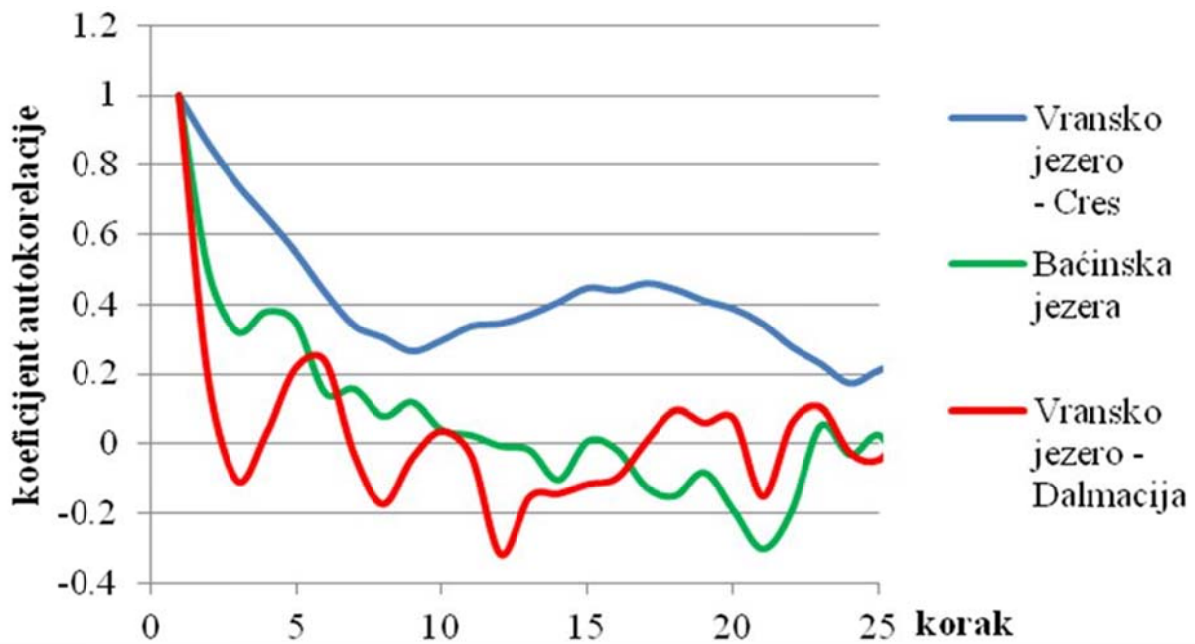
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	God.
SR	8.82	7.28	7.47	6.87	5.33	4.36	3.57	3.38	3.56	3.99	5.75	8.53	5.74
St.dev	3.32	2.54	2.81	2.24	1.42	1.09	0.62	0.45	1.00	1.36	1.64	3.17	0.97
Cv	0.38	0.35	0.38	0.33	0.27	0.25	0.17	0.13	0.28	0.34	0.29	0.37	0.17
Max	17.1	12.2	12.8	11.4	8.07	7.36	4.95	4.18	6.32	7.40	10.1	13.0	8.26
Min	3.685	4.03	2.82	3.29	2.57	2.71	2.52	2.67	2.63	2.56	3.17	3.18	4.60

Dan je i usporedni prikaz unutargodišnje raspodjele srednjih mjesečnih protoka za analizirane krške izvore Klokun, Modro oko, Opačac i Prud (slika 123). Iako se radi o prikazu sastavljenom od podataka iz različitih vremenskih razdoblja, vidljivo je kako postoji iznimno dobra podudarnost hoda srednjih protoka izvora Klokun i Modro oko što potvrđuje da se radi o izvorima koji se napajaju iz istog vodonosnika. Sličan hod, ali s nešto naglašenijim količinama i većom varijabilnošću između malih i velikih voda, imaju i protoci izvora Opačac koji drena podzemne vode na puno višem horizontu. Nasuprot tome, puno uravnoteženiju unutargodišnju raspodjelu protoka ima izvor Prud, koji ima daleko prostranije i udaljenije zaleđe iz koga se prihranjuje.

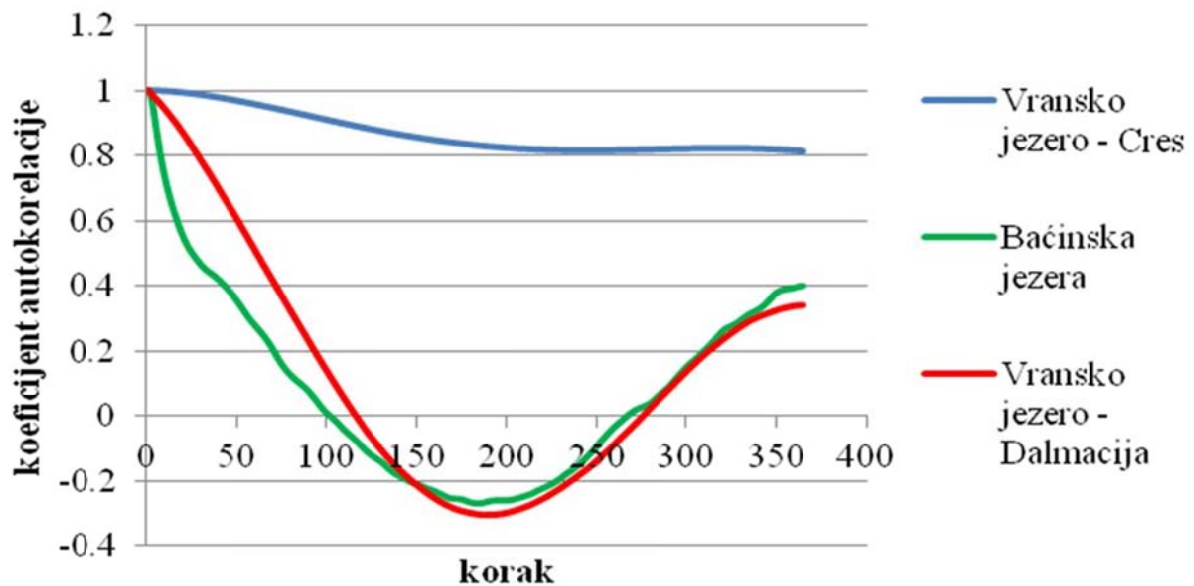


Slika 123. Prikaz unutargodišnje raspodjele protoka analiziranih izvora na širem regionalnom prostoru

Dani statistički pokazatelji sadržani u tablicama 11-19, kao i podatci iz kojih su isti sastavljeni, korišteni su prilikom izrade vodne bilance analiziranog slijevnog područja (točka 4 ove ekspertize). Podatci o srednjim dnevnim razinama vode iskorišteni su za provedbu autokorelacijske analize, odnosno definiranja autokorelacijske funkcije godišnjih (slika 124) i mjesečnih razina vode (slika 125). Pri tome je provedena usporedba s još dva velika priobalna jezera – kritodepresije, Vranskog jezera na Cresu i Vranskog jezera kod Biograda na moru (RUBINIĆ, 2014).



Slika 124. Usporedni prikaz autokorelacijskih funkcija srednjih godišnjih razina vode (Rubinić, 2014).



Slika 125. Usporedni prikaz autokorelacijskih funkcija srednjih dnevnih razina vode (Rubinić, 2014).

Vransko jezero na Cresu na razini godišnjih pa i dnevnih podataka ima vrlo stabilnu i sporo-padajuću autokorelacijsku funkciju. Ona ukazuje na iznimno dugu međuovisnost hidroloških stanja u njegovu sustavu. Na razini godišnjih podataka, po

MANGINOVU (1984) kriteriju, ta međuzavisnost iznosi čak dvadeset i četiri godine, a na razini dnevnih podataka, uvelike premašuje 365 dana, do koliko se u danom primjeru iskazivala vrijednost autokorelacijskih funkcija. Kod Baćinskih jezera godišnja autokorelacijska funkcija pokazuje međuzavisnost do petoga koraka, a kod Vranskoga jezera kod Biograda n/m praktički se već u prvome koraku gubi značajna povezanost srednjih godišnjih podataka o razinama vode u jezeru. Rezultati analize autokorelacijskih funkcija srednjih dnevnih razina vode pokazuju da je kod Baćinskih jezera ta međuzavisnost duga 92 koraka (dana), a kod Vranskoga jezera kod Biograda n/m još i kraća – samo 70 dana. To znači prilično veliku osjetljivost jezerskoga sustava Baćinskih jezera na pojave iznimnih hidroloških prilika, posebno suša te da se iznimno niske razine vode u jezeru mogu javiti relativno ubrzo nakon situacija prethodno povoljnih sezonskih vodnih razdoblja.

7.4. Utjecajne površine (podsljevovi) i njihov međuođnos

Na temelju svih dosadašnjih spoznaja, te potkrijepljeno svim podacima kojima smo raspolagali, a koji su najvećim dijelom dobiveni u sklopu ovoga projekta, načinjena je konceptualizacija područja napajanja jedne široke skupine izvora u također vrlo širokoj zoni istjecanja koja se proteže od Pruda na granici s BiH, uz rub doline Neretve, pa dalje dolinom Neretve sve do Ploča, i uz more do Gradca gdje potpuna fliška podbiokovska barijera dodiruje obalu mora. Najvažniji, tj. opažani izvori u ovoj zoni istjecanja su (redom): Prud, Strimen, Modro oko, Čeveljuša, Klokun, Baćinska jezera (+Voćuša i Mindel), te Mandina mlinica.

Diskretizacijom slijeva odijeljeno je šest utjecajnih površina, a za hidrogeološka objašnjenja u grubo su opisane još dvije takve površine; dakle, ukupno osam, i to kako slijedi (površine koje utječu na razmatranu zonu izviranja su podvučene):

- **1a – Mostarsko blato – zapad**. Dio slijeva Mostarskog blata, od polja Rakitno do područja planine Čabulje. Periferni dio slijeva koji je nekima od starijih trasiranja ukazao na podzemnovodnu vezu prema južno „nizvodnom“ dijelu terena, odnosno sljedećoj nižoj morfološkoj stepenici prema jugu – slijevu

Tihaljine i Trebižata. Veći dio voda ovog terena ipak se drenira prema istoku – prvo izvoru Lištice, pa dalje površinski, a dijelom i podzemno prema Neretvi. Koncept ovoga podzemno-površinskog tečenja ilustriran je profilom (slika 3). Teren je pretežito izgrađen od karbonatnih stijena, a geološke strukture dinaridskog smjera pružanja. Strujanje podzemnih voda događa se paralelno njima, ali manjim dijelom i poprečno / dijagonalno;

- **1b – Mostarsko blato – istok.** Dio slijeva Mostarskog blata s kojega se ni u kakvim hidrološkim uvjetima ne očekuje veza s razmatranom zonom istjecanja, zahvaća samo polje mostarsko blato i teren do rijeke Neretve prema kojoj sve vode ove utjecajne površine gravitiraju;
- **2a – Trebižat-Tihaljina – zapad.** Utjecajna površina ili podslijev nazvan po ove dvije rijeke zapravo zahvaća vrlo širok teren i više naziva iste rijeke, koje se mijenjaju ovisno o literaturi. Riječ je o velikom dijelu terena, a vode koje se u krški teren infiltriraju ovdje, u velikoj se mjeri dreniraju prema južnim stepenicama i dosta značajno utječu na podzemne vode kako Vrgoračkog terena, tako i najjužnije zone istjecanja uključujući Baćinska jezera. Visoke koncentracije sulfatnih iona na izvorima uz Tihaljinu i Trebižat jasno ukazuju na podzemno otapanje evaporitnih naslaga u Hercegovini. Povišene koncentracije sulfat iona na Prudu, i ne toliko visoke na ostalim točkama opažanja, upućuju na činjenicu kako se ipak vode ovog dijela terena najvećim dijelom podzemno kreću prema Prudu, a to je dokazano i trasiranjem podzemnih tokova. Ovim, kao i ranijim istraživanjima (ŠTAMBUK-GILJANOVIĆ, 1994) utvrđeno je kako su koncentracije sulfata na Klokunu, Modrom oku, pa i Baćinskm jezerima, ponekad povišene i to u vrijeme niskih razina podzemnih voda, što upućuje na činjenicu kako je doprinos „hercegovačkih“ podzemnih voda ovom krajnje južnom dijelu razmatranog terena tada najjači. Površinske vode, naravno, navedenim višeimenim rijekama struje prema Neretvi, a u području prije vodopada Kravice javlja se čitav niz ponornih zona u samome koritu rijeke Trebižata koje bi u budućnosti trebalo posebno istražiti mjerenjima protoka po relativno gusto postavljenim profilima, što je logistički zahtjevan zadatak. Prema svemu navedenome, jasno je kako će problem istraživanja ovog terena trebati shvatiti kao prekogranični i istraživati teren zajedno s partnerima iz BiH;

- **2b – Trebižat-Tihaljina** – istok. Istočni dio ovoga podslijeva značajno je manji i vode iz tog dijela terena, što površinski, što podzemno, struje prema Neretvi;
- **2c – Opačac**. Slijev izvora Opačac mogao bi se također raščlaniti na posebne utjecajne površine i vjerojatno bi zahvatio i veći teren od ovdje preuzetoga iz prethodne literature, međutim, to nije bio predmet ovog projekta. Pošto na Opačcu, važnom, izdašnom i vodoopskrbnom krškom izvoru u blizini Imotskoga postoji monitoring protoka, nije bilo potrebno detaljnije ga istraživati već je preuzet kao ulazna veličina za razmatrane bilančne izračune. Vode Opačca površinski Vrljikom struje prema istoku Imotsko-Bekijskog polja gdje što prirodno kroz ponorne zone, što hidrotehničkim tunelom, teku do izvora rijeke Tihaljine, prekrasnog krškog vrela u speleološkom objektu ispod visoke litice. Odatle, naravno ulaze u „utjecajnu površinu“ 2a koja je gore opisana i čije vode dijelom teku dalje prema 2b i Neretvi, a velikim dijelom iz 2a podzemno prema južnijim utjecajnim površinama sve do zona izviranja, prije svega na Prudu;
- **3 – Neposredni slijev izvora Prud**. Jedan relativno manji dio krškog terena s kojega se vode podzemno kreću najvjerojatnije samo prema Prudu. Ovo bi trebalo kvantificirati trasiranjem iz krškog polja na najzapadnijem dijelu utjecajne površine, no za sada se i prema hidrogeološkim odnosima, i prema bilančnim izračunima, može ustvrditi kako je riječ samo o strujanju prema Prudu;
- **4 – Slijev Klokuna i Modrog oka**. Ova utjecajna površina već u nazivu ima riječ slijev jer je dosta jasno odijeljena od sjevernijih stepenica i površina odakle većina vode ipak ide prema Prudu. Međutim, proučavajući položaje geoloških struktura, hidrogeološke odnose, te neka starija trasiranja koja uvijek treba uzeti u razmatranje s dužnom dozom opreza, ipak je moguće očekivati podzemna dotjecanja iz utjecajne površine 2a, koja u određenim hidrološkim uvjetima mogu biti i značajna;
- **5 – Izravni slijev Baćinskih jezera i Mandine mlinice**. Ovo je najjužnija utjecajna površina. Prema starim referencama ova granica prolazi kroz samu estavelu Staševica. Iako smo načelno protiv ovakvog pristupa (da ponor ili estavela bude na samoj razvodnici ili granici utjecajne površine) za sada nije bilo čvrstih podataka prema kojima bi ju se premjestilo, a bilančni izračuni

dopustili su ovakav pristup. Riječ je o krajnje istočnim rubovima bikovskog masiva, krškom terenu izgrađenom od dolomitičnih stijena, ali i vapnenaca. Vode se najvećim dijelom dreniraju prema samim Baćinskim jezerima (izvor Oćuša i niz manjih izvora) te prema zoni izvora oko Mandine mlinice u uvali Žrnovnica. Zbog miješanja s morem ovdje u priobalnim zonama dolazi do podzemnog prodora morske vode u vodonosnik i pojave zaslanjene vode u Mandinoj mlinici, ali i u najjužnijem jezeru – Crniševu.

Kako je ranije navedeno, granice među ovim utjecajnim površinama ne bi se trebale nazivati razvodnicama, jer one to dobrim dijelom godine nisu. One generalno približno odgovaraju razvodnicama za površinske vode, no podzemne se vode u nekim hidrološkim uvjetima dokazano kreću preko njih – pa tako niti ne mogu biti razvodnice za podzemnu vodu. Zato se izraz podsljevovi u ovome slučaju, kao i u većini naših krških terena može koristiti samo paušalno radi lakšeg razumijevanja tematike, dok je izraz utjecajna površina daleko primjereniji. Ukupna površina terena obuhvaćenog ovom konceptualizacijom iznosi gotovo 2300 km². Oduzmu li se od toga tri površine koje su granične i ne utječu na razmatranu južnodalmatinsku zonu izviranja, ostaje površina cijelog ovog konceptualnog slijeva od čak 1757 km². Riječ je dakle o ogromnoj površini, no treba uzeti u obzir činjenicu da dobar dio voda iz gornjih, sjevernijih ili uzvodnijih stepenica i utjecajnih površina u nekom postotku struji podzemno prema razmatarnim izvorima, dok dobar dio struji paralelno geološkim strukturama prema Neretvi. Upravo je stoga i bila važna konstantna suradnja hidrogeologa i hidrologa.

Tablica 20. Površine izdvojenih i analiziranih utjecajnih površina.

Label	Naziv	Povrsina (km ²)
1a	Slijev Mostarskog blata – zapad	249.65
1b	Slijev Mostarskog blata – istok	358.84
2a	Slijev Trebižat - Tihaljina– zapad	688.47
2b	Slijev Trebižat - Tihaljina– istok	179.13
3	Neposredni slijev Pruda	93.58
4	Slijev Klokuna i Modrog oka	449.21
5	Neposredni slijev Mandine mlinice i Baćinskih jezera	100.12
6	Opačac	176.22

Do ovakvog prikaza hidrogeološkog koncepta razmatranog terena došlo je stalnom suradnjom hidrogeologa i hidrologa. Uvažavajući sve navedene vrste podataka, načinjena je početna hidrogeološka konceptualizacija, koja je na temelju hidroloških bilanciranja dijelom popravljena i dovedena do prikazanog stanja. Daljnim analizama postojećih podataka, kao i uključivanjem novih podataka, novih mjerenja, novog promišljanja, uz iteracijska približavanja hidrogeologa i hidrologa, teren će se s vremenom moći još preciznije prikazati, s većim brojem manjih utjecajnih površina i smjerovima njihovog napajanja i otjecanja iz njih. Upravo ovakve površine trebale bi u budućnosti biti jedinice, dijelovi terena za koje će trebati planirati konstantan monitoring površinskih i, što je važnije, podzemnih voda. Što se tiče efektivne infiltracije, odnosno specifičnih protoka analiziranih u sklopu hidroloških razmatranja, vidljivo je (slika 118) kako su najjače infiltracije u sklopu analiziranog područja vezane uz padine Čabulje, gdje zbog visinske barijere ima više oborina, a ujedno su i temperature najniže, kao i u području Imotsko-Bekijskog polja i doline Neretve. Iako je u ovom složenom hidrogeološkom sustavu naglašeno kako je slijev Klokun – Modro Oko (broj 4 u slici 106) i Baćinska jezera – Mandina mlinica (broj 5) dosta dobro hidrogeološki odvojen od sjevernijih podslijevova, bilančne razlike ipak upućuju na potrebu uračunavanja dijela vode koje nedostaju (do 2 m³/s) u zoni izviranja. Tako je moguće zaključiti kako dio voda iz sjevernijih zona (područja broj 1a, 2a i 2c) osim na Prud (što je dokazano) prirodno podzemno i umjetno kanalima, struje i prema izravnom slijevu Klokun – Modro oko, te posredno dalje prema Baćinskim jezerima.

Zanimljiva je činjenica kako u našem kršu praktički nema monitoringa razine podzemne vode (da se ne govori o kakvoći i hidrogeokemijskom sastavu). Sav je monitoring vezan uz površinske tokove i izvore. Naravno, veliki je problem planiranje mikrolokacije bušotine u kojoj bi se mjerila razina podzemne vode (uz ostalo) – bi li se mjerila razina u krškom kanalu ili iprivilegiranom toku, stijenskoj masi veće ili manje vodopropusnosti, ili kombinaciji navedenoga. Tek opsežnim hidrogeološkim radovima, vjerojatno uz veliki broj „neuspješnih“ bušotina moguće je doći do valjane točke monitoringa. Svjesni smo kako je riječ o vrlo skupim istraživanjima, no ukoliko ikada dođe do takvog monitoringa, doći će i do velikog (gotovo evolucijskog) skoka u našem razumijevanju hidrogeologije dinarskog krša, a o praktičnoj primjeni u zaštiti podzemnih voda i planiranju prostora da se ne govori. Trenutni opseg, primjerice,

zona sanitarne zaštite uglavnom je u praksi maksimalistički i zahvaća cijele sljevove svakog pojedinog izvora. Zaštita prostora trebala bi biti sukcesivna, pa jednom zaštićeni izvor „uzvodno“ sa svojim područjem napajanja, ne bi trebalo obuhvaćati zonama sanitarne zaštite izvorišta na nižim stepenicama, iako se i njegove vode ulijevaju u njihove, pretežito krške, vodonosnike. Tako primjerice uspostava zona sanitarne zaštite izvora (neki u RH, neki u BiH) Opačac, Klokun (Klobuk), Vitina, Banja i Butina, dovodi do graničnog uvjeta za zaštitu Pruda, Klokuna i Modrog oka, te se njihova zaštita treba planirati samo do granice zaštite „gornjih“ izvora. Isto vrijedi i prema gornjim stepenicama u odnosu na izvore u dolini Tihaljine-Trebižata i Vrgoračkog(-ih) polja. Ovakav princip primijenjiv je na gotovo sve terene dinarskog krša.

7.5. Hidrogeološka situacija neposredne zone Baćinskih jezera: utjecaji, posljedice i moguća rješenja

Ono što je glavna hidrogeološka značajka cijelog razmatranog terena (Prilog 1) može se u velikoj mjeri preslikati i na područje neposredno oko Baćinskih jezera (Prilog 2). Geološka građa terena oko samih jezera relativno je monotona, riječ je o dva stratigrafska člana koji se litološki opisuju vrlo slično: vapnenci s proslojcima ili slojevima breča. Vapnenci su relativno dobro razlomljeni i okršeni, a na višim je razinama moguće vidjeti obalnu koroziju – stare obale Baćinskih jezera iz vremena kada nije bilo drenažnog (izlaznog) tunela. U više zona uz same obale jezera kartirane su i relativno široke zone kvartarnih taložina među kojima ima i jezerskih kreda. Taloženje koje se nastavlja u samim jezerima, kao i taloženje materijala koji se u jezera nanosi dovodnim tunelom (ulaznim) iz Vrgoračkog polja Jezero, predmet je knjige II – paleolimnoloških istraživanja. Osim nešto izraženih pukotinskih i razlomljenih zona, uz obale jezera nema značajnih rasjeda. Osim te činjenice, po jezera je povoljna i činjenica kako su sa jugozapadne strane, prema obali mora, dosta dobro zaštićena prevladavanjem dolomita i dolomitnih litočlanova, koji se pojavljuju u vrlo zamršenim odnosima zajedno s vapnencima, dolomitičnim vapnancima, i brečama različite vrste. Značajna prisutnost dolomitične komponente s jedne strane uzrokuje smanjeno okršavanje, a s druge sekundarno zapunjavanje

pukotinskih i starijih krških pukotina sekundarnim materijalom, što im reducira vodopropusnost. Strukture su pretežito dinarskog smjera pružanja, a dalje na zapad od Baćinskih jezera postoje i zone dosta izraženih rasjeda dijagonalno na geološku strukturu. Takva je situacija kartirana na terenu (Prilog 2) sve do Gradca, gdje je flišna barijera reverznim kontaktom odijeljena od karbonatnog zaleđa. Ova je zona kroz karbonatne stijene čitavim nizom rasjeda i pukotinskih zona koje su subparalelne glavnom reverznom rasjedu nastavljena sve do približno uvale Žrnovnica u kojoj se nalazi izvorišna zona Mandina mlinica. Tu je ujedno dolomitna relativna barijera najtanja, pa se kroz ove rasjedne zone razvilo ovo dosta snažno izvorište, jedini značajan hidrogeološki objekt sve do Baćinskih jezera i Klokuna.

Ono što je važno preporučiti za kvalitetnije upravljanje jezerima, a što ima veze s hidrogeološkim i hidrološkim istraživanjima, jest prokop nekada planiranog tunela kojim bi se dio voda iz ponorne zone Krotuša (jedna od najznačajnijih ponornih zona Vrgoračkog polja Jezero) dijelom odvodnjavao prema jezeru Birina koje se nalazi praktički u samim Pločama. Ovim bi se tunelom mogao smanjiti pritisak nanosa, čestica mulja, pa i dosta metala, izravno u Baćinska jezera. S druge strane, takav bi tunel bio spas za jezero Birina u kojem nakon izgradnje prigradskih naselja u Pločama, a bez kanalizacijskog sustava, vladaju vrlo reduktivni uvjeti i jezeru prijete zamočvarenje i odumiranje. Treba napomenuti kako ni u kojem slučaju ovo ne znači zatvaranje dovodnog tunela koji također iz područja Krotuše dovodi vodu u Baćinska jezera. Zbog činjenice da se već u značajnoj mjeri utjecalo na vodni režim jezera, kao i na njihov ekosustav, vrlo je vjerojatno da je ekosustav postao u velikoj mjeri ovisan o ovom umjetnom dotoku voda u vrijeme visokih razina. Stoga ga ne bi trebalo ukinuti, ali bi ga se moglo u značajnoj mjeri umanjiti i „umiriti“, tj. smanjenjem brzina i manipulacijom količinama i razinama, moglo bi se značajno smanjiti količinu naplavljenog nanosa iz polja Jezero.

Sela Baćina i Peračko blato nemaju uređen kanalizacijski sustav, tako da bi njegova izgradnja trebala biti jedan od prioriteta u zaštiti Baćinskih jezera. Uz jezera se u zadnje vrijeme intenzivno razvija turizam, uređuju se šetnice i biciklističke staze oko jezera, uz popratne sadržaje – kampove, smještajne kapacitete i kafiće – restorane, kao i čamce – manje brodove kojima se turisti voze po jezerima na izlete. Taj je razvitak pozivan, jer će uputiti na razvitak i boljitak stanovništva okolice jezera, ali paralelno i njihovu zaštitu i očuvanje.

Osim toga, preporuka je što prije uspostaviti održive zone sanitarne zaštite izvora Klokun, što bi u velikoj mjeri predstavljalo i zaštitu Baćinskih jezera. Područje napajanja im se u velikoj mjeri preklapa, a zone u koje dotječe voda u jezera, a ne na Klokun, ionako su gotovo potpuno nenaseljene i bez onečišćivača.

8. ZAKLJUČAK S PRIJEDLOM NASTAVKA ISTRAŽIVANJA

Provedena istraživanja dovela su do značajnog povećanja količine spoznaja o funkcioniranju hidrogeološkog sustava dijela južne Dalmacije i Hercegovine, koji ima zonu podzemnog (i isprepleteno, ponekad i gdjegdje površinskog) istjecanja približno od Gradca do blizine Metkovića, tj. od izvora Mandina mlinica do izvora Prud, s naglaskom na Baćinska jezera, smještena u središtu ove zone istjecanja. Postignuti zaključci i rezultati u značajnoj će mjeri poboljšati upravljanje vodnim sustavom jezera i šire okolice, te jasnije usmjeravati buduće istraživačke napore.

Na temelju svih provedenih istraživanja, kao i rezultata drugih projekata koje su stručnjaci Hrvatskog geološkog instituta provodili u ovom terenu, uz korištenje svih dostupnih referenci iz prošlosti, ovaj je složeni hidrogeološki sustav diskretiziran u šest utjecajnih površina. Namjerno je umjesto izraza slijev korišten izraz sustav, a umjesto (ili uz) izraza podslijev, izraz utjecajna površina. Naime, granice između pojedinih sastavnica ovog složenog sustava teško se mogu nazvati razvodnicama, jer brojne činjenice upućuju na tok preko njih – ponekad stalno, ponekad povremeno, a ponekad se to samo pretpostavlja. Ipak, kako je razvodnica linija preko koje nema toka, tako treba biti i hidrogeološki dosljedan i ne koristiti ga ovdje. Stoga je u elaboratu za takve linije korišten izraz granica (utjecajnog područja ili podslijeva). Razdjeljivanje površine načinjeno je na temelju rezultata svih hidrogeoloških specijalnosti – od temeljne i strukturne geologije kao podloge, preko

hidrogeokemijskih i izotopnih istraživanja, mjerenja i analize protoka, do hidroloških bilanciranja. Postignut je rezultat s jedne strane iskorak u dosadašnjem baratanju hidrogeološkim značajkama terena, a s druge dobar temelj za nastavak istraživanja koji svakako preporučujemo.

Provedene hidrološke analize u predmetnom dokumentu dale su regionalni pregled godišnje vodne balance najvažnijih slijevnih cjelina i njihovih vodnih pojava, kao i potvrdu prihvatljivosti odabranih hidrogeoloških granica između njih. Vidljivo je kako je tijekom proteklog razdoblja od oko stotinu godina nizom hidrotehničkih zahvata na prokopima tunela i odvodnih kanala bitno promijenjen prirodan vodni režim odvodnje krških polja toga područja, kao i samih Baćinskih jezera. Utvrđeno je kako izvori Klokun i Modro Oko imaju veoma blizak režim istjecanja što ukazuje da se prihranjuju iz istoga vodonosnika u njihovom zaleđu, dok je vodni režim izvora Prud bitno uravnoteženiji i potvrđuje spoznaje o njegovom prihranjivanju iz udaljenijih područja – pretežito slijeva Trebižata/Tihaljine. Rezultati analize autokorelacijskih funkcija srednjih dnevnih razina vode pokazali su kako je kod Baćinskih jezera ta međuzavisnost duga 92 koraka (dana), što znači prilično veliku osjetljivost jezerskoga sustava Baćinskih jezera na pojave iznimnih hidroloških prilika, posebno suša. Dakle, iznimno niske razine vode u jezeru mogu se javiti relativno brzo nakon situacija prethodno povoljnih sezonskih vodnih razdoblja. Još jedna važna spoznaja do koje se došlo na temelju trasiranja provedenih u sklopu ovih istraživanja je da Vrgoračko polje, koje se intenzivno obrađuje, pripada drugoj zoni sanitarne zaštite (prema važećem pravilniku-NN 66/11 i 47/13). Ta činjenica bi trebala potaknuti lokalno stanovništvo da se okrene ekološkom načinu uzgoja kultura jer takav uzgoj zabranjuje upotrebu većine mineralnih gnojiva i skoro svih pesticida čija je upotreba zabranjena unutra druge zone sanitarne zaštite. Trebalo bi što prije izraditi hidrogeološki elaborat s prijedlogom i donijeti odluku o zonama sanitarne zaštite izvora Klokun da ovo postane i zakonska obaveza, a ne samo slobodna volja lokalnog stanovništva.

Prikazana istraživanja prva su sveobuhvatna hidrogeološko/hidrološka istraživanja ovog vrlo važnog vodnog sustava koja su obuhvatila i geološko/hidrogeološke ekspertize, mjerenja fizikalno – kemijskih pokazatelja,

mjerenja protoka i opažanja koja su provođena kontinuirano, logerima, uz korištenje svih drugih dostupnih izvora podataka (npr. DHMZ, ZZJZ, vodovodi) uz simultanu suradnju hidrogeolog – hidrolog u iteracijama kako bi se što preciznije odijelili sljevovi i podsljevovi ovog vrlo složenog krškog sustava. Dapače, vjerujemo kako je ovdje prikazan pristup za istraživanje svih hidrogeoloških sustava u sklopu Dinarskog (ili dinaridskog) krša. Ipak, kako u našoj struci nije moguće staviti točku na i, odnosno spoznaje se moraju stalno unaprjeđivati, ovo istraživanje zapravo treba smatrati nultom točkom za nastavak istraživanja. Duljinom nizova, analizom posebnih netipičnih godina ili događaja, daljnjom bilančnom diskretizacijom i ulaskom u pojedine detaljnosti, moglo bi doći do daljnjeg povećanja spoznaja o funkcioniranju hidrogeološkog sustava ovog dijela južne Dalmacije.

Stoga predlažemo da se istraživanja što prije nastave, nadopunjuju na ovdje prikazani način, uz određene metodološke, prostorne ili organizacijske korekcije proizašle na temelju iskustava iz ovog vrlo uspješnog projekta. Fokus budućih istraživanja trebao bi biti:

- Nastavak monitoringa logerima (automatskim mjeračima) na najvažnijim točkama sustava, te nastavak hidrokemijskih uzorkovanja, analitike i interpretacija. Što duži nizovi, to bolji zaključci;
- Cijelo ovo područje se intenzivno poljoprivredno obrađuje što je popraćeno često prekomjernim i nekontroliranim korištenjem zaštitnih sredstava i umjetnih gnojiva, zbog čega bi od velike važnosti bilo analiziranje i praćenje koncentracije kemijskih supstanci koje se koriste u poljoprivredi u izvorskim i površinskim vodama. Kontinuirani razvoj i uvođenje novih kemijskih supstanci koje se koriste u poljoprivredi dovodi do toga da se rutinskim kontrolama koje provodi Hrvatski zavod za javno zdravstvo ne prate neki potencijalno opasne supstance u vodama. Dodamo li tome nove spoznaje, prema kojima će Vrgoračko polje, koje je jedno od najobrađivanijih polja čak i u Hrvatskoj, pripadati drugoj zoni sanitarne zaštite izvorišta Klokun, ovu problematiku treba još ozbiljnije shvatiti te što ranije započeti s istraživanjima negativnih učinaka na podzemne vode, a time i na ljudsko zdravlje, kao i na cijeli ekosustav;
- Povezano s tim, potrebna je i izrada trendova glavnih onečišćivača u vodama kako bi se utvrdilo u kojem smjeru se kreću i kolike su njihove promjene u

- vremenu i prostoru. Za ovakvu analizu kakvoće vode potrebna su dugotrajna opažanja, te ozbiljna analitika i interpretacija;
- Dodavanje izvora Opačac kod Imotskog u opažanja i mjerenja. Ovdje treba istaknuti kako bi istraživanja Opačca i ostalih vodnih pojava u njegovoj blizini, sve od Crvenog i Modrog jezera do Grudskog vrila, mogao biti i zaseban projekt po svojoj sveobuhvatnosti. Ipak, makar u nekoj manjoj mjeri trebalo bi ga izvoditi kao dio (ulazni parametar) za izučavanje zone istjecanja u južnoj Dalmaciji od Gradca (Mandina mlinica) do Metkovića (Prud);
 - Opsežnije izotopne analize stabilnih izotopa kisika i deuterija uz izradu LMWL za nekoliko hipsometrijskih stepenica („kaskada“) u cijelom sustavu, što bi svakako trebalo uključiti uzorkovanja kišnice, rijeke Neretve te nekoliko izvora u BiH, uz uzorkovanja u RH. Takva bi situacija projekt učinila prekograničnim ili međunarodnim, no od velikog je značaja za obje države;
 - Istraživanja Baćinskih jezera po dubini treba nastaviti samo u Crniševu, ali s više logera (boljom diskretizacijom) po dubini. Također mjesto opažanja (bovu) treba postaviti malo dalje od sadašnje, tamo gdje su kolege koji su izvodili paleolimnološka istraživanja (knjiga II) odredili ipak još dublju zonu od one ne kojoj je bilo mjereno. U svrhu kvalitetnijeg uzorkovanja (što je bio problem dosada) predlažemo ili nabavu kvalitetnijih smplera ukoliko postoje na tržištu, ili korištenje niskoprotočnih (low flow) crpki koje zapravo i služe za uzorkovanja ove vrste, no zahtijevaju daleko više vremena terenske ekipe, pa time i znatno povisuju troškove;
 - Po mogućnosti geofizičkim metodama pokriti najvažnije profile u okolici jezera i prema moru, zatim u zaleđu Mindela prema odlagalištu Lovornik, i off-shore, tj. geofizičkim istraživanjima po samim jezerima precizno bi se odredila debljina muljnog nanosa od jezera do jezera, uz jasnije izdvajanje paleoreljefa što se ne može postići bušenjem (točkasto), ali niti običnim sonarom. Predlaže se po mogućnosti kombiniranje geoelektričnih i seizmičkih metoda na kopnu, a seizmičke metode u samim Baćinskim jezerima;
 - Nije naodmet predložiti dodatna trasiranja podzemnih tokova na najinteresantnijim lokacijama, pogotovo obzirom da su brojna stara trasiranja rezultirala donekle upitnim rezultatima. Ovo ponavljanje predlažemo prije svega zbog značajnog napretka u traserima i instrumentima opažanja (rezolucija i

automatski mjerači – logeri). Također, neka od trasiranja već su bila predlagana od strane prethodnih istraživača – npr. trasiranje Markovića ponora na Humcu i ponora u Malom Prologu (SLIŠKOVIĆ, 2001);

- Hidrološka istraživanja se također mogu značajno diskretizirati, uz istraživanja najsušnijih i najvodnijih mjeseci i godina, te posebnih izoliranih događaja (ekstrema) kojih će prema projekcijama budućih klimatskih promjena biti sve više i više;
- Smatramo i kako bi izrada kvalitetne, nove, geološke karte područja na litološkim temeljima u M 1:50.000 mogla dovesti do kvalitetnijeg odjeljivanja pojedinih podsljevova. Ova su istraživanja vrlo skupa pa ih treba planirati zasebno, a rezultate (geološke karte s tumačima) kasnije koristiti u hidrogeološkim ekspertizama;
- Bilo bi poželjno istražiti količinu i vrstu nanosa koja se donosi snažnim vodnim strujama tunelom iz Vrgoračkog polja uzorkovanjem samog nanosa u vodenom toku u različitim uvjetima, što češće, analizom njegovog granulometrijskog i geokemijskog sastava, te srodnim analizama i istraživanjima.

Smatramo kako bi nastavak istraživanja na ovdje prikazan i predložen način mogao dovesti do daljnjeg povećanja spoznaje i razvitka metodologije kojom bi se povisila kvaliteta cjelokupnog upravljanja prostorom, a tu prije svega mislimo na održivo i daleko kvalitetnije upravljanje (i uspostavu) zonama sanitarne zaštite, kako u Hrvatskoj, tako i u prekograničnim sustavima, te moguće korištenje dodatnih količina podzemnih (izvorskih) voda za vodoopskrbu stanovništva, ali i za navodnjavanje što postaje sve važnija tema u razvitku države. Bilo bi šteta ne nastaviti ovakva istraživanja, ali i ne razvijati i proširivati ih kako prostorno tako i metodološki.

LITERATURA

- BOJANIĆ (1980): Vrgoračko polje (Jezero) – Izvještaj o geološko – hidrogeološkom rekognosciranju polja od mosta otok (Šunjići) do ponora Crni Vir. Arhiv HGI 199/80.
- BOJANIĆ, L. & IVIČIĆ, D. (1980): Hidrogeološka studija područja Aržano-Brela-Metković. Arhiv HGI, Zagreb.
- BOJANIĆ, L., IVIČIĆ, D. & BATIĆ, V. (1981): Hidrogeologija Imotskog polja s osvrtom na značaj u regionalnom smislu. Geol. vjesnik, 34, 127-135, Zagreb.
- BONACCI, O. (1987). Karst hydrology. Berlin: Springer – Verlag.
- BONACCI, O. (2005): Odvodnja polja u kršu na primjeru Vrgorskog polja. Priručnik za hidrotehničke melioracije III kolo knjiga 2, Elementi planiranja sustava za navodnjavanje (ur. Ožanić, N.), Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka, 208-240.
- BONACCI, O., ŽELJKOVIĆ, I., GALIĆ, A. (2013): Karst rivers' particularity : an example from Dinaric karst (Croatia/Bosnia and Herzegovina). Environmental Earth Sciences. 70/2; 963-974.
- BRANKOVIĆ, Č., CINDRIĆ, K., GAJIĆ-ČAPKA, M. & GÜTTLER, I. (2014): Klimatske podloge za dva pilot područja u Hrvatskoj u okviru EU projekta DRINKADRIA, DHMZ Zagreb, nepublicirano.
- CLARK, I. & FRITZ, P. (1997) Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC Press, U.S.A., 328 p.
- CRAIG, H.(1961) Isotope variations in meteoric waters. Science 133, 1702–1703.
- CURIĆ, Z. (1995): Hidrografske značajke donjeneretvanskog kraja. U: Zborniku radova 1.Hrvatske konferencije o vodama, Hrvatske vode, Zagreb, 463.-469.
- DAVIS, J. C. (2002): Statistics and Data Analysis in Geology. Cansas geological survey. The University of Cansas, third edition, USA, 638 p.
- DHMZ (2014): Klimatske podloge za dva pilot područja u Hrvatskoj u okviru EU projekta DRINK-ADRIA (Autori: Branković Č, Cindrić, K., Gajić-Čapka, M., Güttler I.), Zagreb, nepublicirano.
- FRANGEN, T. (2013) Određivanje značajki krškoga vodonosnika na području jugozapadnoga Žumberka kvantitativnim trasiranjem u različitim hidrološkim uvjetima.

Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 204 str.

GOLDSCHIEDER, N. & DREW, D. (2007): Methods in Karst Hydrogeology. IAH: International Contributions to Hydrogeology 26, Taylor & Francis, London, 264pp

GONFIANTINI, R., ROCHE, M. A., OLIVRY, J.C., FONTES, J. C. & ZUPPI, G. M. (2001): The altitude effect on the isotopic composition of tropical rains. Chemical Geology 181, 147–167.

GUNN, J. (1982): Point – recharge of limestone aquifers- a model from New Zeland karst. J. Hydrol 61, 19-29

HEIS (2015): Rijeka Trebižat – bilanca voda. Izvještaj u okviru projekta DRINKADRIA, Sarajevo.

HEKMAN, F. (2006). Vodno gospodarstvo Dalmacije. Ex Libris, Zagreb, 182 str.

HORVAT, B. & RUBINIĆ, J. (2003): Primjena GIS-a na procjenu otjecanja (GIS Application in Surface Runoff Estimation), Proc. 3rd Croatian Conference on Waters, 265-271, Osijek, Croatia.

HORVAT, B. & RUBINIĆ, J. (2006): Annual runoff estimate - an example of karstic aquifers in the transboundary region of Croatia and Slovenia, Hydrological Sciences Journal, 51(2). str. 314-324.

IVIČIĆ, D. (1992): Program hidrogeoloških istražnih radova potrebnih za prijedlog zona sanitarne zaštite izvora Modro oko. Arhiv HGI 79/92.

IVIČIĆ, D. (1994): Hidrogeološki istražni radovi za prijedlog zona sanitarne zaštite izvora Opačac. Arhiv HGI 68/94.

IVIČIĆ, D. (2000): Sliv izvora desne strane donjeg toka Neretve. 2. hrvatski geološki kongres Cavtat – Dubrovnik, 17-20.5.2000. Vodič ekskurzija. Ur. Vlahović, I. & Biondić, R.

IVIČIĆ, D. & BOJANIĆ, L. (1978): Odvodni sistem Rastok – Vrgoračko polje – Baćinska jezera. Odvodni tunel Vrgoračko polje – Baćinska jezera. Pregledni uzdužni inženjerskogeološki radovi. Arhiv HGI 331/78.

IVIČIĆ, D. & PAVIČIĆ, A. (1996): Hidrogeološki istražni radovi za prijedlog zona sanitarne zaštite za izvore Klokun i Modro Oko. Arhiv HGI 62/96.

IVIČIĆ, D. & PAVIČIĆ, A. (1997): Hidrogeološki istražni radovi za prijedlog zona sanitarne zaštite za izvore Klokun; Bojenje ponora kod Crpala (Spilice). Institut za geološka istraživanja, Fond struč. dok. Zagreb.

- IVIČIĆ, D. & PAVIČIĆ, A. (1999): Hidrogeološka osnova zaštite vode u krškim poljima. 2. Hrvatska konferencija o vodama. Hrvatske vode od Jadrana do Dunava. Dubrovnik 19-22.5.1999.
- IVIČIĆ, D. & PAVIČIĆ, A. (2000): Baćinska jezera i izvor Klokun. 2. hrvatski geološki kongres Cavtat – Dubrovnik, 17-20.5.2000. Vodič ekskurzija. Ur. Vlahović, I. & Biondić, R.
- IVIČIĆ, D., PAVIČIĆ, A., DUKARIĆ, F. & MIKLIN, Ž. (2008): Studija utjecaja na okoliš. Jadranska autocesta – Sektor Ploče – Dubrovnik . Dionica Doli – Dubrovnik. Hidrogeološki i inženjerskogeološki radovi. Arhiv HGI 2008.
- KAPELJ, J. & TERZIĆ, J. (2005): Lokacija kamenoloma tehničkog kamena Obličevac kod Ploča: Izvještaj o provedenom trasiranju toka podzemne vode. Institut za geološka istraživanja, Fond struč. dok. Zagreb.
- KOSKOVIĆ, I. (2008): Utjecaj odlagališta otpada „Lovornik“ na ekosustav Baćinskih jezera. Diplomski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- LUKAČ REBERSKI, J. (2008) Hidrogeološka i hidrogeokemijska osnova za definiranje slijeva Gacke i zaštita njenog izvorišta. Magistarski rad. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu 118 str.
- LUKAČ REBERSKI, J., MARKOVIĆ, T., NAKIĆ, Z. (2011) Definition of the river Gacka springs subcatchment areas on the basis of hydrogeological parameters. *Geologia Croatica* 66/1, 39-53.
- LANGBEIN, W. B. (1962): The Water Supply of Arid Valleys in Intermountain Regions In Relation to Climate, *IAHS Bull.*, Vol.7/1.
- LONGINELLI, A. & SELMO, E. (2003): Isotopic composition of precipitation in Italy: a first overall map. *Journal of Hydrology* 270, 75–88.
- MANGIN, A. (1984): Pour une meilleure connaissance des systèmes hydrologiques a partir des analyses corrélatoire et spectrale. *J. Hydrolo*, 67, 25-43.
- MARINČIĆ, S., MAGAŠ, N. & BENČEK, Đ. (1979): List Ploče – Tumač Osnovne geološke karte M 1:100.000 Institut za geološka istraživanja – Zagreb. Beograd.
- NARODNE NOVINE 47/08, (2008): Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće.
- PEJAKOVIĆ, B. & KNEŽEVIĆ, B. (2010): Vodnogospodarska problematika šireg prostora Imotske krajine. U: Zborniku sažetaka radova okruglog stola Vodoprivredna problematika šireg prostora Imotske krajine. Slap, Zagreb.

- PIRJEVAC, M. (2015): Hidrogeološke i hidrokemijske osobitosti Baćinskih jezera i obližnjih izvora. Diplomski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- PLUMER, L.N. & BACK, W. (1980) The mass balance approach: application to interpreting the chemical evolution of hidrologic system.-Am.J.Sci., 280, 130-142.
- RAIĆ, V., AHAC, A. & PAPEŠ, J. (1978): List Imotski – Tumač Osnovne geološke karte M 1:100.000. Institut za geološka istraživanja – Sarajevo. Beograd.
- RAIĆ, V. & PAPEŠ, J. (1982): List Ston – Tumač Osnovne geološke karte M 1:100.000. „Geoinženjering“ Sarajevo, OOUR Institut za geologiju i Geološki zavod – Zagreb. Beograd.
- RAIĆ, V., PAPEŠ, J., BEHLILOVIĆ, S., CRNOLATAC, I., MOJIČEVIĆ, M., RANKOVIĆ, M., SLIŠKOVIĆ, T., ĐORĐEVIĆ, B., GOLO, B., AHAC, A., LUBURIĆ, P. & MARIĆ, LJ. (1977): List Metković – Tumač Osnovne geološke karte M 1:100.000. Institut za geološka istraživanja – Sarajevo. Beograd.
- ROZANSKI, K., GONFIANTINI, R. & ARAGUAS-ARAGUAS, L. (1991): Tritium in the global atmosphere: distribution patterns and recent trends. Journal of Physics G 17, S523–S536.
- RUBINIĆ, J. (2014): Vodni režim Vranskog jezera u Dalmaciji i klimatski utjecaji – disertacija. Građevinski fakultet u Rijeci, Rijeka, 212 str.
- RUBINIĆ, J. & HORVAT, B. (2015): DRINKADRIA PROJECT, WP 4.2. REPORT, Pilot area Southern Dalmatia, Croatia. Građevinski fakultet u Rijeci, Rijeka, 25 str.
- SLIŠKOVIĆ, I. (1996): Elaborat – Hidrogeološka istraživanja za prijedlog zona sanitarne zaštite izvora Prud (Norinska rijeka). Arhiv HGI 55/96.
- SLIŠKOVIĆ, I. (2000): Hidrogeološki radovi za HE Peć Mlini; Akumulacija Nuga (Imotsko polje). Institut za geološka istraživanja, Fond struč. dok. Zagreb.
- SLIŠKOVIĆ, I. (2001): Izvor Norinske rijeke – Hidrogeološki istražni radovi za sanitarnu zaštitu crpilišta Prud – Trasiranje podzemnih tokova preko ponora kod kružnog toka u Ljubuškom. Arhiv HGI 55/96.
- SLIŠKOVIĆ, I. (2009): Osnovna hidrogeološka karta Republike Hrvatske – tumač lista Ston. HGI, Zagreb. Radna verzija, nerecenzirano, neobjavljeno.
- SLIŠKOVIĆ, I. (2009a): Osnovna hidrogeološka karta Republike Hrvatske – tumač listova Ploče i Metković. HGI, Zagreb. Radna verzija, nerecenzirano, neobjavljeno.

- SLIŠKOVIĆ, I. (2014): Vode u kršu slivova Neretve i Cetine. Nakladnik: Hrvatski geološki institut, Zagreb; ISBN 978-953-6907-36-6. 171 str.
- SLIŠKOVIĆ, I. & BILOPAVLOVIĆ, V. (2002): Vodoopskrbni potencijali i korištenje voda sliva Mostarskog blata. 3. hrvatska konferencija o vodama, Zbornik radova, Osijek – Zagreb, 909-917.
- SLIŠKOVIĆ, I., KAPELJ, S. & VIDOVIĆ, M. (1997): Zaštita izvora Norinske rijeke – Metković. Hrvatske vode 19, 147-159, Zagreb.
- SMIRČIĆ, A., GLAVAŠ, B. & ŠVONJA, M. (1995): Neke hidrološke i batimetrijske značajke Baćinskih jezera. U: Zborniku radova 1.Hrvatske konferencije o vodama, Hrvatske vode, Zagreb, 471.-482.
- SMOLJAN, I. (1970): Neretva. Nezavisno autorsko izdanje, Zagreb, 382 str.
- STROJ, A. (2010) Podzemni tokovi u zaleđu krških priobalnih izvora na području Velebitskog kanala. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 259 str
- STUMM, W. & MORGAN, J.J. (1996) Aquatic chemistry. Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters. John Wiley & Sons, INC. New York – Chichester – Brisbane – Toronto – Singapore
- ŠTAMBUK-GILJANOVIĆ, N. (1994): Vode Dalmacije – Zavod za javno zdravstvo Županije Splitsko-dalmatinske, Split, 263 str.
- TERZIĆ, J. (2012): Geološke i hidrogeološke podloge za potrebe izrade Studije utjecaja na okoliš na razini idejnog projekta područja trase brze ceste od čvora Nikolac do spoja na D8 (uključivo most preko Neretve). Arhiv HGI 34/12.
- TOMAS, D., MALDINI, K., MATIĆ, N., MARIJANOVIĆ RAJČIĆ, M., (2013): Primjena indeksa kvalitete vode u ocjeni kakvoće vode krških jezera. Hrvatske vode, 21(86), str. 303-310.
- TURC, L. (1954): Le bilan d'eau des sols, relation entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement, Troisièmes journées de l'hydraulique à Alger.
- TURNER, S. (1955): Tehnički izvještaj o bojenju ponornica na području Imotski-Neretva. Bojenje Vrgorsko jezero-more. Fond. dok. RHMZ, Zagreb.
- TURNER, S. (1959): Bojenja Vrgorsko jezero-dolina Neretve. Tehnički izvještaj o bojenju potoka Matice Vrgorske na ponoru Staševica u Vrgorskom jezeru. Broj knjige bojenja 49. Tehnički izvještaj o bojenju Matice Vrgorske na ponoru Crni Vir u Vrgorskom Jezeru. Bojenje br. 48. Fond dok. RHMZ, Zagreb.

VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I., ur. (2009): Tumač geološke karte Republike Hrvatske M 1:300.000. ISBN 978-953-6907-10-6. Hrvatski geološki institut, Zagreb.

VREČA, P., KRAJCAR BRONIĆ, I., HORVATINČIĆ, N. & BAREŠIĆ, J. (2006): Isotopic characteristics of precipitation in Slovenia and Croatia: Comparison of continental and maritime stations. *Journal of Hydrology*, 330, 457-469.

VUKOSAV, B. (2006): Prostorna diferencijacija Vrgoračkog područja na temelju krških prirodno-geografskih i društveno-geografskih obilježja. *Geoadria* 11/2, 241-281.

Pravilnici

Narodne novine NN 46/94: Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće

Narodne novine 47/08, (2008): Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće.

Narodne novine NN 66/11: Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta.

Narodne Novine NN 47/13: Pravilnik o izmjenama Pravilnika o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta.

Web izvori

<http://www.drinkadria.eu/> (2.9. 2015)

http://mapire.eu/en/map/mkf_dalm/?zoom=7&lat=43.55197&lon=16.90064 (2.9.2015)

<http://www.ccwaters.eu/> (16.9.2015)