

Izrada modela za hidrološka predviđanja, prognoziranje, donošenje odluka, priprema plana, smjernica, program obuke za optimalno upravljanje višenamjenskim akumulacijama u slivovima Rijeka Neretve i Trebišnjice

(Ugovor #: BA&CR-NTMP-GEF-QCBS-CS-11-08)

Matematički model

**HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ZAPADNE
HERCEGOVINE**

Studeni 2014

EPTISA Servicios de Ingenieria, S.L.
CIF: B-85097962
C: Emilio Muñoz, 35-37
28037 Madrid, Spain

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ZAPADNE HERCEGOVINE

Sub-Consultant mr.
sc. Ivan Antunović, dipl. ing
9 Gajeva Street
21000 Split, Republic of Croatia

Split, srpnja 2014 godine

Sadržetak

UVODNE PRIPOMENE.....	1
1. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SLIVNOG PODRUČJA VRELA DESNE OBALE RIJEKE NERETVE OD MOSTARA DO UŠĆA U JADRANSKO MORE	2
1.1. OPĆE PRIPOMENE.....	2
1.2. GEOLOŠKA GRAĐA I TEKTONSKI ODNOSI	6
1.2.1. Stratigrafska građa	6
1.2.2. Strukturno-tektonske karakteristike	9
1.2.3. Geomorfološke značajke	9
1.2.4. Klimatološki parametri	12
1.2.5. Rezultati trasiranja podzemnih voda na širem području.....	14
2. SLIVOMI	18
2.1. SLIVNO PODRUČJE VRELA LIŠTICE (BORAK I BILO VRILO)	18
2.1.1. Opće karakteristike.....	18
2.1.2. Prihranjivanje podzemnih voda	19
2.1.3. Podzemni tokovi i brzine podzemnog tečenja.....	21
2.1.4. Hidrologija	24
2.1.5. Bilanca podzemnih voda.....	32
2.2. SLIVO PODRUČJE MOSTARSKOG BLATA I IZVORA OD JASENICE DO ČAPLJINE	33
2.2.1. Prihranjivanje podzemnih voda	33
2.2.2. Izvori u rubnom području Mostarskog blata.....	34
2.2.3. Poniranje stalnih površinskih tokova.....	37
2.2.4. Izvori u području toka Jasenice do Žitomislića.....	40
2.2.5. Izvori nizvodno od Žitomislića do Čapljine.....	49
2.3. SLIVNO PODRUČJE TOKA VRLJIKA-MATICA-TIHALJINA-MLADA-TREBIŽAT (VMTMT) ...	54
2.3.1. Opće karakteristike.....	54
2.3.2. Geomorfološke značajke	55
2.3.3. Klimatološki parametri	58
2.3.4. Slivno područje V.M.T.M.T.	60
2.3.4.1 Podsliv Ričine i Vrljike	61
2.3.4.2 Podsliv od vrela Tihaljine do vrela Klokun	66
2.3.4.3 Podliv vrela Klokun i Vrištice	67
2.3.4.4 Podsliv vrela Studenčice	74
2.4. SLIV VRELA MODRO OKO I KLOKUN.....	86

2.4.1. Geomorfološke karakteristike	86
2.4.2. Hidrogeološke karakteristike	87
2.4.3. Klimatski parametri	95
2.5. IZVORIŠTE PRUD	97

Popis priloga

1. Hidrogeološka karta istraživačkog područja 1:200.000
2. Karta slivova 1:200.000
3. Karta vodnih tijela 1:200.000

Slike

Slika 1. Kanjon Badnjevice i Suvaja	3
Slika 2. Vrelo Opačac u razdoblju srednjih velikih voda	4
Slika 3. Vrelo Tihaljine u razdoblju malih voda	5
Slika 4. Vrelo Vrioštice	5
Slika 5. Utvrđene podzemne veze	16
Slika 6. Uzvodno vrelo Lištice "Bilo vrilo" u razdoblju velikih voda	18
Slika 7. Vrelo Lištice "Borak" u razdoblju velikih voda	18
Slika 8. Jedan od aktivnih ponora u gornjem toku Ugrovače	20
Slika 9. Ponor –otvorena kaverna promjera oko 1,5 m,	20
Slika 10. Sliv vrela Lištice	23
Slika 11. Hidrogeološki profili sliva Lištice (4)	24
Slika 12. Razdoblje praćenja na V.S. Lištica, obuhvaća razdoblje 1957-1991 god.	25
Slika 13. V.S. Lištica, prosječne mjesečne sume padavina i srednji mjesečni protoci	25
Slika 14. V.S. Lištica-srednji godišnji protoci i godišnje padavine m.s. Mostar	26
Slika 15. V.S. Lištica, srednji mjesečni protoci, anvelopa maksimuma i anvelopa minimuma ...	27
Slika 16. V.S. Lištica, srednji dnevni protoci, anvelopa minimuma i maksimuma (8)	27
Slika 17. V.S. Lištica, Prosječna linija trajanja, anvelopa minimuma i anvelopa maksimuma	28
Slika 18. Karakteristične vrijednosti protoka (8)	29

Slika 19. V.S. Lištica Pojava maksimalnih dnevnih protoka po mjesecima	30
Slika 20. V.S. Lištica, hidrogram maksimalnih godišnjih protoka.....	31
Slika 21. V.S. Lištica-registrirani ekstremni dnevni protoci (9)	31
Slika 22. V.S. Lištica, vjerojatnost pojave maksimalnih dnevnih protoka (9)	32
Slika 23. Aluvijalne naslage u koritu r. Lištice	34
Slika 24. Mokašnica za vrijeme velikih voda na putu Uzarići - Jare.....	36
Slika 25. Mjesto poniranja voda toka rijeke Lištice u razdoblju vrlo malih voda(9)	38
Slika 26. Ponor Renkovača.....	39
Slika 27. Ponor Velika jama	40
Slika 28. Izvor Dunajac u razdoblju srednjih velikih voda.....	44
Slika 29. Pregledna hidrogeološka karta sliva vrela od Jasenice do Žitomislića.....	46
Slika 30. Hidrogeološki profili sliva Lištice.....	47
Slika 31. Jedno od više vrela razbijenog krškog vrela Mlinice	50
Slika 32. Jedno od vrela Grahovo	50
Slika 33. Pregledna hidrogeološka karta slivova vrela od Žitomislića do Čapljine.....	53
Slika 34. Vrelo Vrioštice	54
Slika 35. Karta izohijeta šireg područja Hercegovine (DHZ) (8).....	59
Slika 36. Geološka karta Ričine s rezultatima trasiranja podzemnih voda i raščlambom	62
Slika 37. Hldrogeološka karta Podsliva Ričina - Vrljika.....	63
Slika 38. Pregledna hidrogeološka karta podsiva Grudskog vrila	69
Slika 39. Ukupan sliv vrela Vroštice i Klokun	73
Slika 40. Grotlo povremenog vrela Banja u Cernu.....	76
Slika 41. Vrelo Kajtavovina u razdoblju srednjih voda	77
Slika 42. Vrelo Vakuf (nizvodno od kaptaze)	77
Slika 43. Vrelo Mlinice	78
Slika 44. Srednji godišnji protoci na VP Studenčica i srednjih godišnjih padalina na MP Ljubuški (7)	79
Slika 45. Srednji, minimalni i maksimalni mjesečni protoci na VP Studenčica(7).....	79

Slika 46. VP Studenčica – prosječna, minimalni i maksimalnih trajanja protoka(7)	80
Slika 47. Utvrđene podzemne veze preko ponora u jugoistočnom Cernu (7).....	81
Slika 48. Pregledna hidrogeološka karta šireg područja sliva vrela Studenčice.....	82
Slika 49. Plavljenje Vrgoračkog polja	87
Slika 50. Pregledna karta šireg područja izvorišta Klokun i Modro oko.....	89
Slika 51. Aktivnost vrela u zapadnom dijelu Vrgoračkog polja	90
Slika 52. Izvorište Klokun	90
Slika 53. Vrelo Strimen.....	91
Slika 54. Modro Oko	91
Slika 55. Poplavljeni ponor Pod Spilom.....	92
Slika 56. Aktivan rad ponora ispod Vidrine	92
Slika 57. – Jezero i izvorište Prud	97
Slika 58. Pregledna hidrogeološka karta šireg područja sliva vrela Prud.....	99

UVODNE PRIPOMENE

Ugovorom između

EPTISA Servicios de Ingenieria, S.L.
CIF: B-85097962
C: Emilio Muñoz, 35-37
28037 Madrid, Spain

i

Sub-Consultant mr.
sc. Ivan Antunović, dipl. ing
9 Gajeva Street
21000 Split, Republic of Croatia

Od 01. 3 2013. godine je preuzeta obveza suradnje u projektu „Development of the model for hydrological predictions, forecasting and decision making and preparation of the plan, guidelines, training program for optimal management of multi-purpose reservoirs in the river basin of Neretva and Trebišnjica“. U ovom dijelu rada dan je pregled hidrogeoloških karakteristika slivnih područja Hercegovine na zapadnoj obali rijeke Neretve.

Kod izrade ovog izvješća u velikoj mjeri je korištena dokumentacija dostavljena od strane HZ HB –a, Agencije sliva Jadranskog mora iz Mostara te Hrvatskih voda iz Splita.

Posebno značajne informacije korištene su iz dokumentacija Integra d.o.o iz Mostara a koja je vezana za zaštitu izvorišta na području zapadne Hercegovine.

Osim dodatnih hidrogeoloških obrada, ovaj rad u suštini predstavlja sažetak rezultata do sada provedenih istraživanja na ovom prostoru.

1. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SLIVNOG PODRUČJA VRELA DESNE OBALE RIJEKE NERETVE OD MOSTARA DO UŠĆA U JADRANSKO MORE

1.1. OPĆE PRIPOMENE

Slivno područje vrela na desnoj obali rijeke Neretve nizvodno od Mostara do ušća u Jadransko more obuhvaća prostor preko 2000 km².

Cijelo područje pripada tzv. "visokom kršu" s pojavama nekoliko većih krških polja:

- Raško polje, na krajnjem sjeverozapadu područja, površine oko 9 km²;
- Rakitno polje, u sjeverozapadnom dijelu područja površine 18,3 km² na visini između 880 - 920 m.n.m.
- Posuško polje u središnjem dijelu područja, površine 16 km² na visini oko 600 m.n.m.
- Kočerinsko polje sa površinom od 6,6 km² na visini oko 330 m.n.m.
- Imotsko (Imotsko-bekijsko) polje, površine 95 km² na visini oko 260 m;
- Mostarsko blato ima površinu 42,5 km² na visini od 220 - 245 m.n.m.
- Čitlučko polje sa površinom od oko 37 km² i visini od oko 210 m.n.m.
- Ljubuško polje na visini od oko 80 m.n.m. i površini 25 km²
- Rastok polje na visini od oko 60 m.n.m. i 13 km²
- Vrgoračko polje - Jezero na nadmorskoj visini od oko 25 m.n.m. i oko 26 km².

Najveći dio preostalog terena pripada okršenom području s postupnim padom reljefa u pravcu jugoistoka. Na ovom području postoje dva stalna površinska toka:

- Rijeka Lištica od vrela do Mostarskog blata i
- rijeka Vrljika-Matica u Imotskom polju, Tihaljina, Mlada u Ljubuškom polju te Trebižat do ušća u rijeku Neretvu.

Rijeka Lištica se formira na krškim vrelima Lištice (Borak i Bilo vrilo). Stalni površinski tok egzistira od vrela do ulaza u Mostarsko Blato. Na tom dijelu toka dolazi do jačih poniranja voda iz korita u podzemlje, tako da u sušnim razdobljima vodotok Lištice kroz Mostarsko blato presušuje.

Rijeka Vrljika - Matica - Tihaljina - Mlada - Trebižat (V.T.M.T. u daljem tekstu) je jedinstveni tok koji za svoje četiri dionice ima različita imena. Teče kroz središnji dio područja istraživanja preko različitih hidrogeoloških jedinica, među kojim i znatan dio preko okršenih vapnenaca kroz koje također ima poniranja i podzemnog otjecanja.

Ovaj stalni tok formira se od nekoliko povremenih i stalnih manjih otjecanja i krških vrela koja se pojavljuju duž sjeveroistočnog oboda Imotskog polja.

Postoje dva veća povremena toka: Ugrovača i Ričina.

Ugrovača se formira u području promina konglomerata u Raktinom polju i dotokom do okršanih vapnenaca ponire i podzemljem otječe najvećim dijelom prema vrelu Lištice. Ugrovača se aktivira cijelim tokom samo u kraćim razdobljima vrlo velikih voda.

Najveći povremeni riječni tok je Ričina koja se formira od stalnih vodotoka Ružičkog i Močila potoka, ali ulaskom u masiv Snježnice i Radovan planine ponire i pri intenzivnijim padavinama u jesen i proljeće protječe podzemno i površinski.

Isti je slučaj i sa njezinom pritokom Topalom u Posuškom polju. Na svome vodotoku koji je generalno usmjeren u pravcu sjeverozapada Ričina prima Studeni potok, koji ponire u gornjem toku u sušnom razdoblju, a u Virskom polju potok Žukovicu. Nakon ulaska u polje Ričice, prima desnu pritoku Vrbicu, odakle ulazi u kanjon Badnjevice, kojim pod nazivom Suvaja ulazi u Imotsko polje, gdje je umjetnim koritom uvedena u Prološko blato.

Suvaja je povremeni tok i samo pri visokim vodnim valovima protekne površinski kratkotrajno.

U vrijeme ekstremnih padavina u gornjem sjevernom dijelu sliva dolazi do plavljenja Posuškog polja, Kočerinskog i jugoistočnih dijelova Imotskog i Grudskog polja.

Glavni stalni tok Vrljike nastaje od voda razbijenog vrela Opačac (Opatovo vrelo). Ukupno je pet većih vrela od kojih je Opačac najveće.



Slika 1. Kanjon Badnjevice i Suvaja



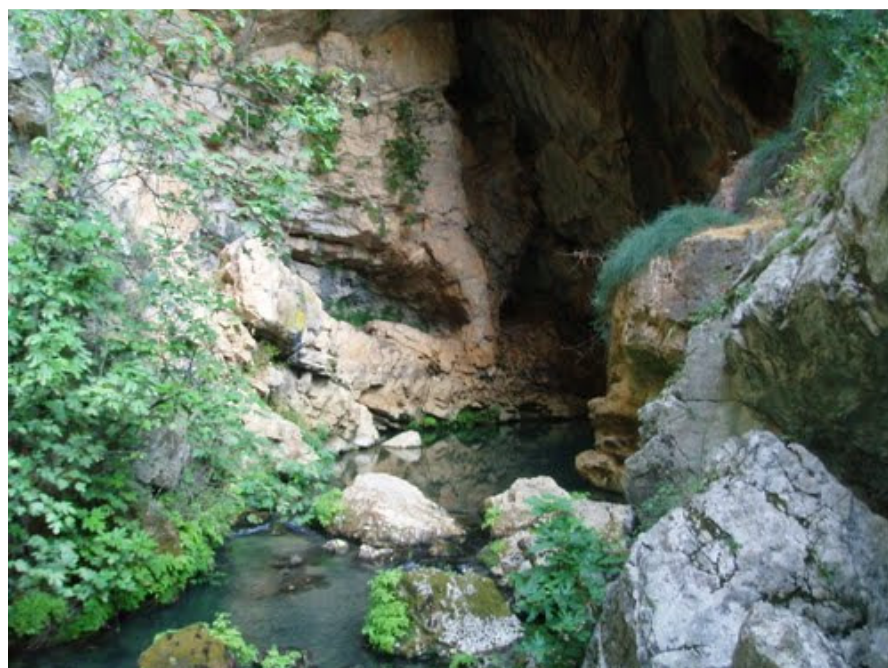
Slika 2. Vrelo Opačac u razdoblju srednjih velikih voda

Vodotok Tihaljina-Mlade-Trebižat također povremeno plavi dijelove okolnog zemljišta koji nisu zaštićeni obrambenim nasipima. Prema podacima Zavoda za vodoprivredu poplave se različito odražavaju na određene dionice vodotoka. U gornjem uzvodnom dijelu Tihaljina plavi uski pojas aluvijalnog pokrivača u bokovima oko korita. U području Vitinsko - Ljubuškog polja vodotok Mlade reguliran je nasipima i dio površinskih voda otječe kanalom prema Rastok polju.

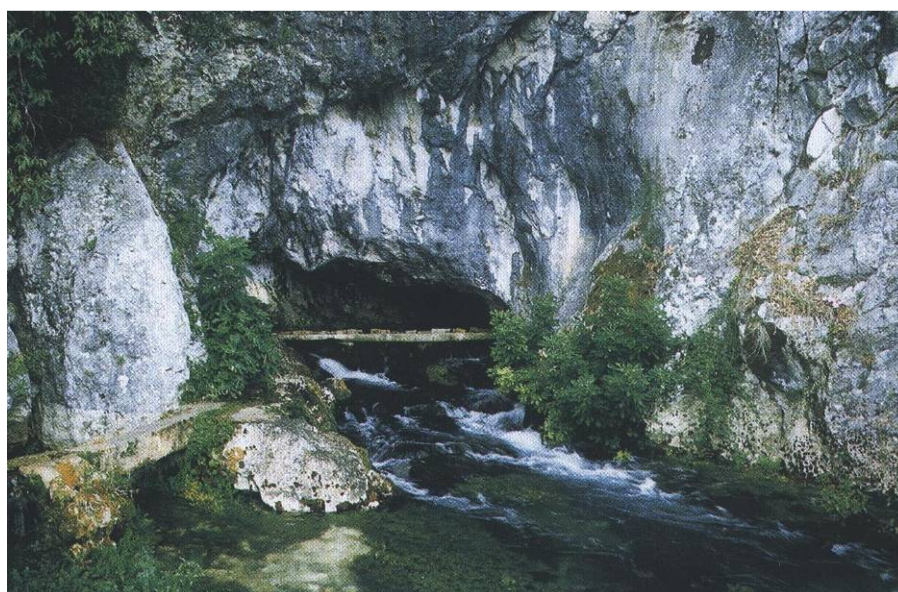
Nizvodno od Humca poplavni vodni val se širi na veće površine, što je posebno izraženo nizvodno od ušća Studenčice sve do naselja Struge.

Na vodotoku Tihaljine lijeve pritoke su kraći vodotoci koji se formiraju na lijevom zaobalju kao što su Krupa, Nevidin, Jakšenica, Nezdravica, a na desnoj obali su Zloriba i Meljava i drugi manji potočići oko Klobuka.

Na vodotoku Mlade na lijevoj obali dotječe rijeka Vrioštica koja nastaje iz istoimenog krškog vrela, zatim i potok koji se formira u Donjem Proboju.



Slika 3. Vrelo Tihaljine u razdoblju malih voda



Slika 4. Vrelo Vrioštice

Na desnoj obali, povremeni tok Studenog potoka je u polju Kladnik, koji se povremeno aktivira kad proradi kraško vrelo Banja kod Šipovače, a ulijeva se kod Koćuše.

Nizvodnije na vodotoku Trebižata je lijeva pritoka Studenčica kod Studenaca u koju se iz pravca Čitluka ulijeva povremeni vodotok Lukoča i Stube u Čitlučkom polju. Studenčica se formira od tri veća krška vrela: Kajtažovina, Vakuf i Mlinica.

1.2. GEOLOŠKA GRAĐA I TEKTONSKI ODNOSI

Prikazani geološki odnosi zasnivaju se na rezultatima osnovne geološke karte, listovi: Imotski, Mostar, Ploče i Metković, u mjerilu 1: 100.000.

1.2.1. Stratigrafska građa

Teren u širem i užem području sliva Tihaljine–Mlade–Trebižata građen je od različitih formacija koje pripadaju permotrijasu, gornjoj juri donjoj i gornjoj kredi, paleogenu, neogenu i kvartaru.

Permotrijaske naslage u prostoru sela Soboč sjeveroistočno od Posušja. Unutar ovog polja utvrđene su naslage gipsa, pješčara, škriljaca i breča. Ovi sedimenti nalaze se uklješteni između rasjeda. Uz ove gipseve vezuju se pješčari, škriljavi lapori i breče (P.Luburić 1965) koji se svrstavaju u donji trijas.

Jurski sedimenti prostiru se u sjeverozapadnim dijelovima terena u širem području Svinjače gdje normalno leže ispod vapnenaca donje krede. U prostoru Svinjače ovi sedimenti predstavljeni su masivnim dolomitima sa umetcima vapnenaca, starosti gornje jure (Kimeridž–Portland) ($J_3^{2,3}$). Debljina im je oko 470 m.

Kreda (K) rasprostire se u najvećem dijelu razmatranog područja, a zastupljeni su stratigrafski članovi: Starija donja kreda (1K_1) izgrađuje sjeverozapadne dijelove terena i kontinuirano naliježe na naslage gornje jure. Čine je masivni do debelo uslojeni svijetlosivi dolomiti i debelo uslojeni bankoviti bijeli vapnenci. Debljina ovih sedimenata iznosi oko 550 m.

Mlađa donja kreda (2K_1) predstavljena je vapnencima sa proslojcima dolomita. Dobro su uslojeni, debljina slojeva od 20-120 cm, sive do svijetlo sive boje. Naslage ove starosti najčešće se nalaze u jezgri krednih antiklinala. Debljina ovih naslaga iznosi oko 500 m.

Prijelazne naslage donja-gornja kreda $K_{1,2}$ (alb-cenomana) su također zastupljene prvenstveno u jezgri antiklinala, predstavljene su dolomitima, dolomitičnim vapnencima i vapnencima. Donji dijelovi alb - cenomana 1K_1 su krečnjačkog sastava. Gornji dijelovi alb – cenomana 2K_2 predstavljeni su dolomitima i dolomitičnim vapnencima. Oba člana $K_{1,2}$ nalaze se u jezgri antiklinala, debljine oko 360 m. Konkordantno na vapnencima alb – cenomana leže vapnenci gornje krede.

Gornja kreda (K_2) predstavljena je sa pet stratigrafskih nivoa:

Stariji dio cenoman – turona ($^1K_2^{1,2}$), zastupljen je sa pločastim vapnencima koji sadrže rijetke hondrodonte. Boje su sive do svijetlosive, a leže konkordantno na alb – cenomanskim slojevima. Debljina im doseže i do 300 m.

Mlađi dio cenoman – turona (${}^2K_2^{1,2}$), kontinuirano se nastavlja na unaprijed opisane pločaste vapnenace. Ovdje su zastupljeni krečnjaci sa hondrodontama i rudistima i proslojcima dolomita. Boje su sive do svjetlo sive. Dobro su uslojeni. Debljina slojeva kreće se u rasponu od 20 do 140 cm. Debljina ovog stratigrafskog nivoa je oko 300 m.

Dijelovi cenomana i turona ($K_2^{1,2}$).

Tamo gdje naslage cenoman-turona nisu mogle biti razdvojene na stariji i mlađi dio izdvojene su zajedno. Izgrađuju velike dijelove terena. U okviru ovog člana zastupljeni su vapnenci, rožnjaci i proslojci dolomita. Dobro su uslojeni. Preovlađuju svjetlosive do ružičaste boje i dosta su okršeni. Nalaze se u jezgri i krilima velikih antiklinalnih struktura. Debljina im doseže 500 m.

Sedimenti turon - senona ($K_2^{2,3}$) dosta su zastupljeni u građi šireg i užeg područja sliva Tihaljina-Mlade - Trebižat. Njihov sastav čine vapnenci. U nižim dijelovima vapnenci su svijetlo sivi ili i tamnije sivi, dobro uslojeni, dok su u višim razinama masivni, mjestimično debelo slojeviti. Ulošci dolomita su dosta rijetki. Debljina ovih vapnenaca je 500 m.

Sedimenti senona (${}_4K_2^3$) izdvojeni su jugozapadno od tektonske linije Čapljina-Ljubuški-Klobuk. Predstavljani su vapnencima i čine najviše razine donje krednih sadimenata. Vapnenci su u nižim dijelovima uslojeni, debljine slojeva 10-30 cm, svijetlo sive do bijele boje, dok su u višim nivoima masivni. Javljaju se u krilima sinklinala ispod paleogenih naslaga ili u jezgrama antiklinala u prostoru Humca, Hrašljana i Jabuke sve do ušća Trebižata. Debljina ovih naslaga iznosi 200-300 m.

Naslage paleogena (Pg) u razmatranom području su dosta zastupljeni. One se pružaju u više zona promjenljive širine. Vrlo često su na ove paleogene navučene naslage kredne starosti, tako da dio tih naslaga leži ispod krednih naslaga. U paleogenu su izdvojene sljedeće stratigrafske jedinice:

Liburnijski slojevi (P_c, E) leže transgresivno i diskordantno preko gornjokrednih vapnenaca. Najčešće ih nalazimo u obliku širih ili užih pojaseva dinarskog pravca pružanja, gdje «proviruju» ispod alveolitsko-numulitskih vapnenaca, ili se pojavljuju između krednih vapnenaca uklještenih uz reversne rasjede. Liburnijski slojevi su predstavljeni smeđe sivkastim, često glinovitim, dobrouslojenim vapnencima sa harama, pužićima i miliolidama. Mjestimično su na kontaktu sa krednim vapnencima utvrđeni brečasti vapnenci.

Liburnijski slojevi imaju dobro izraženu slojevitost čija se debljina kreće od 5-40 cm. Zastupljeni su u svim slojevima slivnog područja u podini eocenskih vapnenaca, najviše u dolini Trebižata od Humca do Čapljine, te u sinklinalnim područjima Čitluk- Rasno. Debljina ovih slojeva iznosi do 200 m.

Eocenski vapnenci ($E_{1,2}$), su kontinuirano istaloženi na liburnijskim slojevima, a tamo gdje ovi izostaju, transgresivno naliježu na gornje krednim slojevima. Ima ih u dolini Trebižata, te u sinklinalnim krilima Čitluk-Rasno, Riča i drugdje. Vapnenci su slabije uslojeni, većinom su bankoviti ili čak i masivni, svijetlo sive ili bijele do svijetlo smeđe boje. Debljina ovih sedimenata iznosi 200 do 400 m.

Eocenski fliš (E_{2,3}), to su klastične naslage pješčara, konglomerata i lapora. Leže diskordantno na eocenskim vapnencima. Zastupljene su u području Virskog polja, Ričice, Lipnog, Rasnog i posebno u zoni Klobuka, Ljubuškog, Studenčice i Čapljine, te u Čitluku. Kod Čitluka u nižem dijelu ovih naslaga se nalaze konglomerati, a u višim pješčari i lapori. Debljina ovih naslaga je od 400-600 m, a sjeveroistočno od Kočerinskog polja su unutar uskih izduženih zona. Debljina im je oko 100 m.

Promina naslage (E,OI), su najmlađe klastične naslage paleogena, a nalaza se u području Zavelina, Mesihovine, Tribistova i Rakitnog u zoni koja se proširuje u pravcu jugoistoka. Sastavljene su od konglomerata, pješčara i laporaca, te laporovito-pjeskovitih kalkarenita. Oni su relativno velike moćnosti ali im je ukupna debljina promjenljiva. Debljina im je različita, procijenjena na 100 m u jugozapadnom dijelu terena, do više stotina metara u području Mesihovina- Tribistovo.

Neogen (Ng) ove sedimente, u okviru slivnog područja nalazimo u Posuškom polju, a zatim u nekoliko izoliranih manjih pojava.

Stariji neogeni sedimenti (¹M) predstavljeni su glinama, laporima i pješčenjacima sa ugljem. Nalaze se u Raškom polju i manja pojava u Virskom polju.

Mlađi neogeni sedimenti (²M) predstavljeni su karbonatnim laporima i glinovitim vapnencima. Prostiru se u području Posuškog polja, zatim manje partije u zapadnom dijelu Roškog polja, Rakitnog polja, Trn polja i Lištice.

Najmlađi neogeni sedimenti (M,PL),u ovom području nalaze se u polju Cerno, zatim u Gradniću kod Čitluka. Predstavljeni su sitnozrnim slabo vezanim konglomeratima, pjeskovitim laporima i glinama, nataloženim diskordantno na gornje kredne vapnenace, a dijelom i na eocenske sedimente.

Kvartarne (Q)_naslage su zastupljene najviše u poljima kao aluvijalno i proluvijalni nanosi, deluvij, sipari, jezerski sedimenti, bigar i barski nanos. Stariji sedimenti kvartara predstavljeni su glacijalnim materijalima u sjevernom dijelu terena, te jezerskim glinama u Imotko-Grudskom polju, kao i šljunkovito-pjeskovitim i glinovitim materijalima debljine nerijetko preko 100 m, dok su glinovito laporoviti materijali (j) u Kočerinskom polju vjerojatno manje debljine.

Južno od Tihaljine i Mlade zastupljene su u poljima Rastok, Vrgoračko jezerio i Jezerac. Aluvijalne naslage (al), pored Imotskog, gdje su veće debljine, nalaze se još u polju Rastovača, zatim u dolini Tihaljine, te u Vitinsko - Ljubuškom polju, gdje obuhvaćaju šire prostranstvo, zatim u Kočerinu, te u koritu i dolini Trebižata sve do ušća u Neretvu. Diluvijalne sedimente u vidu vapnenačkih drobina sa glinom i crvenicom, nalaze se u prostoru Ljubuško Vitinskog polja, zatim polje Komina sjeverozapadno od Čapljine, te u Međugorju. Naslaga bigra ima u koritu rijeke Trebižat sve do blizu ušća u Neretvu, zatim uzvodno kod ušća Studenog potoka u Mladu (Koćuša).

1.2.2. Strukturno-tektonske karakteristike

Osnovna strukturno-tektonska obilježja ovog širokog područja su strukture pretežno dinarskog pravca pružanja. Jedino u području Raško polje - Mesihovina strukture se pružaju po pravcu zapad-istok. Ose bora i glavni rasjedi su dinarskog pružanja. Rasjedi su često reversnog karaktera pri čemu su obično stratigrafski starije stijene navučene preko mlađih. Bore su najčešće su nagnute prema jugozapadu, često su raskinute u blokove uzdužnim, poprečnim i dijagonalnim rasjedima.

Na najširem području izdvojeno je nekoliko tektonskih jedinica.

To su:

- Udrežje - Mostar - Lištica kojoj najvećim dijelom pripada slivno područje Lištice i vrela u koritu Neretve od Jasenice do Žitomislića;
- Stolačko - Čitlučka kojoj pripada najveći dio sliva vrela od Žitomislića do Čapljine;
- Svitavsko - Ljubuška kojoj pripada većim dijelom sliv Tihaljine-Mlade- Trebižata ;
- Biokovo - Zagora kojoj pripadaju slivovi vrela Žrnovnice na obali mora te izvori i vrela koji se nalaze nizvodno od Čapljine do ušća Neretve u more i
- Zavelim kojoj pripadaju dijelovi svoh navedenih slivova na krajnjem sjeverozapadu šireg područja.

Granice između njih su uglavnom veliki reversni rasjedi i navlake.

1.2.3. Geomorfološke značajke

Oblici terena u zavisnosti od geološkog sastava i tektonskih procesa i kasnijih djelovanja jezerske abrazije, fluvijalne, fluvio-glacijalne erozije i okršavanja, formirani su u različitim vidovima i pojavama.

Osnovna obilježja terena izgrađenog od karbonatnih stijena, vapnenaca i dolomita od kojih je izgrađeno ovo područje je intenzivna okršenost sa svim fenomenima koji prate krš. Treba naglasiti da je najintenzivnije okršavanje vezano za vapnenačke stjenovite mase, a dosta manje za dolomitne mase koje se u sklopu ovog terena ponašaju najvećim dijelom kao podinske i bočne barijere.

Kraška erozija zapaža se na svim krečnjačkim terenima, od viših planinskih masiva Midene, Zavelima, Čabulje, Oluje, Site i drugih, kod kojih su bila u vidu visokih površi sa brojnim vrtačama, uvalama, pećinama, jamama, bez tragova površinskih tokova. Isti je slučaj i sa nisko planinskim prostorima oko Imotskog polja, gdje su fenomeni krša posebno izraženi. Kraška površ između Kočerinskog polja i Vranića na sjeveroistoku, te doline Mlade na jugozapadu, posebno se ističe pojavama kraških fenomena sa brojnim vrtačama, često poredanim u nizove, suhim uvalama, pećinama i dr. Ovdje

zastupljenost kraških pojava iznosi od 50 do 100 po jednom km². Slična je situacija i sa dijelom planine Trtle koja se izdiže između Mostarskog blata i Čitlučko-Međugorske kotlinske depresije.

Krška polja

Kraška polja leže između planinskih predjela i većinom se pružaju pravcem sjeverozapad jugoistok, najčešće nagnuta prema jugozapadu. Raspoređena su različitim visinama. Najviša su u prostoru Rakitnog, Tribistova, Vučipolja i Roškog polja na kotama 900 m.n.m, Virskog polja i Ričice na kotama 470-370 m.n.m, Podvraničkog polja 350 m. n. m, i Kočerinskog polja 300-330 m.n.m. Južno od Mlade i Trebižata su polja Rastok 70 m.n.m, Vrgoračko jezero 95 m.n.m. i Jezerac 30 m.n.m.

Rakitno polje leži na promina naslagama sa izvorima u sjevernom i zapadnom dijelu i potočnim dolinama Slobodnika, Jelice, Zmijanca, Jastreba i dr. od kojih nastaje Ugrovača koja ponire u jugoistočnom dijelu na ponoru Markovića jama i nizvodno od njega.

Polje Tribistovo formirano na je na prominskim naslagama konglomerata, u kojem su Ružički i Močila potok, koji nakon ušća formiraju rijeku Ričinu, čije vode u jugozapadnom dijelu toka preko okršanih vapnenaca dijelom ponire.

Vučipolje, koje se također nalazi u sjeveroistočnom dijelu područja, leži na promina naslagama, a u njegovom jugozapadnom dijelu je na vapnencima gdje se nalaze i ponorske zone.

Roško polje između Midene i Zavelima leži dijelom na promina naslagama, neogenim laporima i pješčenjacima. Površinske vode koje formiraju kraće povremene vodotoke od izvora unutar promina konglomerata, gube se u ponorima na istočnom i zapadnom rubu polja (ponor»Ponir«).

Posuško polje leži na neogenim sedimentima ispod kojih mjestimično proviruju izdanci krednih i eocenskih vapnenaca. Na tom dijelu polja, kao i na jugoistočnom rubu polja duž kontakta sa vapnencima, se javljaju ponori. Ovo je polje nagnuto i u pravcu sjeverozapada. Tu se formiraju povremeni tokovi Ričine i Topole.

Virsko polje leži na flišnim sedimentima eocena, a vode sjeverne pritoke Zagorice (povremeni tok) gube se još prije ulaska u polje.

Kočerinsko polje zajedno sa Podvraničkim poljem nagnuto je u pravcu jugoistoka. U jugoistočnom dijelu su jezerske gline i lapori, a na ostalom dijelu su vapnenci u podini, koji mjestimično proviruju ispod aluvijalnog glinovito-pjeskovitog- šljunkovitog nanosa. Povremeni tok prima vode od povremenih vrela u sjeveroistočnom rubu polja, a gube se na više manjih ponora u polju duž jugozapadnog ruba, pri čemu je najznačajniji Ivankovića ponor.

Kraško polje Ričice leži najvećim dijelom na naslagama eocenskog fliša, dok su u bokovima eocenski i kredni vapnenci, na koje se dijelom naslanja i izgrađena vještačka akumulacija "Ričica". Vode Ričine

se gube i u kontaktnim zonama sa vapnencima, tako da kanjonskim koritom Suvaje voda samo povremeno otječe u Imotsko polje.

Imotsko kraško polje formirano je unutar duboke depresije (prema rezultatima bušenja i do 150 m) ispunjene jezerskim i pliokvartarnim i mlađim glinovito laporovitim i šljunkovito glinovitim nanosom. Morfološki je potpuno zatvoreno krško polje sa jugoistočne strane brdom Petnik od nizvodne doline Tihaljine.

Imotsko polje i njegovo uže područje su znakoviti po pojavama koje prate intenzivno okršavanje. Duboka jezera Modro i Crveno od kojih ovo posljednje dostiže dubinu dna na koti koja je 4 m ispod razine mora. Prema Petriku dubina do dna Crvenog jezera iznosi oko 519 m. Najniži nivo jezera je 15 m niži od kote izvora Vrlike. (Opačca)

Modro jezero u sušnom razdoblju presuši, a inače vodni nivo oscilira preko 100 m.

Prološko blato ima stalnu vodu kojom se prihranjuje iz krečnjačkog dna. Tu se također u njegovoj bližoj okolini nalaze i duboke ponikve sa stalnom vodom koja je na približno istoj visini sa vodom u blatu, to su Mamića jezero, Knezovića jezero i Galipovac.

Sjeveroistočni obod Imotsko-Grudskog polja znakovit je po pojavama brojnih izvora različitog kapaciteta među kojima su najznačajniji razbijeno vrelo Opačac i Grudsko vrelo koje povremeno presuši. Jezero Krenica ima stalnu vodu koja dijelom izbija iz krečnjačke podloge ispod polja, a dijelom i iz aluvijalnih naslaga.

Dolina Tihaljine nizvodno od Petnika formirana je u dolomitima alb – cenomana gdje je i staro pećinsko vrelo na koti cca 127-130 m.n.m. Izvor Tihaljine nekad se nalazio na višoj koti oko 245 m.n.m. u Ravlića pećini koja je većih dimenzija.

Dolina se usijecala u izborane i jače iskraljuštane dolomite razlomljene uzdužnim, poprečnim i dijagonalnim rasjedima što je pogodovalo efikasnijoj eroziji. Ostaci ovog usijecanja danas se zapažaju u vidu ostataka fosilnog korita na lijevoj obali (Tkanice, Čepe, Primorci, Ispod Poljane,) i dr i na desnoj ispod Tomasa, Đukića, Zloribe, Kordića, Deklića i dr. Ostaci ovih fosilnih korita su blaže nagnuti prema rijeci jer su ih usijecali erozijom i poprečni tokovi.

Nizvodno od Kavazbašnog mosta dolina se postepeno proširuje formirajući Vitnsko-Ljubuško polje koje je prekriveno deluvijalno-aluvijalnim nanosom ispod kojeg leže naslage eocenskog fliša što je doprinijelo bržoj fluvijalnoj eroziji i odnošenju materijala. Tu su pored vodotoka Mlade urezana i riječna korita rijeke Vrioštica, i kanala Parilo-Brzavoda. (Vještački kanal kojim se vode r. Mlade odvođe u pravcu Rastok polja kod Vrgorca za potrebe navodnjavanja).

Ispod zaseoka Čuvalo postoji povremeni tok, a niže i kraško vrelo Pavlovac, u donjem Proboju koji se ulijeva u Vriošticu.

Od Humca pa nizvodno vodotok mijenja naziv u Trebižat. Trebižat ulazi u zonu uže doline koja u desnoj obali ima strmiji nagib, a u lijevom zaobalju je relativno niska kraška površ Jabuke i Hrašljana, visine 80-100 m. Još nizvodnije ulazi se u klisurasti dio vodotoka sa sedrenim kaskadama, strmim obalama da bi na vodopadu Kravice survao za dvadesetak metara.

Nizvodno od Kravice Trebižat nastavlja svoj tok klisurastom dolinom strmih strana sve do blizu ušća Studenčice.

Studenčica je rijeka koja nastaje iz tri jača kraška vrela (Vrilo, Vakuf i Kajtažovina iz pećina nastalih na kontaktu eocenskog fliša i krednih okršenih vapnenaca. U Studenčicu se ulijeva i povremeni potok Lukoč iz pravca Čitlučkog polja.

Iza Privorca dolina se proširuje mjestimično i do 700 m.

Dužina vodotoka Tihaljine, Mlade i Trebižata iznosi oko 55 km, a visinska razlika od izvora do ušća iznosi oko 124 m.

1.2.4. Klimatološki parametri

Kao osnova za izradu ovog rada korišteni su u "Hidrološkoj studiji TMT" obrađeni podaci sa ukupno deset meteoroloških stanica, šest klimatoloških i četiri oborinske stanice. Iako meteorološka stanica Mostar se ne nalazi na slivnom području vrela u Koritu Neretve južno od Mostara, kao najbliža profesionalna stanica poslužila je kao osnova za usporedbu i aproksimacije, s obzirom da je jedina stanica na tom području koja je radila neprekidno posljednjih pedeset godina.

Ovo područje pripada oblasti mediteranske klime, s tim što gornji dio sliva ulazi u oblast izmijenjene mediteranske klime. Osnovna karakteristika ove klime su blage zime i žarka ljeta. Zbog blizine Jadranskog mora koje u zimskom razdoblju zrači toplotu nagomilanu u ljetnom razdoblju, srednje siječanske temperature su visoke (od 4°C do 6°C), dok su ljeta suha i vruća (apsolutne maksimalne temperature od 40°C do 45°C). Srednje godišnje temperature se kreću od 14°C do 15°C u donjem dijelu sliva, dok se u gornjem (Klubuk – Imotski) kreću od 12°C do 14°C (uslijed nadmorske visine). Zbog toga u gornjem dijelu sliva govorimo o izmijenjenoj mediteranskoj klimi.

Oborine

Detaljna obrada podataka o oborinama na području sliva Tihaljina – Mlade – Trebižat nije bila moguća, jer na tom području nismo imali ombrografe. Za procjenu intenziteta oborina korišteni su podaci mjerenja na ITP dijagram za Mostar.

Osnovne informacije o oborinama koje su preuzete iz "Hidrološke studije TMT" su:

- Srednja godišnja suma oborina kreće se od 1200 l/m² do 1800 l/m².
- Mjesečne sume oborina u hladnijem dijelu godine iznose od 100 l/m² do 190 l/m² (najkritičniji je mjesec novembar sa prosječnim sumama oborina preko 190 l/m²).
- U ljetnom razdoblju prosječne sume oborina iznose od 30 l/m² do 70 l/m², a najsušniji je šesti mjesec sa prosječnim sumama između 30 l/m² i 40 l/m².

Karta izohijeta pokazuje da je donji dio sliva u području od 1200 l/m² do 1500 l/m², srednji dio sliva u oblasti od 1500 l/m² do 1800 l/m², dok gornji dio sliva (oko Imotskog) ima nešto niže sume oborina od 1250 l/m² do 1500 l/m².

Snijeg je u ovom podneblju rijetka, mada ne i nemoguća pojava. Snježni pokrivač, u principu, ostaje veoma kratko, tako da nije bitan sa stanovišta akumulacije oborina. Režim oborina podrazumijeva znatno veće količine oborina u hladnijem dijelu godine.

Trendovi oborina za višegodišnji period

U svrhe ovih proučavanja korišten je niz: 1951-2002. godina za meteorološku stanicu Mostar, s obzirom da je to jedina stanica koja je kontinuirano radila i u posljednjih deset godina. Korištena je metoda linearnog trenda, tj. fitting na funkciju $y = kx+1$. Ova istraživanja su vršena za oborine, srednje godišnje temperature i Demartone-ov indeks suše. (8)

Trend suma padavina pokazuju izvjestan pad u posljednjih pedeset godina (oko 190 l/m² za cijeli period).

Trend srednje godišnje temperature pokazuje porast u posljednjih pedeset godina (oko 0.5°C), što je u skladu sa prisutnim trendom globalnog zagrijavanja.

Trend Demartone-ovog indeksa suše također pokazuje pad vrijednosti indeksa u posljednjih pedeset godina sa 65 na 56, što ukazuje da je prisutan trend porasta suše.

Iako sve napomenute tvrdnje iz navedenog proučavanja stoje, mora se ipak reći da proučavanje stogodišnjeg trenda suma padavina za Mostar pokazuje čak neznatan porast u posljednjih stotinu godina što bi moglo značiti da su prisutni trendovi iz ranijeg proučavanja samo privremeni, promatrajući neki duži vremenski period.

Intenziteti padavina na području sliva Tihaljina – Mlade – Trebižat nisu proučavani jer na tom području se nije raspolagalo s ombrografima. U posljednjih dvadeset godina prisutne velike oscilacije u režimu oborina, kao i učestalost sušnih perioda i perioda sa velikim intenzitetima oborina, što pokazuje i trend maksimalnih jednodnevnih oborina za Mostar.

Sve ovo doprinosi još većem efektu suše, jer je hidrološki aspekt oborina velikog intenziteta drugačiji od oborina koje kontinuirano padaju u dužem vremenskom razdoblju.

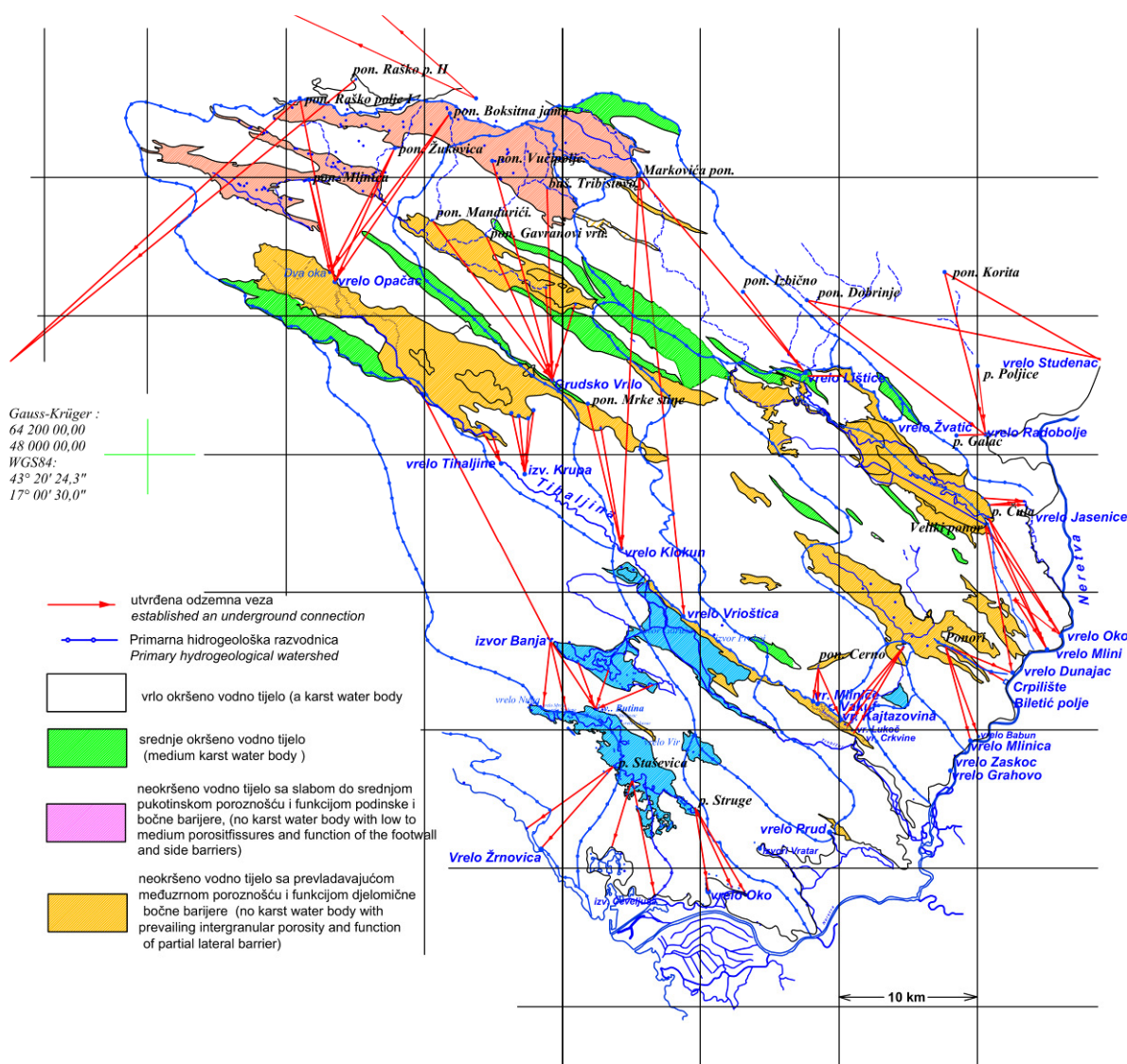
1.2.5. Rezultati trasiranja podzemnih voda na širem području

Radi razgraničenja na području zapadne Hercegovine, izvršena su brojna testiranja bojenjem najčešće pomoću natrijum fluoresceina.

Veliki dio ovih trasiranja je izvedeno u fazi projektiranja HE Tihaljina, a pripomogla su i brojna testiranja, izvršena na području sliva Cetine (Slika 5 i prilozi 1; 2 i 3).

1. Bojenje ponora Markovića jama u Rakitnom polju na rijeci Ugrovači trasiranjem je utvrđena veza sa vrelom Lištice u Širokom Brijegu, zatim sa vrelima Klokun i Vrioštica u dolini Tihaljine.
2. Za ponor "ponir" u zapadnom dijelu Roškog polja trasiranjem je utvrđena podzemna veza sa vrelom Opačac u Imotskom polju, vrelom Ruda u Sinjskom polju i vrućom Dubac kod Brela.
3. Za ponor u istočnom dijelu Roškog polja testiranjem je utvrđena podzemna veza kroz masiv planine Midena sa vrelima u istočnom obodu Buškog blata.
4. Rijeka Miljacka, koja inače gravitira prema Buškom blatu u selu Miljacka ima ponor, preko kojeg je bojenjem takođe utvrđena veza sa vrelom Ričine.
5. Bojenjem bušotine T-2 na mjestu predviđene brane na Močila potoku u Tribistovu utvrđena je podzemna veza sa vrelom Grude u Grudskom polju.
6. Bojenjem ponora u naselju Udovičići kod Studenaca utvrđena je podzemna veza sa vrućom kod Brela i vrelom Graba na Cetini.
7. Bojenje Škorinog ponora kod Runovića na rijeci Vrljici vršeno je dva puta.
 - Prvo bojenje 29. 06.1955 god, sa 25 kg Na- fluoresceina nije dalo rezultate, jer boja nigdje nije utvrđena.
 - Drugo bojenje ovog ponora sa 10 kg Na- fluoresceina obavljeno je 12.02.2000-te godine. Veza je utvrđena 29.02.2000 sa vrelom Banja u Rastok polju kod Vrgorca, zatim na vrelima u nižim poljima Vrgoračko jezero i Jezerac, odakle se podzemna veza ili veze dalje distribuiraju prema vrelima u desnoj obali Neretve kod Pruda, Norina i Modrog oka, kao i prema vrelima Klokuna i Voćuše kod Baćinskih jezera. Također je utvrđena veza sa vrućama u Žrnovnici i Gradcu na moru.
8. Bojenje ponora na Majića mlinici na vodotoku Vrlike i zoni Runovići-Maići gdje su registrovani gubici (poniranja) vode prije ulaska u krajnje ponore kod Sajkovića, izvršeno je 15.03.2000 god.sa 6kg Na- fluoresceina. Veza ovog ponora ostala je neutvrđena.

9. Bojenjem ponora u gornjem toku Studenog potoka utvrđena je podzemna veza sa vrelom Opačac u Imotskom polju.
10. Bojenjem Begića ponora u jugoistočnom dijelu Posuškog polja veza je utvrđena sa Grudskim vrelom u Grudskom polju.
11. Ponor Gavranovi Vrtli u Posuškom polju, u boku kolmatacione brane, nalazi se u vapnenačkoj gredi, obojen je 1967-e god. i dao je podzemnu vezu sa Grudskim vrelom.
12. Bojenje ponora kod Mandurića kuća na vodotoku Ričine u Posuškom polju izvršeno je 24.04.1994. Veza je utvrđena dva dana kasnije sa Grudskim vrelom.
13. Bojenje osmatračke bušotine u boku brane Ričice dalo je podzemnu vezu sa vrelom Opačac u Imotskom polju.
14. Bojenje ponora Mrke stine u jugoistočnom rubu Grudskog polja izvršeno je 15.06 1955. sa 30 kg Na- fluoresceina. Boja se pojavila 18. 06.1955 u dolini Tihaljine (lijeva obala). Utvrđena je približna vrijednost prividne brzine podzemnog toka od 2,2 km/dan. i na vrelu Klokun kod Klobuka, pri čemu je utvrđena približna vrijednost prividne brzine podzemnog toka od 2 km/dan.
15. Bojenje ponora Šainovac (ponor Vrlike) izvršeno je 02. 10.1954. sa 10 kg Na- fluoresceina. Boja se pojavila na vrelu Tihaljine 03.10.1954 g. Drugo bojenje izvršeno je 1999 sa 1 kg Na- fluoresceina, sa podacima o rezultatima ovog opita nije se raspolagalo.
16. Bojenje ponora Otok (jedan od ponora Vrlike kod Šajinovca) izvršeno je 28.03.2000 g. sa 6 kg Na- fluoresceina. Veza je utvrđena 31.03.2000 g. sa vrelom Tihaljine.
17. Bojenje Džambinog ponora obavljeno je 22.01.2000 g. sa 4 kg Na- fluoresceina .Veza je utvrđena 23.01.2000. sa vrelom Krupa, Bucalo, Juretića vrela, Ćutino vrela na lijevoj obali Tihaljine. Utvrđena je približna vrijednost prividne brzine podzemnog toka od 4 km/dan.
18. Bojenje Perkića ponora izvršeno je 26.01.2000.sa 4 kg Na- fluoresceina. Boja se pojavila 27.01.2000. na vrelima Krupa, Bucalo, Juretića vrela i Ćutino vrela. Utvrđena je približna vrijednost prividne brzine podzemnog toka od 2 km/dan.
19. Bojenje ponora Vidrinka izvršeno je 30.01.2000. sa 5 kg Na- fluoresceina. Veza je utvrđena 31.01.2000. sa vrelima Krupa, Bucalo, Juretića vrela i Ćutino vrela. Utvrđena je približna vrijednost prividne brzine podzemnog toka od 2 km/dan.
20. Bojenje Mikulića ponora izvršeno je 02.02.2000. sa 3 kg Na- fluoresceina. Boja se pojavila 03.02.2000. na vrelima Krupa, Bucalo, Juretića vrela i Ćutino vrela. Utvrđena je približna vrijednost prividne brzine podzemnog toka od 2 km/dan.



Slika 5. Utvrđene podzemne veze

21. Tijekom izrade projekta brane i akumulacije Klokun izvršena su još dva testiranja podzemnih voda.
22. Prvo je na lokalitetu južno od Baticva gdje se u koritu Tihaljine pojavljuje zona poniranja. Ubacivanjem boje na ovom mjestu utvrđena je veza u koritu Tihaljine oko 400 m uzvodno od pregradnog mjesta.
23. Također je izvršeno testiranje u lijevom boku brane ubacivanjem boje u bušotinu K-13. Veza je utvrđena nizvodno u koritu Mlade blizu Glamuzinog vrela na udaljenosti oko 700 m od bušotine K-13.
24. Bojenja obavljena na velika Banja - Rastoka utvrdila su podzemnu vezu sa vrelima Butina, Vučja i Studena.

25. Sa vrelom Butina utvrđena je podzemna veza bojenjem ponora Klačina, Bezdan i Granice u Rastok polju.
26. Bojenje ponora Staševica 1956. Boja se pojavila na vrelu Žrnovnica i vrelu Vodice
27. Bojenje ponora Crni Vir (ponor Matice Vrgorske). Boja se pojavila na Modrom Oku (brzina 1,3 cm/s), zatim na izvorima Strimen, Kapovića Vir, Banji Desanki u koncentraciji dva puta manjoj od koncentracije na Modrom Oku, a na izvoru Grgića Vrilo u vrlo slaboj koncentraciji, dok se na izvoru Mišunov Vir boja nije pojavila.
28. Bojenje ponora Pod Spilom 1995. Boja se pojavila na izvorima Grgića Vir (1,31 cm/s); Šetkino Vrilo; Šišino Vrilo (1,06 cm/s); Medački Vir; Mateljkov Vir (1,08 cm/s); Kapovića Vir (1,14cm/s); Modro Oko (1,34cm/s); Smrdelj; Batinovića Vrilo (0,86cm/s); Čeveljuša (0,75 cm/s).
29. Bojenje ponora u Izbičnom. Korišteno je 8 kg na-fluoresceina 22.4. 2005. godine u 15,30 sati. Boja se pojavila na vrelu Lištice 29.4. 2005. godine u 20 sati. Utvrđena je približna vrijednost prividne brzine od oko 1 km/dan
30. Ponor u Gornjem Jedrinju je obojen 17. 11. 2005. godine u 16,30 sati. Boja se pojavila na
 - vrelu Radobolje 28.11.2005. godine u 16,00 sati. Približna vrijednost prividne brzine je iznosila oko 1 km/dan i
 - vrelu Studenac 5.12.2005. godine u 8 sati. Približna vrijednost prividne brzine je iznosila oko 1,8 km/dan

Iz rezultata obavljenih i navedenih trasiranja podzemnih voda je vidljivo sa podzemne vode koje dotječu na vrela Klokun i Modro Oko jednim dijelom pripadaju vodama sliva tokova Ričine, kao i toku Vrljike-Matica-Tihaljina-Mlada-Trebižat. Sliv obuhvaća i veliki dio polja Rastok i Vrgoračkog Polja (Jezero).

Prema strukturno geološkim odnosima i rezultatima trasiranja ulaz za dio voda koje dotječu vrelima Klokun i Modro Oko je preko ponora na desnoj obali Vrljike (Škorin ponor kod Runovića) te vjerojatno i dijelu toka Mlade u području ulaza u Ljubuško Polje, gdje se ostvaruje podzemna veza prema dijelu polja Rastok i dalje prema Vrgoračkom polju i izvorištima.

Pozicija registriranih regionalnih rasjeda i strukture svakako upućuju da je dio zaleđa Biokova također pripada slivu prema vrulji Žrnovnica, Bačinskim jezerima i izvorištima Klokun i Modro Oko.

2. SLIVОВИ

2.1. SLIVNO PODRUČJE VRELA LIŠTICE (BORAK I BILO VRILO)

2.1.1. Opće karakteristike

Sliv vrela Lištice ima izduženi oblik koji se pruža u pravcu sjeverozapada sve do Rakitna polja i Hamzića. Ovaj izduženi oblik je nastao kao posljedice dreniranja podzemnih voda uzrokovanih litološkim i strukturno tektonskim odnosima.



Slika 6. Uzvodno vrelo Lištice "Bilo vrilo" u razdoblju velikih voda



Slika 7. Vrelo Lištice "Borak" u razdoblju velikih voda

Najveći dio sliva pripada intenzivno okršenom području izuzev njegovog krajnjeg sjeverozapadnog dijela (područje između Tribistova i Štitara). Obavljenim trasiranjima podzemne voda konstatirano je da je ovo područje značajne bifurkacije u razdoblju velikih voda prema slivovima vrela Opačac, vrelima u dolini Tihaljine, te Grudskom vrelu, vrelima Klokun i Vrioštica.

Dio ovog područja između Vrpolja i Štitara je izgrađeno od Promina naslaga – debelo uslojenih konglomerata, pješčenjaka i lapora u kojim prevladana srednje razvijena pukotinska poroznost i na kojim se formiraju stalna površinska otjecanja Ugrovače. Dio ovog područja izgrađuju i donjekredne dolomitne i vapnenačke naslage (Gornje Konjsko – jugozapadne padine Štitar planine) na kojim se također pojavljuju stalna površinska otjecanja.

Pretpostavka je da sa okršenog područja Velike Oluje se podzemne vode u razdobljima velikih voda dreniraju prema vrelima Lištice, Grudskom vrelu, a vjerojatno i vrelima Klokun i Vrioštica.

Hidrogeološka razvodnica vrela Lištice sa istočne strane obuhvaća dio dolinen Bijela draga, a moguća pozicija razvodnice je duž tjemena blage kredne antiklinale na jugoistočnoj strani doline Bijela draga u pravcu Gostuše, odakle se tjemenom velike antiklinale s donje krednim dolomitima pruža u pravcu sjeverozapada prema Sutini i Bijelim stijenama, dalje prema Gornjem Konjskom, obuhvaća jugozapadne padine Štitar planine i duž čela navlake do područja Jaram. Odatle je razvodnica površinska preko Promina naslaga sve do Malog Oštrea gdje predstavlja površinsku razvodnicu između sliva Ričine i Ugrovače.

Granicom gornje eocenskih flišnih naslaga i okršenih gornje krednih vapnenaca se razvodnica pruža prema Bročancu, zatim tjemenom donje kredne antiklinale prema Snigutinama, Dobrkovićima i vrelima Lištice.

U rijetkim i kratkotrajnim razdobljima vrlo velikih voda aktivira se i dio površinskog sliva u području glacijalnih naslaga Ladina. Ovaj dio površinskog sliva se nalazi u području podzemnog sliva vrela Radobolje i Studnca. Prema gruboj procjeni, 50% ovih voda poniranjem otječe prema vrelima Radobolje i Studneca, a ostali dio preko bujičnog toka Brinje duž Bijele Drage djelomično ponire i površinski otekne prema vrelima Lištice i vodotoku Lištica.

2.1.2. Prihranjivanje podzemnih voda

Podzemne vode vrela Lištice formiraju se:

- neposrednom infiltracijom oborina s površine terena i
- preko ponora i ponorskih zona u koritima stalnih i povremenih tokova.

Neposredna infiltracija se obavlja preko svih okršenih dijelova terena. Gubici koji se pri tomu javljaju, a odnose se na otjecanje razmjerni su intenzitetu okršavanja.

Najmanji su u zonama boginjavog krša i intenzivnog okršavanja, gdje prema literaturnim podacima koeficijent infiltracije iznosi oko $C=0,8 - 0,9$. Najveći gubici na otjecanju i isparavanju su u zonama slabe okršenosti gdje je koeficijent infiltracije $C = 0,5 - 0,6$ i na površinama koje nisu obuhvaćena okršavanjem, gdje je koeficijent infiltracije oko $C = 0,3 - 0,5$.



Slika 8. Jedan od aktivnih ponora u gornjem toku Ugrovače



**Slika 9. Ponor –otvorena kaverna promjera oko 1,5 m,
u koritu Ugrovače – srednji dio toka**

Količine površinskih voda koje poniru preko ponora se uglavnom odnose na vode stalnih tokova (najuzvodniji dijelovi Ugrovače) i povremenih tokova (gornji i dijelovi srednjeg toka Ugrovače, kanjonski dio korita Bijele drage, Ponor u Izbičnu).

Treba svakako naglasiti da u koritu srednjeg toka Ugrovače, od Sutine do kanjanskog dijela južno od Vranjkovića, postoji veliki broj ponorskih zona, ponora pa i otvorenih kaverni – ponora čiji je ukupan kapacitet gutanja, prema grubim prosudbama zasigurno veći od 5 m³/s (slike 8 i 9). Vrlo značajni ponori registrirani su ispod zaseoka Korita, zatim ispod zaseoka Prosina, a naročito ispod Vranjkovica. Svi evidentirani ponori se poklapaju s trasom velikih rasjeda i reversa koji presijecaju korito Ugrovače, te intenzivno okršanim vapnencima eocena i gornje krede.

Evidentiran je i ponor u Gorjem Konjskom iz kojeg bi, prema hidrogeološkim odnosu, bi postojala podzemna veza, osim prema vrelu Lištice, također i prema vrelima Klokun i Vrioštica.

2.1.3. Podzemni tokovi i brzine podzemnog tečenja

U razradi pozicija i pravaca podzemnog tečenja pošlo se od temeljnih konstatacija iz prethodnih raščlambi o intenzitetu i pravcima razvoja okršavanja u podzemlju.

Prema ovim raščlambama proces okršavanja se razvija u pravcu pada krila bora, tako da se duž tjemena antiklinala po pravilu javljaju hidrogeološke razvodnice, a temeljni podzemni tokovi se formiraju u zoni jezgra većih sinklinla.

Polazeći od navedenih načela, a temeljem strukturno tektonskih i litoloških odnosa, kao i rezultata provedenog trasiranja podzemne vode na Markovića ponoru u Rakitnu, te trasiranja obavljenog u Izbičnu - Jezero s kojim su utvrđene podzemne veze s vrelom Lištice, postoje jasni preduvjeti za formiranjem tri temeljna pravca podzemnog tečenja:

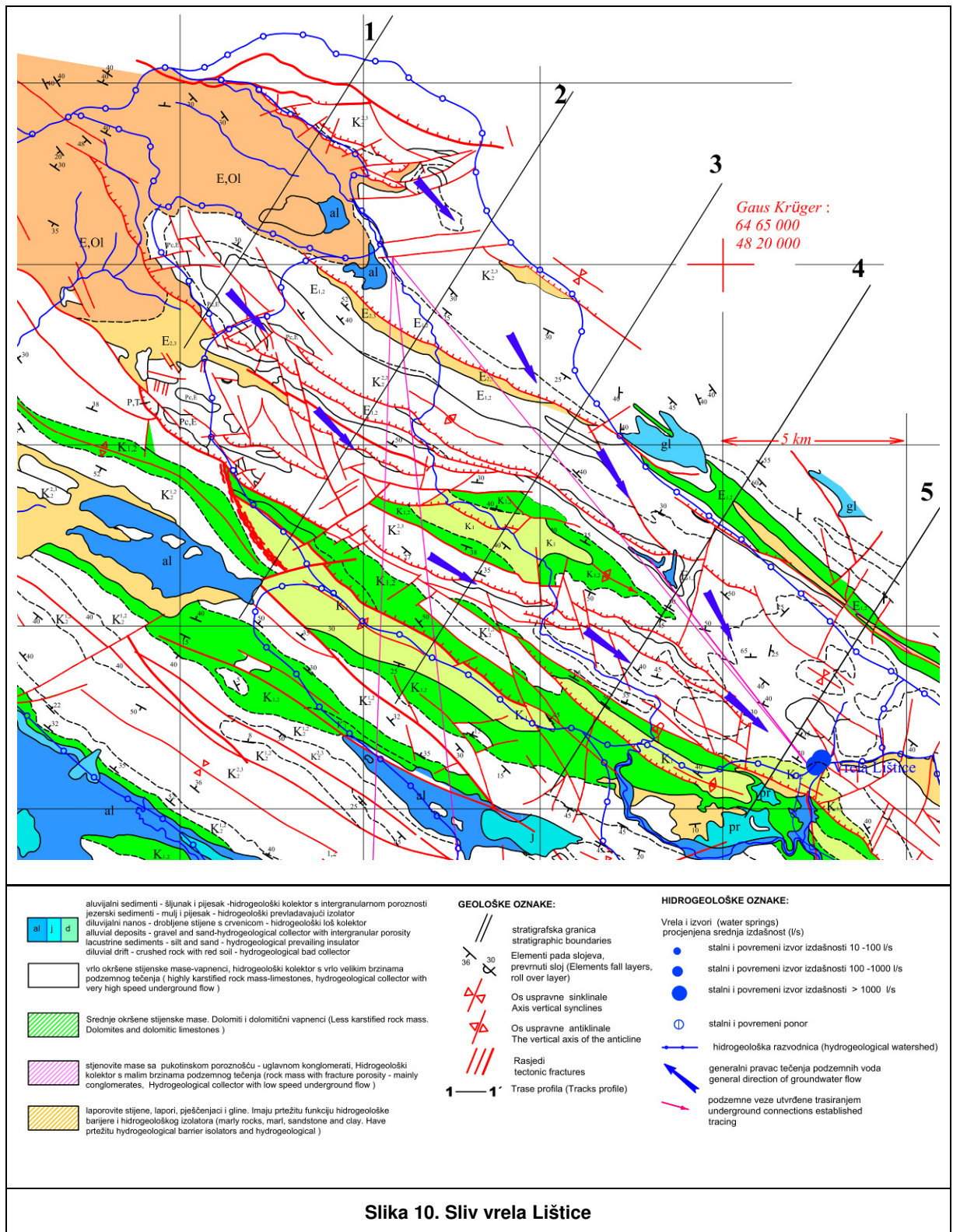
Sjeverni pravac se formira na krajnjem sjeverozapadnom dijelu područja, odnosno drenira vode iz vapnenačkog područja Lib planine, formira podzemni tok i usmjerava ga prema sjeveroistočnom dijelu Rakitna, dalje duž jezgre sinklinale prema Sutini, istom sinklinalom dalje prema sjeveroistočnom obodu Izbična, te dalje prema Crnču i vrelu Lištice.

U području Rakitna se od nekoliko stalnih vrela i izvora formiraju površinska otjecanja koja stvaraju tok Ugrovače. Ove vode se kroz jedan dosta razvijen sustav ponora i ponorskih zona u jugoistočnom dijelu Rakitna i Sutine, te duž korita središnjeg toka Ugrovače do njegovog kanjanskog dijela procjeđuju u podzemlje i navedenim podzemnim tokom usmjeravaju prema vrelu Lištice. Duž ovog pravca su konstatirane najveće brzine podzemnog tečenja (trasiranja u Markovića ponoru) koje iznose od 2,7 – 3 km/dan, a što jasno govori da se radi o podzemnom toku s vrlo visokim stupnjem okršivosti i kavernoosti. (3, 4)

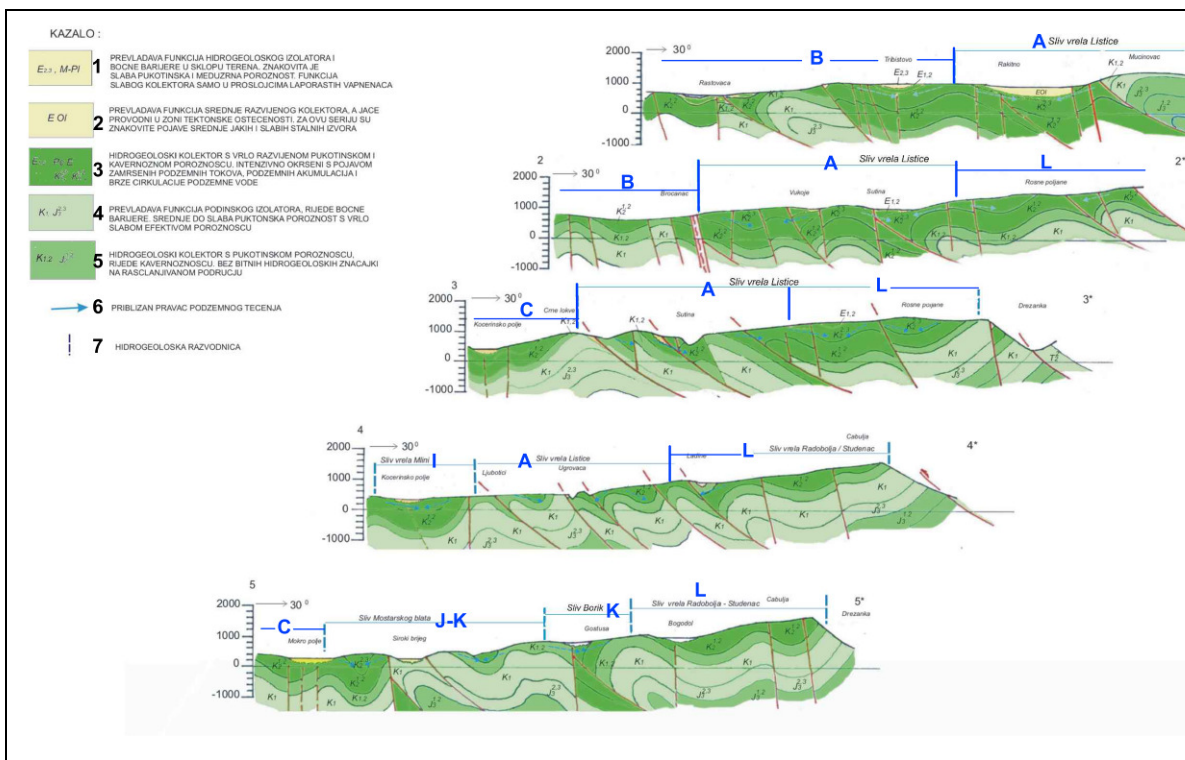
Jugozapadni pravac je složeniji od prethodna dva. Formira se u tektonski dosta složenom području Cerovog Doca, južno od Mratnjače i sjeverno od Bročanca. Iz ovog područja podzemne vode se prema vrelu Lištice.

Na samom vrelu Lištice voda istječe na dvije lokacije vrelu Lištice i Bilom Vrilu. Pojava ovih vrela vezana je za položaj donje krednih debelo uslojenih do bankovitih dolomita, s južne strane su ubrani u veću antiklinalu koja u sklopu terena ima dominantnu ulogu hidrogeološke bočne barijere. Sjeveroistočno su vrlo ubrani tanko uslojeni vapnenci s pukotinskom poroznošću i srednjom provodnošću. U sklopu terena imaju funkciju kolektora s usporenim podzemnim tečenjem.

Prema položaju struktura i odnosa hidrogeoloških jedinica oba vrela imaju uzlazni mehanizam funkcioniranja.



Slika 10. Sliv vrela Lištice



Slika 11. Hidrogeološki profili sliva Lištice (4)

Slivovi (The basins): A-vrela (springs) Lištice; B-vrela (springs) Grudsko vrilo, Klokun, Vrioštica; C-vrela (springs) Opačac, Tihaljina; J-K -vrela (springs) Jasenica, Arapovac, Oko; K-vrela (springs) Jasenica; L -vrela (springs) Radobolje

1. prevailing hydrogeological insulator;
2. hydrogeological collector with fracture porosity;
3. intensive karst hydrogeological collector;
4. terminated hydrogeological barrier;
5. medium-developed karst;
6. direction of development of karst features and concentrations of groundwater;
7. approximate position of the hydrogeological watershed

2.1.4. Hidrologija

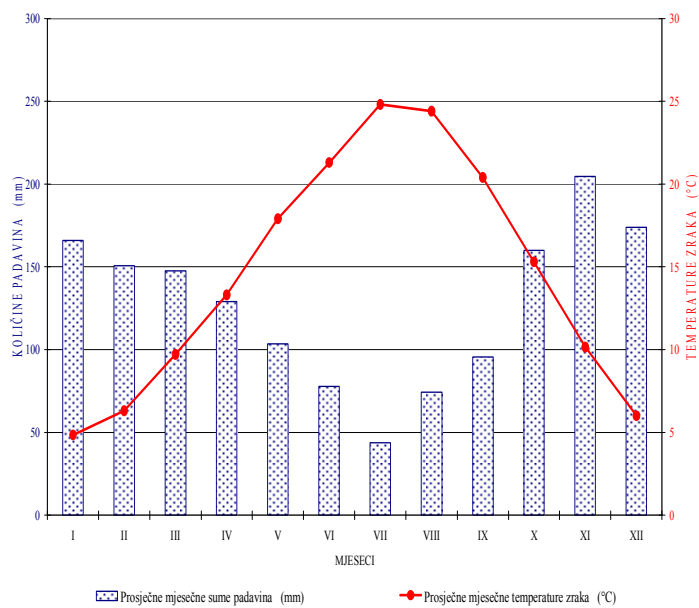
Hidrološkom obradom su obuhvaćeni: režim otjecanja, male, srednje i velike vode, a sve definirano za lokalitet hidrološke stanice/postaje Lištica - vodomjeru sa dugogodišnjim nizom sistemskih hidroloških registriranja vodostaja i mjerenja protoka (lokalitet VS je nedaleko, nizvodno, od vrela).

Hidrološka stanica/postaja Lištica je, obzirom na svoj položaj, gotovo u potpunosti mjerodavna za definiranje količina protoke koje dolaze sa svih vrela Lištice - registrira utjecajnu hidrogeološku slivnu površinu (podzemni dotok iz vrela Lištice) i utjecajnu orografsku slivnu površinu (površinski dotok koritom Brinje).

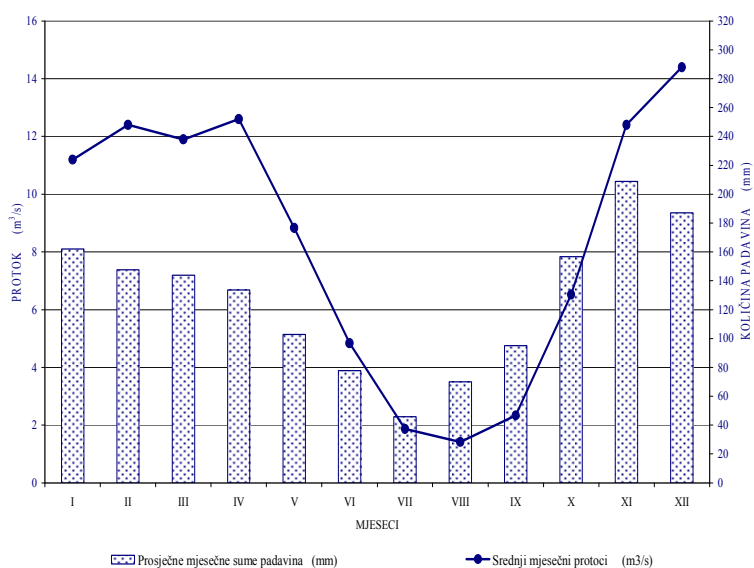
Na VS Lištica se ne registriraju protoci koji se uzimaju kanalom-zahvatna građevina uz vrelo: voda dijelom potrebna za navodnjavanje a dijelom za hidroenergetsko iskorištenje (mini HE). Također se ne registriraju vode koje se sa vrela zahvaćaju za potrebe vodosnabdijevanja.

Međutim, iz ove hidrološke analize će se moći sagledati bilancu otjecanja sa vrela Lištice. (8)

Srednji dnevni, mjesečni i godišnji protoci



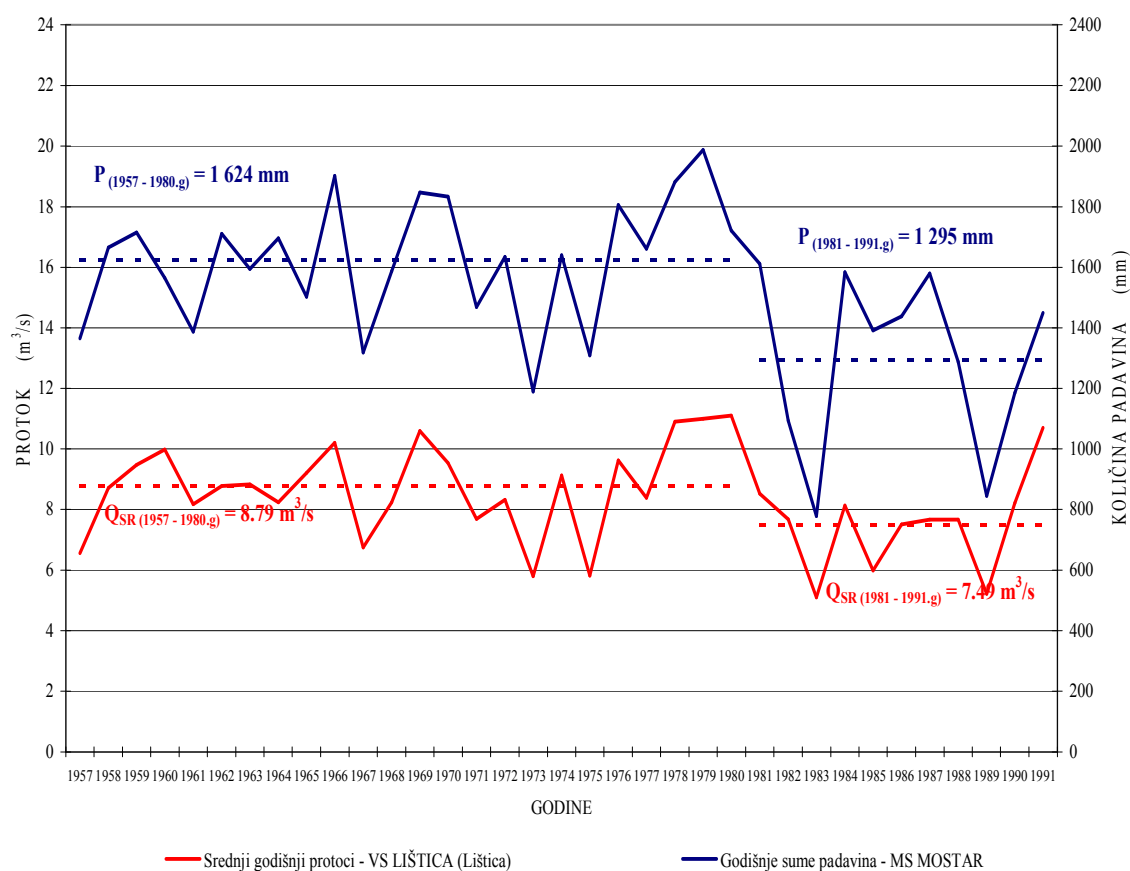
Slika 12. Razdoblje praćenja na V.S. Lištica, obuhvaća razdoblje 1957-1991 god.



Slika 13. V.S. Lištica, prosječne mjesečne sume padavina i srednji mjesečni protoci

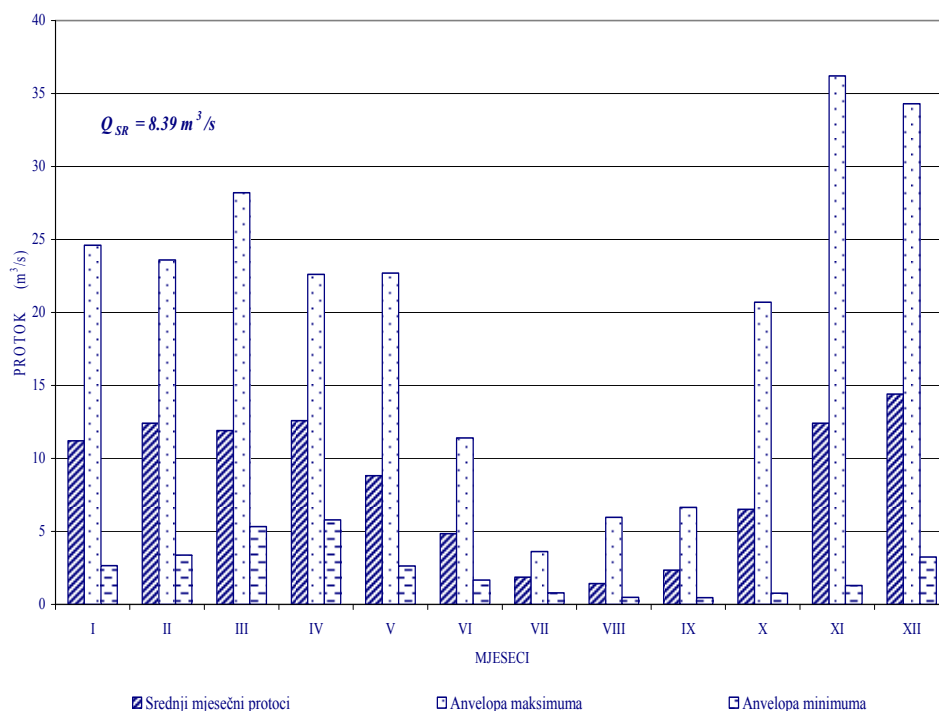
Srednja visina oborina za područje vrela Lištice - Širokog Brijega je 1600 mm.

Najmanje količine oborina se registriraju u VII mjesecu, a protoka u VIII mjesecu. U zimskom dijelu godine, najveće oborine se registriraju u XI mjesecu a najveći protoci u XII mjesecu. Obje ove pojave su posljedica retardacije sliva.

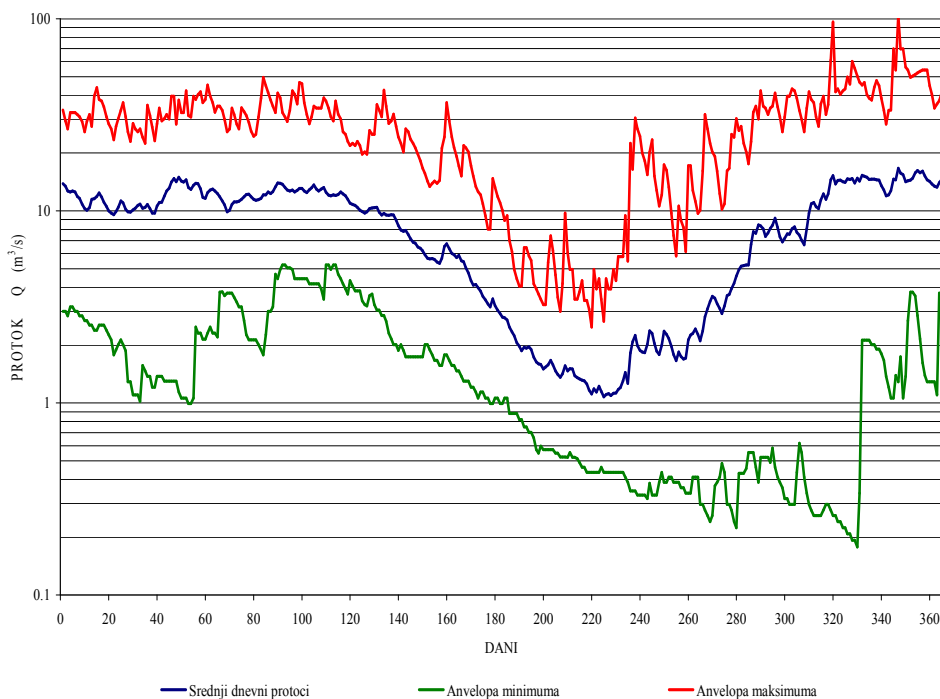


Slika 14. V.S. Lištica-srednji godišnji protoci i godišnje padavine m.s. Mostar

Srednji protok rijeke Lištice na VS Lištica, za razdoblje obrade 1957-1991 godina, iznosi 8,39 m³/s.



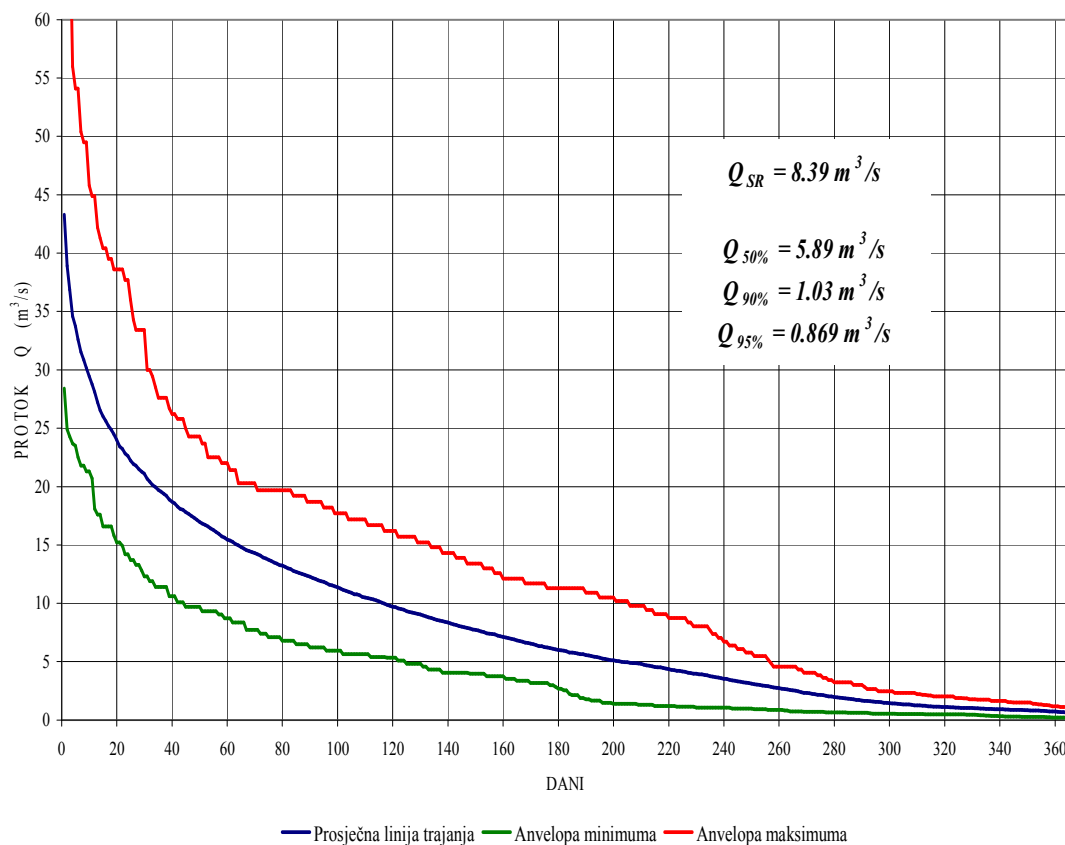
Slika 15. V.S. Lištica, srednji mjesečni protoci, anvelopa maksimuma i anvelopa minimuma



Slika 16. V.S. Lištica, srednji dnevni protoci, anvelopa minimuma i maksimuma (8)

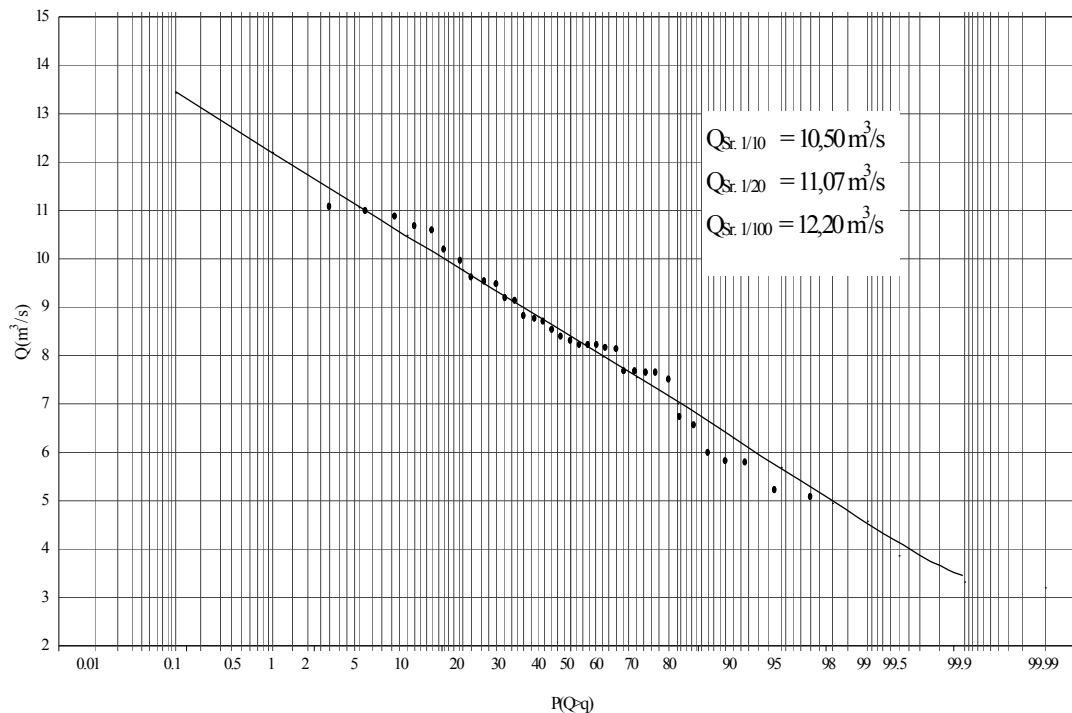
Na oba gornja dijagrama se mogu uočiti značajne razlike što se tiče anvelopa, odnosno razlike "sušne" i "kišne" hidrološke godine.

Značajan hidrološki parametar je linija trajanja protoka, odnosno unutar godišnja raspodjela otjecanja – prosječna sa anvelopama maksimuma i minimuma:



Slika 17. V.S. Liptica, Prosječna linija trajanja, anvelopa minimuma i anvelopa maksimuma

Vjerojatnost pojave srednjih godišnjih protoka definirana za VS Lištica, na rijeci Lištica, za razdoblje obrade 1957-1991 godine je dana na slijedećem dijagramu:



Slika 18. Karakteristične vrijednosti protoka (8)

Gledajući gore prezentiranu tabelu može se reći da, primjerice, srednji godišnji protok od $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ pojavljuje prosječno jednom u 10 godina; odnosno gledajući razdoblje od 100 godina 90 godina ćemo imati srednji godišnji protok manji od $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ a samo 10 godina veći ili jednak $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Minimalni dnevni protoci

Značajan je antropogeni utjecaj na režim minimalnih protoka rijeke Lištice. U sušnom razdoblju godine, kada je voda najpotrebnija, protoci su najmanji a potrebe za navodnjavanje i vodosnabdijevanje - najveće. Tako, voda se uzima kanalom za navodnjavanje (približno stacionarno tečenje kanalom $1-1,5 \text{ m}^3/\text{s}$), dok se na VS Lištica registriraju protoke manje od $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Karakteristične vrijednosti protoka sa dijagrama vjerojatnosti pojave minimalnih godišnjih protoka: $\text{min.}Q_{1/T}$

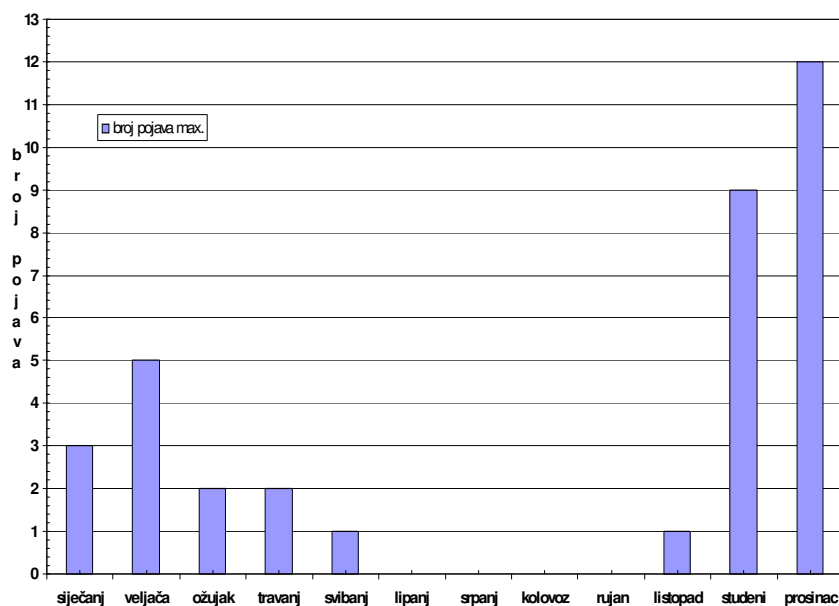
PROTOK (m^3/s)	POVRATNO RAZDOBLJE (Godina)					TIP KRIVE
	100	20	10	5	2	
$Q_{\text{MIN god}}$	0,193	0,265	0,314	0,386	0,572	LOG NORMAL

Dakle, gledajući gore prezentiranu tabelu može se reći da minimalni godišnji protok povratnog razdoblja prosječno "jednom u 20 godina" - iznosi $0,265 \text{ m}^3/\text{s}$ – dakle u prosjeku svakih 20 godina možemo očekivati navedeni protok.

Odnosno gledajući razdoblje od 100 godina, 95 godina ćemo imati minimalni godišnji protok veći od $0,265 \text{ m}^3/\text{s}$, a samo 5 godina će se javiti protoci manji ili jednaki $0,265 \text{ m}^3/\text{s}$.

Maksimalni dnevni protoci

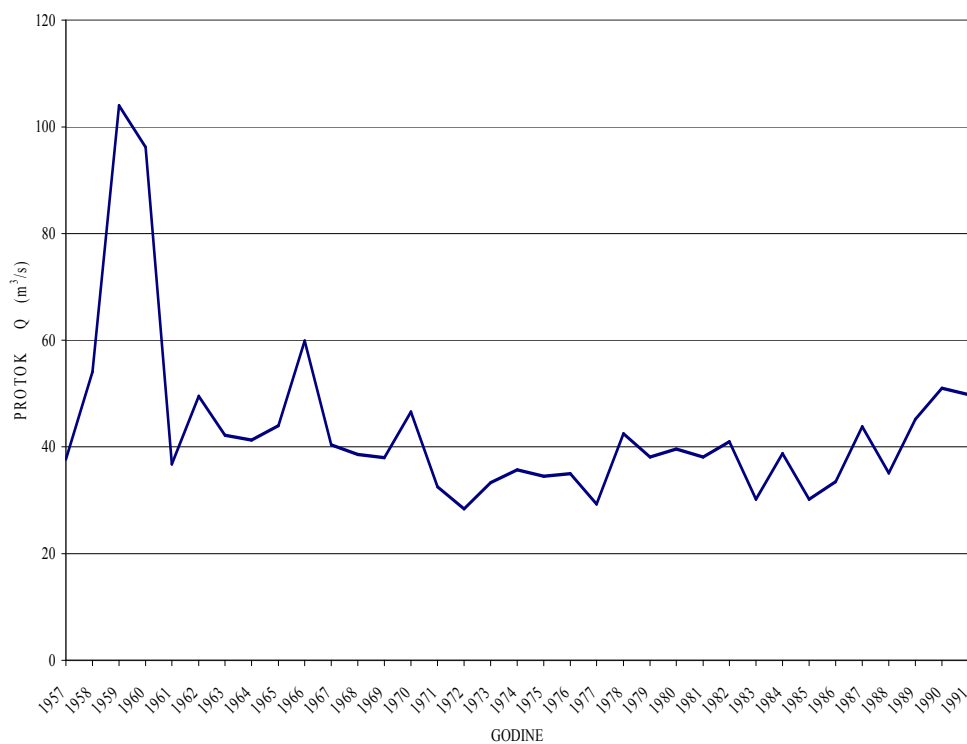
Broj pojava maksimalnih dnevnih protoka po mjesecima, za razdoblje obrade 1957-1991 godine za VS Lištica, je dat na slijedećem grafičkom prikazu:



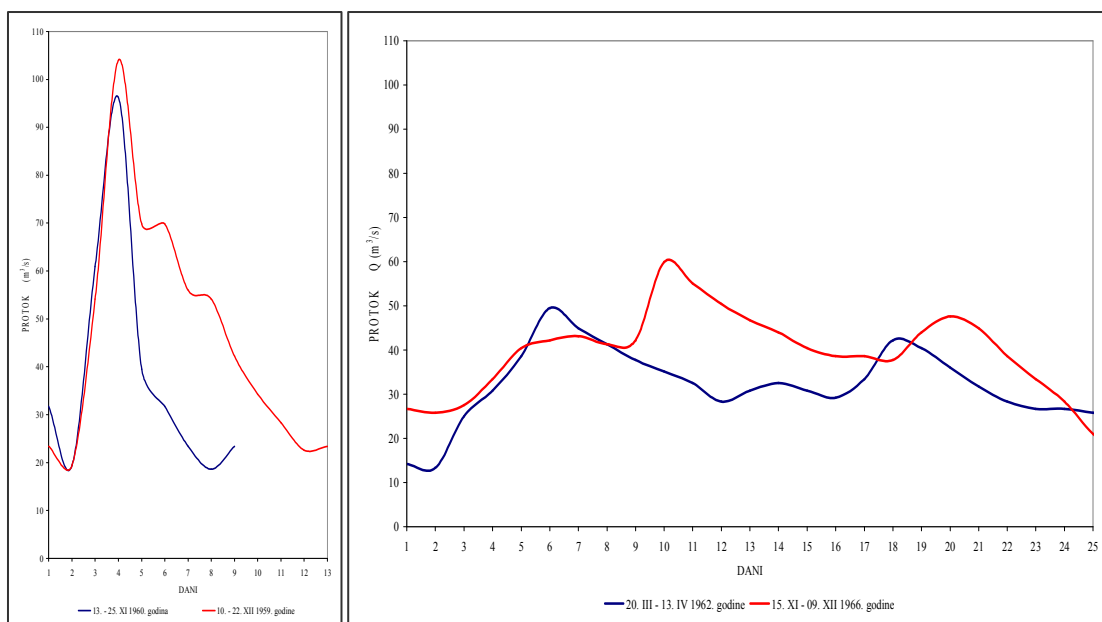
Slika 19. V.S. Lištica Pojava maksimalnih dnevnih protoka po mjesecima

Dakle, maksimalni protoci se registriraju najčešće u XII i XI mjesecu, odnosno zimi, kada se registriraju i najveće količine oborina. Pojava ekstremno velikih voda nije registrirana u ljetnom razdoblju godine.

Na slijedećem grafičkom prikazu, hidrogramu maksimalnih godišnjih protoka, uočavaju se ekstremni protoci registrirani 1959 godine - $104 \text{ m}^3/\text{s}$ i 1960 godine - $96,2 \text{ m}^3/\text{s}$, sa napomenom da se radi o hidrološki neovisnim veličinama:



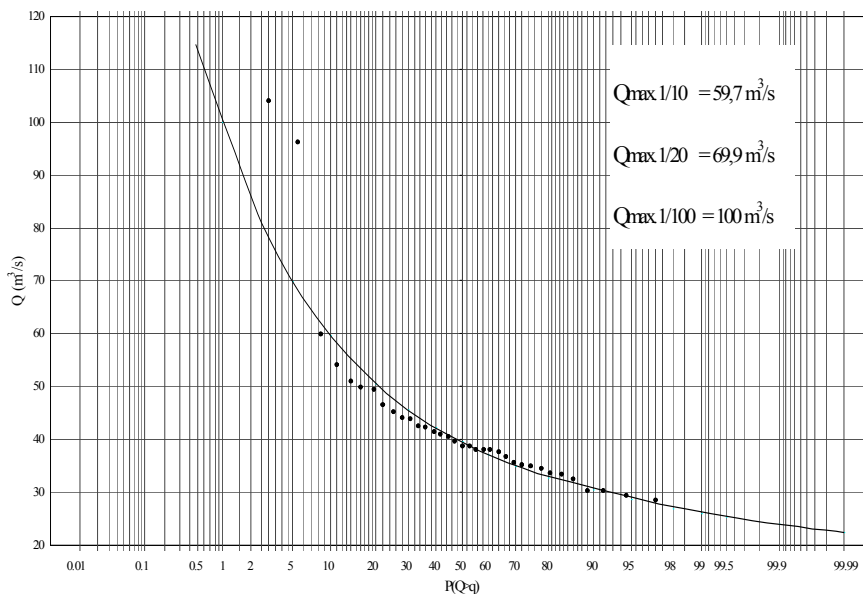
Slika 20. V.S. Lištica, hidrogram maksimalnih godišnjih protoka



Slika 21. V.S. Lištica-registrirani ekstremni dnevni protoci (9)

Velike vode - ekstremni dnevni protok registriran u toku godine se najčešće kreće u intervalu 30-50 m³/s.

Primjerice, u prosječnoj godini pojava protoka iznad 40 m³/s je samo jedan dan, dok se u kišnoj godini može očekivati da ta pojava traje 16 dana.



Slika 22. V.S. Lištica, vjerojatnost pojave maksimalnih dnevnih protoka (9)

2.1.5. Bilanca podzemnih voda

U bilanci podzemnih voda koje se pojavljuju na vrelu Lištice, sudjeluju vode padalina. Na temelju registriranih o obrađenih srednjih godišnjih i mjesečnih oborina za područje sliva i utvrđene površine od 190 km² moguće je dati približnu bilancu srednjih godišnjih voda na vrelu Lištice.

Ulazni podaci za proračun bilance podzemne vode je:

$$Q_{sr} = \frac{A_{sl} \cdot I \cdot C}{31,5 \cdot 10^{-6}}$$

Q_{sr} = računati srednji protok

A_{sl} = utvrđena površina sliva (190 km²)

C = koeficijent infiltracije (0,7)

I = srednje godišnje oborine (1750 l/m²)

Izračunom se dobiju srednji godišnji protok od Q_{sr} = 8,4 m³/s

Ovaj podatak se približno uklapa u mjerene vrijednosti ukupne srednje godišnje izdašnosti vrela Lištice (8,4 m³/s). Ujedno ovaj podatak u znatnoj mjeri potvrđuje hidrogeološki definiranu površinu slivnog područja.

2.2. SLIVO PODRUČJE MOSTARSKOG BLATA I IZVORA OD JASENICE DO ČAPLJINE

2.2.1. Prihranjivanje podzemnih voda

Glavnina podzemnih voda ovog područja se prihranjuje:

- infiltracijom oborinskih voda,
- poniranjem površinskih tokova* i
- poniranjem voda povremenih plavina preko ponora*.

Hidrogeološki odnosi stjenovitih masa na širem području, kao i strukturno tektonski odnosi ukazuju na mogućnost da se podzemne vode sa sliva vrela Lištice usmjeravaju jugoistočno od vrela (kota oko 280 m) prema vrelima Crnašnice (kota oko 250 m.n.v.), izvoru Orovik u Donjem Gradcu, a moguće i izvorima Žvatić u Dobriću.

U svom gornjem toku kroz Mostarsko blato r. Lištica prosijeca i prihranjuje aluvijalne šljunkovito – pjeskovite naslage.

Strukture terena upućuju i na mogućnost djelomičnog procjeđivanja tih voda duž sjeveroistočnog oboda Mostarskog blata kroz okršene gornje kredne vapnence sve do Međina gdje preko preljevnih maskiranih izvora prihranjuju aluvijalni šljunak.



Slika 23. Aluvijalne naslage u koritu r. Lištice

Vode vrela Lištice dotječu na površinu Mostarskog blata u razdobljima srednjih i velikih voda. U sušnim razdobljima vode površinskog toka Lištice se u potpunosti gube duž korita prije Mostarskog blata.

Vodama iz toka Lištice se jednim dijelom prihranjuju podzemne vode u aluvijalnom šljunku Mostarskog blata (slika 23), a drugim dijelom se gube kroz okršene vapnenice prema izvorima i vrelima u koritu Jasenice i rijeke Neretve.

2.2.2. Izvori u rubnom području Mostarskog blata

Crnašnica

Crnašnica izvire na zapadnom rubu Mostarskog blata u selu Knešpolje. Po mehanizmu pojavljivanja izvor je uzlazno preljevni, javlja se na kontaktu okršenih gornje krednih vapnenaca i kvartarnih pjeskovitih glina koje u sklopu terena predstavljaju hidrogeološku bočnu barijeru.

Geološki odnosi na širem području ovog izvorišta i hidrogeološka raščlamba ukazuju na mogućnost veze podzemnih voda ovog izvorišta i voda vrela Lištice.

Znatan dio preljevnih voda odlazi u aluvijalne naslage Mostarskog blata. Prema literaturnim podacima srednji protok iznosi:

$Q_{\text{sred}} \sim 1.04 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{max}} \sim 5,16$ (izmjene 1986. godine)

$Q_{\text{min}} \sim 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$.

Izvor Žvatić

Ovaj stalni izvor se nalazi u sjeveroistočnom obodu Mostarskog blata. Ima svoja dva dijela, jedan od kaverne i povremenog vrela (iznad puta) (Slika), i drugi dio od nekoliko manjih stalnih izvora (ispod puta).

I ovo izvorište je uzlazno preljevnog mehanizma. Javlja se na kontaktu okršenih krednih vapnenaca i pleistocenskih pjeskovitih glina koje u sklopu terena predstavljaju hidrogeološku bočnu barijeru.

Veći dio voda se izljeva u aluvijalni šljunak preko kontakta koji je u najvećoj mjeri maskiran osulinskim materijalom.

Prema literaturnim podacima

$Q_{\text{sred}} \sim 0,66 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{max}} \sim 5,18 \text{ m}^3/\text{s}$. (1986 god)

$Q_{\text{min}} \sim 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$. (1973 i 1982 god.)

Mokašnica

Povremeni tok Mokašnica polazi sa područja Mokro polja (oko 260 m.n.m.) i na putu do blata formira manji kanjon u okršenim vapnencima i dolomitima. Na prostor Mostarskog blata dolazi u području između Uzarića i Jara (oko 232 m.n.m.), gdje postoji vodomjerna postaja (lika). U ovom gornjem toku ima pad od 3,2 m/km.

Prema literaturnim podacima:

$Q_{\text{sred}} \sim 0,70 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{max}} \sim 13,40 \text{ m}^3/\text{s}$ (1978 god i te godine je imala maksimalno vrijeme trajanja od 196 dana).



Slika 24. Mokašnica za vrijeme velikih voda na putu Uzarići - Jare

Mokašnica tokom kroz polje meandrira i u donjem toku (sa prosječnim padom od 0,27 m/km), teče gotovo usporedno sa r. Lišticom da bi se ulila u svoj ponor Orlina (Velika Jama). U polju prihvaća vodu iz manji vrela iz aluvijalnih naslaga Bilila, Otok, Sveta jaruga i dr. Izradom dubokog drenažnog kanala korito r. Mokašnice je postalo gotovo neprepoznatljivo pogotovo u svom donjem dijelu.

Izvori na jugozapadnom obodu Mostarskog blata

U jugozapadno obodu Mostarskog blata u području sela Ljuti dolac, Biograci; Jare i Uzarići pojavljuju se povremeni manji izvori: Anića vrela, Blaža, Gromolja, Baba i Zveča i dr. Iako ovi izvori nemaju gotovo nikakvu važnost u bilanci voda Mostarskog blata, oni su važni zbog praćenja općeg stanja podzemne vode u ovom krškom vodonosniku. Njihova pojavljivanja na različitim nadmorskim visinama i u različitim strukturama ukazuju na postojanje podzemnog prihranjivanja iz sjevernih padine Trtle.

Izvori Krvija i Mala krvaja

Izvori se nalaze na krajnjem jugoistočnom rubu Mostarskog blata ispod sela Podgorje. Radi se o dva vrlo mala i stalna izvorima. Pojavljuju se u sitnim siparišnim naslagama sa dosta šljunka, pržine i gline.

Prema grubim prosudbama izdašnost svakog od ova dva izvora je:

$$Q_{\min} \approx 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ovi su izvori kaptirani izradom drenažnih raskopa sa sabirnim oknom, te se koristi za vodoopskrbu sela Podgorje.

U sjeveroistočnom obodu istočnog dijela Mostarskog blata u području Žovnice pojavljuje se zona povremenog istjecanja – (vrelo Krenice) zvano "Žličina". Istjecanje je aktivno u tijeku najvećeg dijela godine.

U najsušnijim razdobljima površinsko istjecanje prestaje, a razina podzemne vode se spušta maksimalno 1 m ispod razine korita. Zasiurno se radi o ocjedinim vodama iz vodonosnika u aluvijalnom šljunku koji se prihranjuje dijelom iz toka Lištice, a dijelom iz izvora koji se pojavljuju duž sjeveroistočnog oboda Mostarskog blata.

Duž jugozapadnog oboda Mostarskog blata nema značajnijih hidrogeoloških pojava koje mogu bitno utjecati na prihranjivanje podzemnih voda Mostarskog blata.

U razdoblju velikih voda, osim opisanih ulaza, značajni su površinski dotoci s Donjeg i Gornjeg polja Donjeg Gradca izgrađenog od neogenih laporastih vodonepropusnih naslaga.

2.2.3. Poniranje stalnih površinskih tokova

Znakovito poniranje stalnih površinskih tokova vezano je za:

- dio toka rijeke Lištice prije dotoka u Mostarsko blato te
- tokovi Crnašnica i Žvatić.

Poniranje voda toka rijeke Lištice prije dotoka u Mostarsko blato

U razdobljima malih voda, kada je izdašnost vrela Lištice manja od $3 \text{ m}^3/\text{s}$, na dijelu korita Pribinovići - Dubrave do Knešpolja u potpunosti poniru sve dotekle vode (slika 25).



Slika 25. Mjesto poniranja voda toka rijeke Lištice u razdoblju vrlo malih voda(9)

Samo korito je usječeno u gornje krednim vapnencima, dolomitima i dolomitnim vapnencima. Dno korita je prekriveno do 2 m debelim slojem krupnozrnog šljunka.

Poniranje voda tokova Crnašnice i Žvatića

Izvorišta Crnašnice i Žvatić su stalna. Površinske vode ovih vrela-izvora se u razdobljima vrlo malih vode ipak gube i to kroz aluvijalne naslage Mostarskog blata. Dužina njihovog stalnog toka je obrnuto razmjerna trajanju sušnog razdoblja, odnosno r.p.v. voda temeljnica u aluvijalnom šljunku.

Poniranje voda povremenih plavina preko ponora

U razdobljima velikih voda dolazi do plavljenja dijela Mostarskog blata. Plavi se područje njegove jugoistočne polovine na površini koja je razmjerna intenzitetu i trajanju oborina. Iz tog razloga je i količina akumulirane vode na plavljenom dijelu teško točno definirati.

Po gruboj prosudbi najduže plavljena površina iznosi oko 12 km² sa srednjom dubinom plavljenja od 2,5 m (kota plavljenja 225 m). To bi značilo da u razdobljima najčešćih plavljenja Mostarskog blata volumen vode plavljenja je oko 30 x 10⁶ m³ vode.

Akumulacija plavljenja se prazni preko ponora i ponorskih zona koje se pojavljuju u istočnom i sjeveroistočnom obodu Mostarskog Blata, odnosno duž sjeveroistočnog oboda polja od Humca do Velike jame u Stupima i preko odvodnog tunela koji ima mogućnost odvodnje oko 5 m³/s.

Maksimalne kapacitet ponora i ponorskih zona mogu distribuirati je oko 15 m³/s (vizualna procjena povećana za 30%) što s odvodnim tunelom iznosi ukupno oko 45 m³/s. Sve to upućuje da u razdobljima srednjih velikih i velikih voda na područje Mostarskog blata dotječu količine koje su veće od 20 m³/s.

Značajniji ponori

U jugoistočnom rubu Mostarskog blata r. Lištica ponire u svoje prirodne ponore. Trasiranjem ponora 1958 god. (dr. Polić, ing. Šarac i ing. Šunjić) je utvrđena podzemna veza sa izvorima r. Jasenice.

U tom dijelu Mostarskog blata najveći ponori su: Renkovača, Košina, Kabanica i Plitonje.

Ponor Kabanica nalazi se na oko 800 metara uzvodno od utoka Lištice u ulaz odvodnog tunela. Površinski sloj je na samom ponoru izgrađen od crvenice i pijeska, debeo oko 6 metara. Na samom dnu ponora vidi se otvor 1,5 m u promjeru i do 2 metra dubine. Na dnu se vide vapnenci.



Slika 26. Ponor Renkovača

Ponor Renkovača "Dugački ponor" se nalazi na lijevoj obali Lištice. Ponor se javlja duž rasjeda s elementima pada: 240/70 (slika).



Slika 27. Ponor Velika jama

Oko 280 m sjeverozapadno uz rub polja nalazi se otvoreni ponor Kosina. U manjem udubljenju dubokom do 2 m čije strane izgrađuju smeđe-sive pjeskovite ilovače vide se na dužini od oko 10 m izdanci vapnenaca i u njima manji krški otvori široki 50 cm.

Prirodni ponor rijeke Mokašnice je Velika jama u području Orlina ispod sela Čule. Ponor je trasiran 1958 god. (dr. Polić) i utvrđena je veza sa izvorima na r. Neretvi (Crnim okom i Arape mlin).

2.2.4. Izvori u području toka Jasenice do Žitomislića

Izvorište Vrelo

Nalazi se na najuzvodnijem dijelu toka rijeke Jasenice. Pojavljuje se na kontaktu okršenih eocenskih vapnenaca, padinskih drobina, zaglinjenog šljunka i neogenih lapora.

U sklopu terena vapnenci su kolektor s vrlo jakim pukotinsko-kavernoznom poroznošću, dok sve ostale tvorevine predstavljaju hidrogeološku bočnu barijeru. Vrelo je uzlazno – preljevnog tipa, povremeno presušuje. U razdobljima i najmanjih voda razina podzemne vode je neposredno ispod površine dna izvorišta.

Približne vrijednosti izdašnosti su:

$$Q_{\min} \text{ (procjena)} \approx 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvorište Mali bezdan

Mali bezdan je preljevno vrelo koje se pojavljuje na kontaktu okršenih vapnenaca (kao moćni kolektor) i zaglinjenih naslaga šljunka. Izvorište Mali bezdan nikada ne presušuje.

Procjenjene izdašnosti su:

$$Q_{\min} \approx 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Veliki bezdan

Veliki bezdan je preljevno vrelo koje se pojavljuje na kontaktu okršenih vapnenaca i šljunka. Izvorište Veliki bezdan nikada ne presušuje. Prosudba izdašnosti je:

$$Q_{\min} \approx 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvorite Kuk

Javlja se na kontaktu okršenih vapnenaca i neogenih i aluvijalnih kvartarnih tvorevina. Okršeni vapneci su hidrogeološki kolektor s moćnom podzemnom akumulacijom, neogeni lapori su bočna hidrogeološka barijera, a aluvijalni šljunak u krovini neogenih lapora su kolektor s međuzrnom poroznošću i dobrim filtracijskim značajkama.

Približne vrijednosti izdašnosti su:

$$Q_{\min} \approx 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvorište Brigac

Kaptirano izvorište s dva bunara. Kao i sva vrela u području korita Jasenice je preljevno na kontaktu okršenih vapnenaca i vodonepropusnih lapora. Šljunkovi u krovini lapora imaju ulogu dobrog provodnika i kolektora.

Približne vrijednosti izdašnosti su:

$$Q_{\min} \approx 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvorište Drmaćev bunar

Preljevno vrelo na kontaktu okršenih i neokršenih i vodonepropusnih neogenih lapora. Kaptiran kopanim bunarom. Ima uzlazno – preljevni mehanizam rada. Stalan je i u najsušnijim razdobljima za potrebe vodoopskrbe daje više od 50 l/s.

Približne vrijednosti izdašnosti su:

$$Q_{\min} \approx 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvorište Virina

Vrelo uzlazno-preljevno mehanizma rada na kontaktu okršenih vapnenaca (kolektora) i neogenih lapora (bočna barijera) u čijoj krovini je aluvijalni šljunak dobrih porvodnih značajki. Kaptirano je i služi za lokalnu vodoopskrbu.

Približne vrijednosti izdašnosti su:

$$Q_{\min} \approx 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvorište Sandićevina

Vrelo uzlazno-preljevno mehanizma rada na kontaktu okršenih vapnenaca (kolektora) i neogenih lapora (bočna barijera). Kaptirano je i služi za lokalnu vodoopskrbu.

Približne vrijednosti izdašnosti su:

$$Q_{\min} \approx 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvorište Benat

Vrelo uzlazno-preljevno mehanizma rada na kontaktu okršenih vapnenaca (kolektora) i neogenih lapora (bočna barijera) u čijoj krovini su aluvijalni šljunkovi dobrih provodnih značajki. Kaptirano je i služi za lokalnu vodoopskrbu.

Približne vrijednosti izdašnosti su:

$$Q_{\min} \approx 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvorište Rebrac

Razbijeno i kaptirano izvorište (od tri vrele. uzlazno preljevno mehanizma na kontaktu okršenih vapnenaca i vodonepropusnih lapora. Znatno dio preljeva je maskiran površinskim drobinskim materijalom i šljunkom.

Približne vrijednosti izdašnosti su:

$$Q_{\min} \approx 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvorište Ušljivac

Kao i izvorište Rebrac, izvorište Ušljivac je uzlazno preljevno mehanizma na kontaktu okršenih vapnenaca i neogenih vodonepropusnih lapora prekrivenih šljunkom. Vrelo je kaptirano i služi za vodoopskrbu i navodnjavanje u sušnim razdobljima.

Približne vrijednosti izdašnosti su:

$$Q_{\min} \approx 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \approx 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Izvori u koritu Neretve od ušća Jasenice do Žitomislića

Izvori Crno oko i Arapovac

Ova dva izvora bila su predmet samo povremenih prosudbi protoka koja su obavljena tijekom trasiranja podzemnih voda. U tom razdoblju srednjih voda 2008. godine, približno su procijenjeni protoci:

Crno oko:

$$Q_{\min} \sim 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \sim 13 \text{ m}^3/\text{s}$$

Arapovac:

$$Q_{\min} \sim 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \sim 3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Na desnoj obali toka Neretve od ušća Jasenice do Žitomislića (izvor Dunajac) uočljiva je pojava većeg broja izvora, uglavnom potopljenih vodama Neretve. Ukupna izdašnost ovih izvora se nije mogla procijeniti.

Dotoci u Neretvu od izvora Arapovac do Žitomislića

Na desnoj obali doline Neretve se od izvora Arapovac do Žitomislića na površini se nalazi samo izvor Dunajac. U samom koritu ispod razine vode vjerojatno ima i drugih pojava istjecanja koja se pouzdano ne mogu ni locirati niti procijeniti količina istjecanja.

Izvor Dunajac (slika 28) se nalazi u Žitomisliću - zapadnom obodu Biletić polja. Prema uočenim hidrogeološkim karakteristikama na užem području, izvor je preljevnog mehanizma funkcioniranja. Preljevni prag predstavljaju neogene laporovite i glinene naslage Biletić polja, koje leže ispod aluvijalnog šljunka, a čija debljina raste od 1 m do preko 20 m s udaljenošću od oboda polja prema toku Neretve.

Na žalost ovaj izvor nije bilo predmet značajnijih hidroloških mjerenja, tako da se podaci o njegovoj izdašnosti puno razlikuju.



Slika 28. Izvor Dunajac u razdoblju srednjih velikih voda

Prema grubim procjenama danih na temelju vizualnih promatranja u razdoblju malih i velikih voda, a koja su obavljena tijekom 2008 godine je procijenjeno da je izdašnost ovog izvora:

$$Q_{\min} \sim 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \sim 12 \text{ m}^3/\text{s}$$

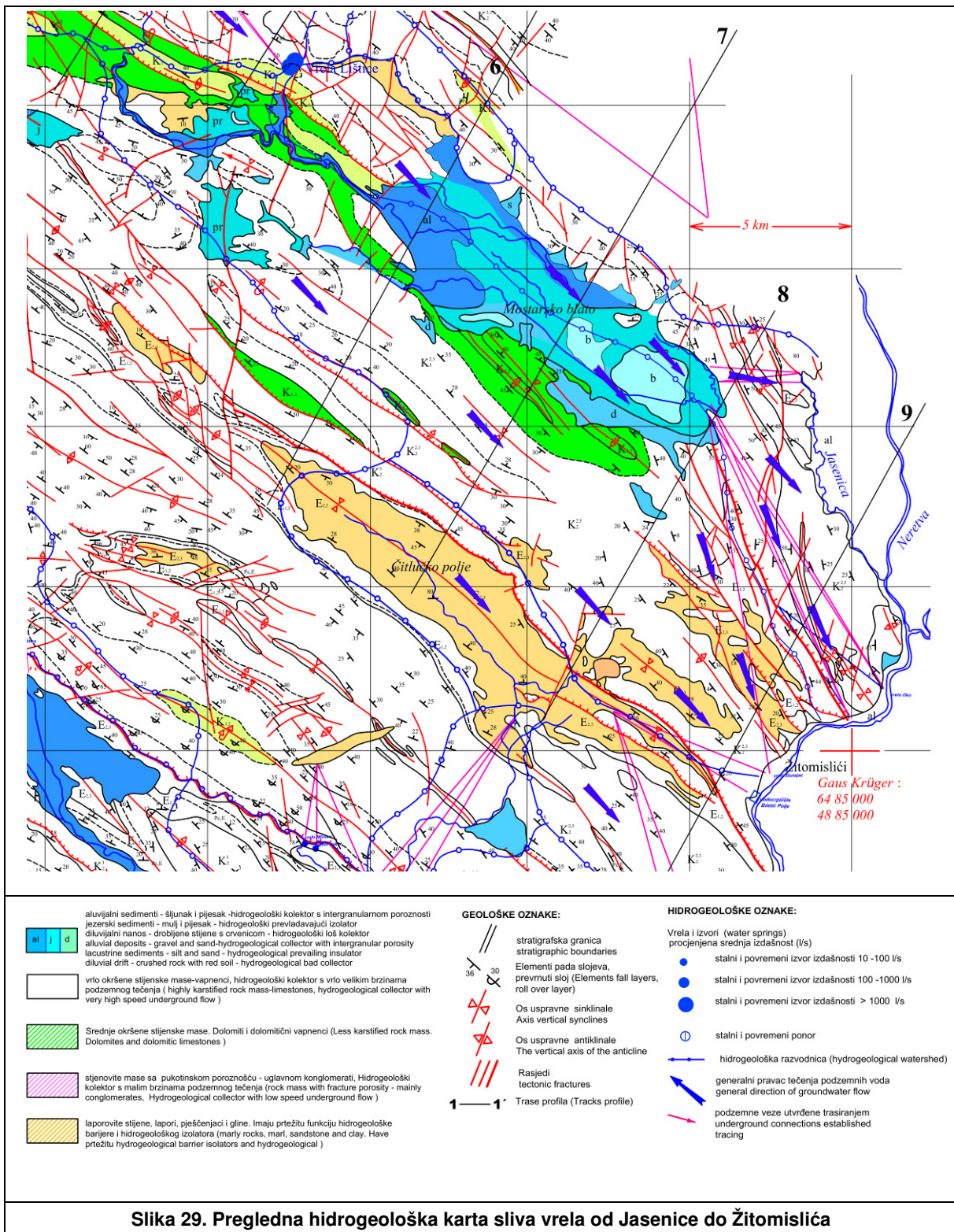
Slivno područje

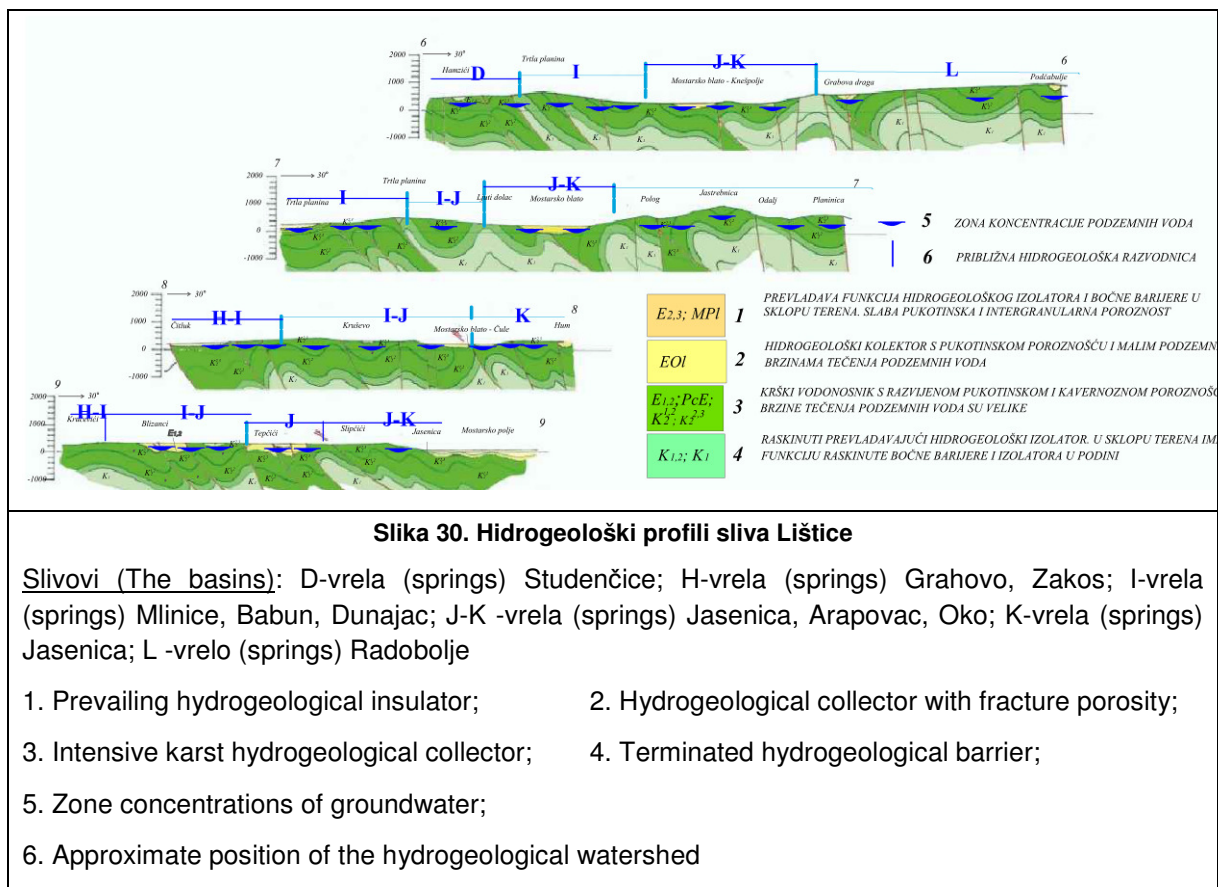
Slivno područje izvora u koritu Jasenice i desnoj dolini Neretve od izvora Oko do Žitomislića je vrlo izduženo u pravcu geoloških struktura, odnosno prema sjeverozapadu sve do Dobrkovića.

Ovaj sliv se prihranjuje vodama koje dolaze iz vrela Lištice kao i voda iz izvora sa sjeveroistočnog oboda Mostarskog blata, a u razdoblju srednjih i velikih voda iz područja Mokrog polja.

Prema odnosima hidrogeoloških jedinca, strukturno tektonskoj poremećenosti stjenovitih masa kao i rezultata provedenih trasiranja podzemnih voda na ovom području se mogu razlikovati dva podsliva, koji su međutim u mnogim točkama isprepleteni i zamršeni (sl. 29 i 30).

Sjeveroistočni podsliv prihvaća dio voda rijeke Lištice, sjeveroistočni dio Mostarskog blata i rubnog vapnenačkog masiva sjeveroistočno od Mostarskog blata, te područja od Miljkovića do Slipčića. Ovaj podsliv se prazni preko izvora u koritu toka Jasenice te izvori Oko i Arapovac u dolini Neretve.





Drugi podsliv se nalazi s jugozapadne strane i pruža se od Mokrog polja, obuhvaća dio korita rijeke Lištice, jugozapadno područje Mostarskog blata, Podgorje i sinklinalu Tepčića.

Preraspodjela voda iz toka Lištice do Mostarskog blata količinski nije moguće raščlaniti bez detaljnijih mjerenja i praćenja. One poniru i teku u tri pravca:

- prema sjeveroistočnom podslivu,
- prema jugozapadnom podslivu i
- prema debelim aluvijalnim naslagama u Mostarskom blatu.

Zamršenost otjecanja voda iz toka Lištice je još veća, jer vode iz aluvijalnih naslaga preko ponora i ponorskih zona podzemljem otječu prema obadva podsliva. Iz tog razloga je postavljena razvodnica između ovih podslivova na znatnom dijelu vrlo nesigurna.

Granica sliva izvora od Jasenice do Žitomislića pruža se od Međina, duž tjemena kredne antiklinale s dolomitima u jezgri u pravcu sjeverozapada do sliva izvora Lištice i nešto južnije također tjemenu dolomitne antiklinale do Dobrkovića.

Sa jugozapadne strane razvodnica obuhvaća veći dio Mokrog polja. Prema tektonskoj izlomljenosti područje Mokrog polja bi pripadalo slivu Studenčice. Kako se u razdoblju srednjih i velikih voda formira površinsko otjecanje tokom Mukušnice, pretpostaviti je da je u području ovog polja zona razvodnica između ova dva sliva.

Od Mokrog polja razvodnica se pruža vjerojatno tjemenom antiklinale u području Trta planine prema Čalićima i Blatnici te duž sjeveroistočnog oboda Čitlučkog polja kojeg kao morfološka razvodnica preko neokršenih eocenskih naslaga presijeca polje prema Blizancima i u pravcu izvora Dunajac. Dio razvodnice od Čitluka - Blizanaca do Dunajca je uvjetna, s obzirom da je trasiranjem podzemnih voda preko Ponora (zona Ponori se nalazi između Čitluka i Blizanaca) konstatirana podzemna veza prema izvorima nizvodno od Žitomislića i relativno slaba podzemna veza prema izvoru Dunajac.

Bilanca podzemnih voda izvora Jasenice i desne obale Neretve do Žitomislića

U bilanci podzemnih voda, osim voda koje se pojavljuju na vrelu Lištice, sudjeluju vode izvora duž sjeveroistočnog oboda Mostarskog blata i oborina. Na temelju registriranih o obrađenih srednjih godišnjih oborina za područje sliva i utvrđene površine od 250 km² moguće je dati približnu bilancu srednjih godišnjih.

Ulazni podaci za proračun bilance podzemne vode je:

$$Q_{sr} = \frac{A_{sl} \cdot I \cdot C}{31,5 \cdot 10^{-6}}$$

Q_{sr} = računati srednji protok

A_{sl} = utvrđena površina sliva (250 km²)

C = koeficijent infiltracije (srednja vrijednost C~0,7)

I = srednje godišnje oborine (1600 l/m²)

Proračunom se dobiju srednji godišnji protok od

Q_{sr} = 8,9 m³/s

Kada se ovim vrijednostima dodaju srednji protoci Lištice od 8,4 m³/s, izlazi da na izvorima od vrela Jasenice do Žitomislića istječe godišnje prosječno:

Q_{srednje ukupno} ~ 17,3 m³/s.

Osim na navedenim vrelima, dio podzemnih voda istječe u aluvijalne naslage Mostarskog polja i u korito Neretve ispod nivoa voda.

Prema procjeni maksimalne izdašnosti svih registriranih vrela, procjena je da se u razdoblju velikih voda od izvora Jasenice do Žitomislića iz pravca slivova na desnoj obali dotječe od 38 do 40 m³/s podzemne vode.

2.2.5. Izvori nizvodno od Žitomislića do Čapljine

Izvori - vrela

Nizvodno od vrela Dunajac, osim vodocrpilišta Biletić Polje, nalaze se povremeno vrelo Babun u Šurmancima, vrelo Mlinice, vrelo Zaskoč te vrela Grahovo. U području sliva ove skupine vrela obavljeno je jedno trasiranje podzemnih voda na Ponorima (sjeveroistočna strana Gradine kod Krehina Dvora). Ovim trasiranjem utvrđena je relativno slaba podzemna veza prema vrelu Dunajac, zatim dobra veza prema vodocrpilištu Biletić Polje, zatim na povremenom vrelu Babun u Šurmancima i prema vrelu Mlinice nizvodno od naselja Šurmanci u relativno jakoj koncentraciji.

Sva vrela se pojavljuju u zonama vrlo blizu jezgra sinklinale što upućuje da se duž tih struktura vrši temeljno dreniranje i tečenje podzemnih voda.

Vodocrpilište Biletić polje je izvedeno u zoni pojavljivanja podvodnih izvora. Izvedena su četiri bunara ukupnog kapaciteta oko 0,5 m³/s.

Detaljnija mjerenja izdašnosti ostalih izvora nisu obavljena. Srednju godišnju izdašnost svih izlaza na ovom dijelu korita Neretve je dosta teško procijeniti, jer se znatan dio voda pojavljuje u koritu same Neretve, poglavito u području nizvodno od vrela Zaskoč. Jedino pouzdanije, jer se vrela nalaze iznad korita Neretve, moguće je dati za povremeno izvor Babun i izvor Mlinice.

Izvor Babun je ima preljevne karakteristike i u izrazito sušnim razdobljima presuši.

Maksimalna izdašnost je procijenjena:

$$Q_{\max} \sim 300 \text{ l/s}$$

Izvor Mlinice se pojavljuje desetak metara iznad srednjih vodostaja Neretve. Koncentracija podzemnih voda koje gravitiraju prema ovom izvoru najvjerojatnije je u zoni eocenske sinklinale iz pravca Vionice - Bijakovića i izvora Mlinica.

Procijenjena izdašnost ovog izvora je:

$$Q_{\min} \sim 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \sim 2 \text{ m}^3/\text{s}$$



Slika 31. Jedno od više vrela razbijenog krškog vrela Mlinice



Slika 32. Jedno od vrela Grahovo

Izvor Grahovo se pojavljuje na kontaktu okršenih krednih vapnenaca i aluvijalnih naslaga šljunka debljine oko 20 m, ispod kojih su neogene laporaste sive gline i lapori. Izvor je prelivnog karaktera i pojavljuje se u vidu manjeg jezercica iz kojeg vode dijelom površinski otječu, a dijelom procjeđuju kroz aluvijalni šljunak prema Neretvi.

Prema vrlo gruboj procijeni izdašnost ovog izvora je:

$$Q_{\min} \sim 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} \sim 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Slivno područje

Trasiranjem podzemnih voda na Ponorima (sjeveroistočna strana Gradine kod Krehina Dvora) utvrđena je podzemna veza s izvorištem Biletić polje, izvorom Babun i izvorom Mlinice.

Prema nizvodnim izvorima nije utvrđena podzemna veza.

Na temelju ovih informacija, slivno područje je izdvojeno u dva podsliva.

Uzvodni podsliv obuhvaća okršene brdske masive Šurmanci i Šibenac te područje Krehinog gradca s ukupnom površinom oko 33 km². Razvodnica je postavljena dosta proizvoljno pošto na širem području nisu izvedena detaljnija trasiranja podzemnih voda. Vrlo je moguće da se u razdobljima velikih voda razvodnica pomjera prema slivu Studenčice.

Nizvodni sliv obuhvaća okršene brdske masive Kukavac i Gradina. Primarna drenažna zona duž koje cirkuliraju podzemne vode prema izvoru Grahovo se zasigurno nalazi između ova dva masiva u zoni sinklinale i velikog reversnog rasjeda.

Prema izvoru Zaskok, koji ima karakteristike silaznog izvora, zona koncentracije i tečenja podzemnih voda je vjerojatno duž većeg reversnog rasjeda iz pravca Međugorja - Gradine do samog izvora.

Ukupna izdvojena površina ovog sliva je oko 27 km².

Bilanca podzemnih voda za slivno područje izvora od Žitomislića do Čapljine

Bilanca podzemnih voda sa ovog sliva, prema obrascu i ulaznim podacima za proračun bilance podzemne vode je:

$$Q_{sr} = \frac{A_{sl} \cdot I \cdot C}{31,5 \cdot 10^{-6}}$$

Q_{sr} = računati srednji protok

A_{sl} = utvrđena površina sliva (33 km²)

C = koeficijent infiltracije (srednja vrijednost $C \sim 0,9$)

I = srednje godišnje oborine (1500 l/m²)

Izračunom se za izvore s ovog slivnog područja dobije srednji godišnji protok od

$Q_{sr} = 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (za uzvodni sliv)

Za ulazne podatke:

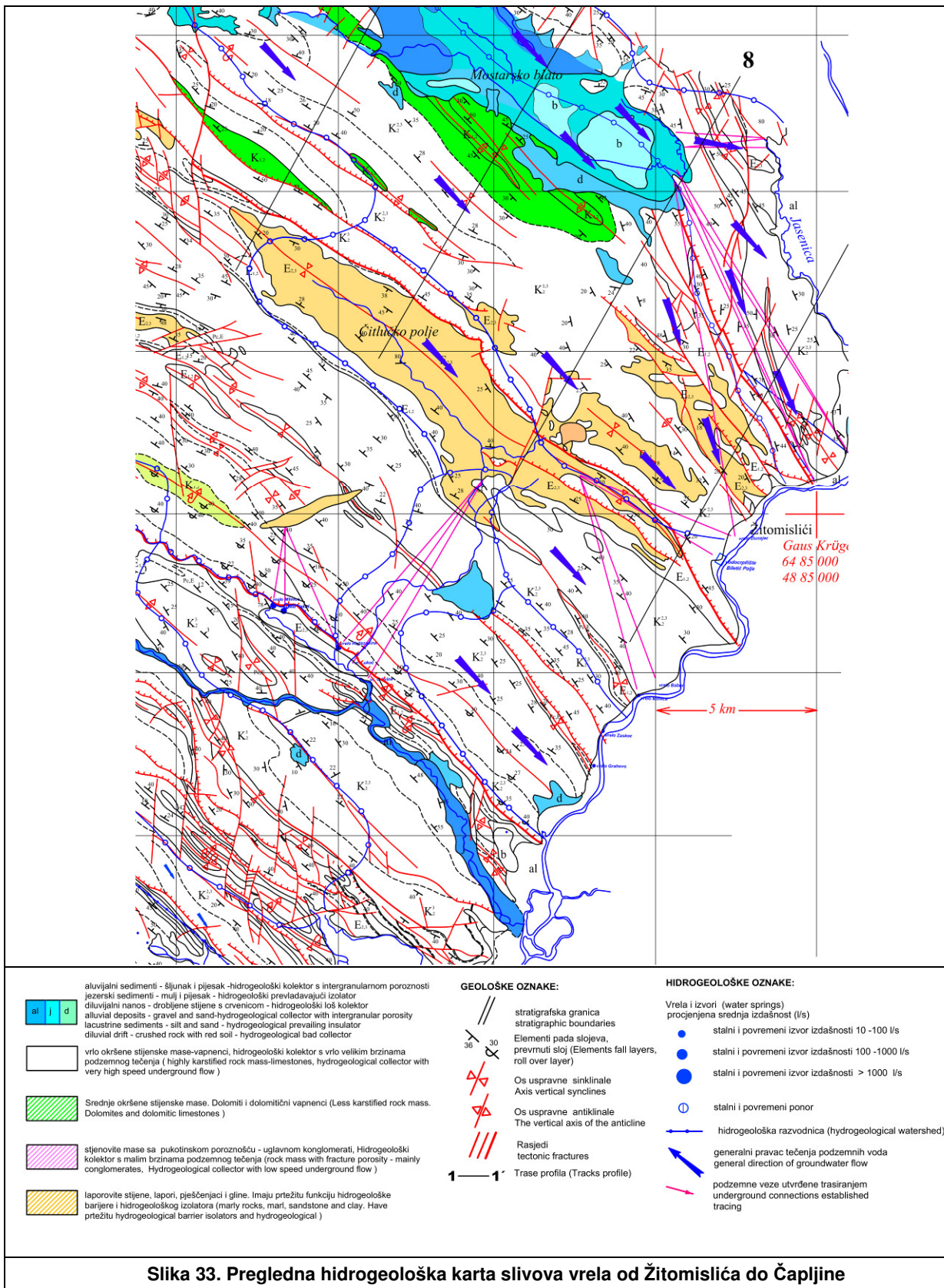
A_{sl} = utvrđena površina sliva (27 km²)

C = koeficijent infiltracije (srednja vrijednost $C \sim 0,9$)

I = srednje godišnje oborine (1500 l/m²)

dobije se srednji godišnji protok od

$Q_{sred} \sim 1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (za nizvodni sliv)



2.3. SLIVNO PODRUČJE TOKA VRLJIKA-MATICA-TIHALJINA-MLADA-TREBIŽAT (VMTMT)

2.3.1. Opće karakteristike

To je stalni riječni tok koji ima nekoliko naziva. Naziv Vrljika-Matica ima u Imotskom polju, Tihaljina, Mlada u Ljubuškom polju te Trebižat do ušća u rijeku Neretvu.

Ovaj stalni tok formira se od nekoliko povremenih i stalnih manjih otjecanja i krških vrela koja se pojavljuju duž sjeveroistočnog oboda Imotskog polja.

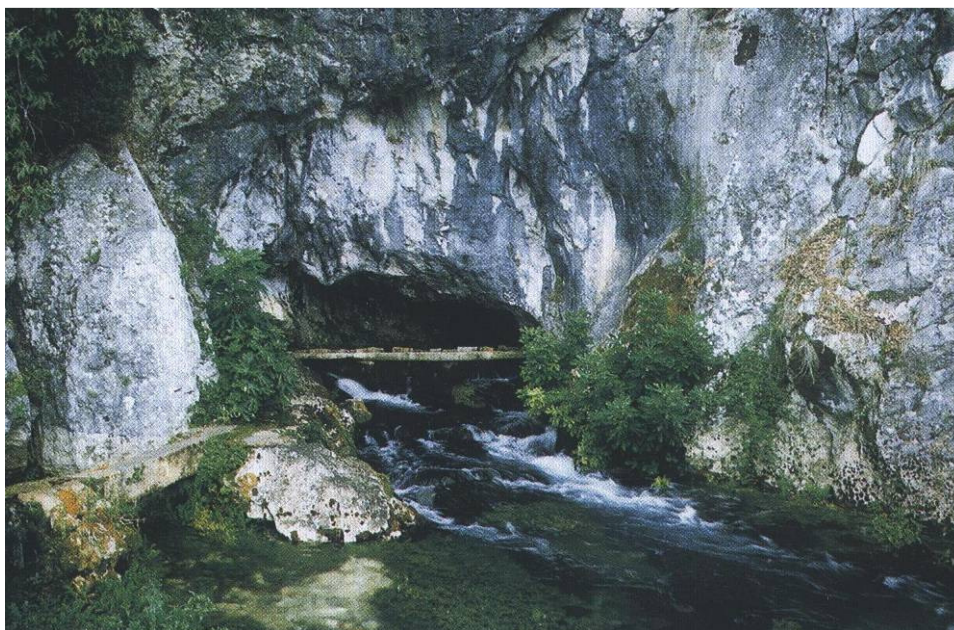
Najveći povremeni riječni tok je Ričina koja se formira od stalnih vodotoka Ružičkog i Močila potoka, ali ulaskom u masiv Snježnice i Radovan planine ponire i pri intenzivnijim padavinama u jesen i proljeće protječe podzemno i površinski.

Isti je slučaj i sa njezinom pritokom Topalom u Posuškom polju. Na svome vodotoku koji je generalno usmjeren u pravcu sjeverozapada Ričina prima Studeni potok, koji ponire u gornjem toku u sušnom razdoblju, a u Virskom polju potok Žukovicu.

Nakon ulaska u polje Ričice, prima desnu pritoku Vrbicu, odakle ulazi u kanjon Bodnjevica, kojim pod nazivom Suvaja ulazi u Imotsko polje, gdje je umjetnim koritom uvedena u Prološko blato.

Suvaja je povremeni tok i samo pri visokim vodnim valovima protekne površinski kratkotrajno.

U vrijeme ekstremnih padavina u gornjem sjevernom dijelu sliva dolazi do djelomičnog plavljenja Posuškog polja, Kočerinskog i jugoistočnih dijelova Imotskog i Grudskog polja.



Slika 34. Vrelo Vriošnice

Vodotok Tihaljina-Mlade-Trebižat također povremeno plavi dijelove okolnog zemljišta koji nisu zaštićeni obrambenim nasipima. Prema podacima Zavoda za vodoprivredu poplave se različito odražavaju na određene dionice vodotoka. U gornjem uzvodnom dijelu Tihaljina plavi uski pojas aluvijalnog pokrivača u bokovima oko korita. U području Vitinsko - Ljubuškog polja vodotok Mlade reguliran je nasipima i dio površinskih voda otječe kanalom prema Rastok polju.

Nizvodno od Humca poplavni vodni val se širi na veće površine, što je posebno izraženo nizvodno od ušća Studenčice sve do naselja Struge.

Na vodotoku Tihaljine lijeve pritoke su kraći vodotoci koji se formiraju na lijevom zaobalju kao što su Krupa, Nevidin, Jakšenica, Nezdravica, a na desnoj obali su Zloriba i Meljava i drugi manji potočići oko Klobuka.

Na vodotoku Mlade na lijevoj obali dotječe rijeka Vrioštica i potok koji se formira u Donjem Proboju. Na desnoj, povremeni tok Studenog potoka u polju Kladnik, koji se povremeno aktivira kad proradi kraško vrelo Banja kod Šipovače, a ulijeva se kod Koćuše.

Na vodotoku Trebižata ulijeva pritoka Studenčica kod Studenaca u koju se iz pravca Čitluka ulijeva povremeni vodotok Lukoča i Stube u Čitlučkom polju.

2.3.2. Geomorfološke značajke

Oblici terena u zavisnosti od geološkog sastava i tektonskih procesa i kasnijih djelovanja jezerske abrazije, fluvijalne, fluvijoglacijalne erozije i karstifikacije, formirani su u različitim vidovima i pojavama.

Osnovna obilježja terena izgrađenog od karbonatnih stijena, vapnenaca i dolomita od kojih je izgrađeno ovo područje je intenzivna okršenost sa svim fenomenima koji prate krš. Treba naglasiti da je najintenzivnije okršavanje vezano za vapnenačke stjenovite mase, a dosta manje za dolomitne mase koje se u sklopu ovog terena ponašaju najvećim dijelom kao podinske i bočne barijere.

Kraška erozija zapaža se na svim krečnjačkim terenima, od viših planinskih masiva Midene, Zavelima, Čabulje, Oluje, Site i drugih, kod kojih su bila u vidu visokih površi sa brojnim vrtačama, uvalama, pećinama, jamama, bez tragova površinskih tokova. Isti je slučaj i sa nisko planinskim prostorima oko Imotskog polja, gdje su fenomeni krša posebno izraženi. Kraška površ između Kočerinskog polja i Vranića na sjeveroistoku, te doline Mlade na jugozapadu, posebno se ističe pojavama kraških fenomena sa brojnim vrtačama, često poredanim u nizove, suhim uvalama, pećinama i dr. Ovdje zastupljenost kraških pojava iznosi od 50 do 100 po jednom km². Slična je situacija i sa dijelom planine Trtle koja se izdiže između Mostarskog blata i Čitlučko-Međugorske kotlinske depresije.

Osnovne karakteristike krških polja slivnog područja

Kraška polja leže između planinskih predjela i većinom se pružaju pravcem sjeverozapad jugoistok, najčešće nagnuta prema jugozapadu. Raspoređena su različitim visinama. Najviša su u prostoru Rakitnog, Tribistova, Vučipolja i Roškog polja na kotama 900 m.n.m, Virskog polja i Ričice na kotama 470-370 m.n.m, Podvraničkog polja 350 m. n. m, i Kočerinskog polja 300-330 m.n.m. Južno od Mlade i Trebižata su polja Rastok 70 m.n.m, Vrgoračko jezero 95 m.n.m. i Jezerac 30 m.n.m.

Rakitno polje leži na promina naslagama sa izvorima u sjevernom i zapadnom dijelu i potočnim dolinama Slobodnika, Jelice, Zmijanca, Jastreba i dr. od kojih nastaje Ugrovača koja ponire u jugoistočnom dijelu na ponoru Markovića jama i nizvodno od njega.

Polje Tribistovo formirano na je na prominskim naslagama konglomerata, u kojem su Ružički i Močila potok, koji nakon ušća formiraju rijeku Ričinu, čije vode u jugozapadnom dijelu toka preko okršenih vapnenaca dijelom ponire.

Vučipolje, koje se također nalazi u sjeveroistočnom dijelu područja, leži na promina naslagama, a u njegovom jugozapadnom dijelu je na vapnencima gdje se nalaze i ponorske zone.

Roško polje između Midene i Zavelima leži dijelom na promina naslagama, neogenim laporima i pješčenjacima. Površinske vode koje formiraju kraće povremene vodotoke od izvora unutar promine konglomerata, gube se u ponorima na istočnom i zapadnom rubu polja (ponor»Ponir«).

Posuško polje leži na neogenim sedimentima ispod kojih mjestimično proviruju izdanci krednih i eocenskih vapnenaca. Na tom dijelu polja, kao i na jugoistočnom rubu polja duž kontakta sa vapnencima, se javljaju ponori. Ovo je polje nagnuto i u pravcu sjeverozapada. Tu se formiraju povremeni tokovi Ričine i Topole.

Virsko polje leži na flišnim sedimentima eocena, a vode sjeverne pritoke Zagorice (povremeni tok) gube se još prije ulaska u polje.

Kočerinsko polje zajedno sa Podvraničkim poljem nagnuto je u pravcu jugoistoka. U jugoistočnom dijelu su jezerske gline i lapori, a na ostalom dijelu su vapnenci u podini, koji mjestimično proviruju ispod aluvijalnog glinovito-pjeskovitog- šljunkovitog nanosa. Povremeni tok prima vode od povremenih vrela u sjeveroistočnom rubu polja, a gube se na više manjih ponora u polju duž jugozapadnog ruba, pri čemu je najznačajniji Ivankovića ponor.

Kraško polje Ričice leži najvećim dijelom na naslagama eocenskog fliša, dok su u bokovima eocenski i kredni vapnenci, na koje se dijelom naslanja i izgrađena vještačka akumulacija "Ričica". Vode Ričine se gube i u kontaktnim zonama sa vapnencima, tako da kanjonskim koritom Suvaje voda samo povremeno otječe u Imotsko polje.

Imotsko kraško polje formirano je unutar duboke depresije (prema rezultatima bušenja i do 150 m) ispunjene jezerskim i pliokvartarnim i mlađim glinovito laporovitim i šljunkovito glinovitim nanosom.

Morfološki je potpuno zatvoreno krško polje sa jugoistočne strane brdom Petnik od nizvodne doline Tihaljine.

Imotsko polje i njegovo uže područje su znakoviti po pojavama koje prate intenzivno okršavanje. Duboka jezera Modro i Crveno od kojih ovo posljednje dostiže dubinu dna na koti koja je 4 m ispod razine mora. Prema Petriku dubina do dna Crvenog jezera iznosi oko 519 m. Najniži nivo jezera je 15 m niži od kote izvora Vrlike. (Opačca)

Modro jezero u sušnom razdoblju presuši, a inače vodni nivo oscilira preko 100 m.

Prološko blato ima stalnu vodu kojom se prihranjuje iz krečnjačkog dna. Tu se također u njegovoj bližoj okolini nalaze i duboke ponikve sa stalnom vodom koja je na približno istoj visini sa vodom u blatu, to su Mamića jezero, Knezovića jezero i Galipovac.

Sjeveroistočni obod Imotsko-Grudskog polja znakovit je po pojavama brojnih izvora različitog kapaciteta među kojima su najznačajniji razbijeno vrelo Opačac i Grudsko vrelo koje povremeno presuši. Jezero Krenica ima stalnu vodu koja dijelom izbija iz krečnjačke podloge ispod polja, a dijelom i iz aluvijalnih naslaga.

Dolina Tihaljine nizvodno od Petnika formirana je u dolomitima alb – cenomana gdje je i staro pećinsko vrelo na koti cca 127-130 m.n.m. Izvor Tihaljine nekad se nalazio na višoj koti oko 245 m.n.m. u Ravlića pećini koja je većih dimenzija.

Dolina se usijecala u izborane i jače iskraljuštane dolomite razlomljene uzdužnim, poprečnim i dijagonalnim rasjedima što je pogodovalo efikasnijoj eroziji. Ostaci ovog usijecanja danas se zapažaju u vidu ostataka fosilnog korita na lijevoj obali (Tkanice, Čepe, Primorci, Ispod Poljane,) i dr i na desnoj ispod Tomasa, Đukića, Zloribe, Kordića, Deklića i dr. Ostaci ovih fosilnih korita su blaže nagnuti prema rijeci jer su ih usijecali erozijom i poprečni tokovi.

Nizvodno od Kavazbašino mosta dolina se postepeno proširuje formirajući Vitnsko-Ljubuško polje koje je prekriveno diluvijalno-aluvijalnim nanosom ispod kojeg leže naslage eocenskog fliša što je doprinijelo bržoj fluvijalnoj eroziji i odnošenju materijala. Tu su pored vodotoka Mlade urezana i riječna korita rijeke Vrioštice, i kanala Parilo-Brzavoda. (Vještački kanal kojim se vode r. Mlade odvede u pravcu Rastok polja kod Vrgorca za potrebe navodnjavanja).

Ispod zaseoka Čuvalo postoji povremeni tok, a niže i kraško vrelo Pavlovac, u donjem Proboju koji se ulijeva u Vriošticu.

Od Humca pa nizvodno vodotok mijenja naziv u Trebižat. Trebižat ulazi u zonu uže doline koja u desnoj obali ima strmiji nagib, a u lijevom zaobalju je relativno niska kraška površ Jabuke i Hrašljana, visine 80-100 m. Još nizvodnije ulazi se u klisurasti dio vodotoka sa sedrenim kaskadama, strmim obalama da bi na vodopadu Kravice survao za dvadesetak metara.

Nizvodno od Kravice Trebižat nastavlja svoj tok klisurastom dolinom strmih strana sve do blizu ušća Studenčice.

Studenčica je rijeka koja nastaje iz tri jača kraška vrela (Vrilo, Vakuf i Kajtavovina iz pećina nastalih na kontaktu eocenskog fliša i krednih okršenih vapnenaca. U Studenčicu se ulijeva i povremeni potok Lukoč iz pravca Čitlučkog polja.

Iza Privorca dolina se proširuje mjestimično i do 700 m.

Dužina vodotoka Tihaljine, Mlade i Trebižata iznosi oko 55 km, a visinska razlika od izvora do ušća iznosi oko 124 m.

2.3.3. Klimatološki parametri

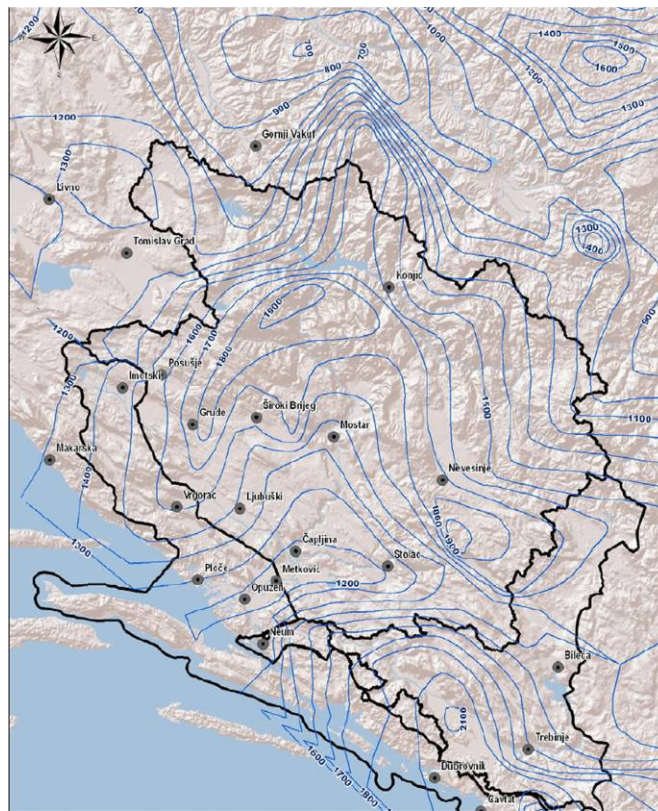
Ovo područje pripada oblasti mediteranske klime, s tim što gornji dio sliva ulazi u oblast izmijenjene mediteranske klime. Osnovna karakteristika ove klime su blage zime i žarka ljeta. Zbog blizine Jadranskog mora koje u zimskom razdoblju zrači toplotu nagomilanu u ljetnom razdoblju, srednje siječanjske temperature su visoke (od 4°C do 6°C), dok su ljeta suha i vruća (apsolutne maksimalne temperature od 40°C do 45°C). Srednje godišnje temperature se kreću od 14°C do 15°C u donjem dijelu sliva, dok se u gornjem (Klubuk – Imotski) kreću od 12°C do 14°C (usljed nadmorske visine). Zbog toga u gornjem dijelu sliva govorimo o izmijenjenoj mediteranskoj klimi.

Oborine

Detaljna obrada podataka o oborinama na području sliva Tihaljina – Mlade – Trebižat nije bila moguća, jer na tom području se nije raspolagalo s ombrografima.

Osnovne informacije o oborinama koje su preuzete iz "Hidrološke studije TMT" su:

- Srednja godišnja suma oborina kreće se od 1200 l/m² do 1800 l/m².
- Mjesečne sume oborina u hladnijem dijelu godine iznose od 100 l/m² do 190 l/m² (najkritičniji je jedanaesti mjesec sa prosječnim sumama oborina preko 190 l/m²).
- U ljetnom razdoblju prosječne sume oborina iznose od 30 l/m² do 70 l/m², a najsušniji je šesti mjesec sa prosječnim sumama između 30 l/m² i 40 l/m².



Slika 35. Karta izohijeta šireg područja Hercegovine (DHZ) (8)

Karta izohijeta pokazuje da je donji dio sliva u području od 1200 l/m² do 1500 l/m², srednji dio sliva u oblasti od 1500 l/m² do 1800 l/m², dok gornji dio sliva (oko Imotskog) ima nešto niže sume oborina od 1250 l/m² do 1500 l/m².

Snijeg je u ovom podneblju rijetka, mada ne i nemoguća pojava. Snježni pokrivač, u principu, ostaje veoma kratko, tako da nije bitan sa stanovišta akumulacije oborina. Režim oborina podrazumijeva znatno veće količine oborina u hladnijem dijelu godine.

Trendovi oborina za višegodišnji period

U svrhe ovih proučavanja korišten je niz: 1951-2002. godina za meteorološku stanicu Mostar, s obzirom da je to jedina stanica koja je kontinuirano radila i u posljednjih deset godina.

Trend suma padavina pokazuju izvjestan pad u posljednjih pedeset godina (oko 190 l/m² za cijeli period).

Trend srednje godišnje temperature pokazuje porast u posljednjih pedeset godina (oko 0.5oC), što je u skladu sa prisutnim trendom globalnog zagrijavanja.

Trend Demartone-ovog indeksa suše također pokazuje pad vrijednosti indeksa u posljednjih pedeset godina sa 65 na 56, što ukazuje da je prisutan trend porasta suše.

Intenziteti padavina na području sliva Tihaljina – Mlade – Trebižat nisu proučavani jer na tom području nismo imali ombrografe.

2.3.4. Slivno područje V.M.T.M.T.

Vrlo zamršeni sustav površinskih i podzemnih otjecanja te za takve hidrogeološke odnose relativno mali broj trasiranja podzemnih voda vrlo je teško razgraničiti slivove pojedinih većih izvora. Iz tog razloga je kao osnova hidrogeološke raščlambe slivnih područja izdvojeni pojedine dionice površinskog toka V.M.T.M.T. za koje je trasiranjem potvrđeno dotjecanje podzemnih voda u njegov tok (prilozi 1; 2 i 3).

Tako su raščlanjena tri znakovita sliva za dionice toka:

- A. Ričina-Proložac do izvora Klokun;
- B. Izvor Klokun - Hum i
- C. Hum - ušće Trebižata u Neretvu.

A. Sliv Ričina - Proložac do izvora Klokun

Slivno područje koje pripada ovom dijelu toka V.M.T.M.T. obuhvaća tok Ričine, Vrljike i Tihaljine do izvora Klokun.

Područje je, prateći strukturno tektonske odnose, izduženo u pravcu sjeverozapada i obuhvaća masiv V. Malića, najveći dio Imotskog polja te područje sliva Ričine gdje se sliv znatno proširuje u pravcu sjeveroistoka do Mesihovine, na sjeveru do Raškog polja, a na zapadu obuhvaća šire područje Studenaca, Ričice i masiva Gradina u D. Prološcu.

Sa jugozapadne strane od Lokvičića do Runovića se nalazi izdužena i dosta široka dolomitna bočna barijera, tako da u tom dijelu Imotskog polja nema pojava izvora.

Od Runovića prema Drinovcima i duž jugoistočnog oboda Imotskog polja se nalazi zona ponora s utvrđenim podzemnim vezama prema vreli Tihaljine i skupini izvora udolini Tihaljine (izvor Krupa i dr.).

Na temelju obavljenih trasiranja podzemnih voda u okviru ovog sliva se mogu izdvojiti dva podsliva:

- podsliv Ričine i Vrljike i
- podsliv Tihaljine do vrela Klokun.

2.3.4.1 Podsliv Ričine i Vrljike

Podsliv Ričine i Vrljike je, s obzirom na prihranjivanje i tečenje površinskih i podzemnih voda, izuzetno zamršen sliv. Na ovom slivu se na površini terena smjenjuju slabo propusne naslage promina konglomerata i fliša gornjeg eocena i otkrivenih površina izgrađenih od jako okršenih vapnenaca.

Pema utvrđenim strukturno tektonskim i litološkim odnosima, odnosno njihovim hidrogeološkim funkcijama u sklopu terena, kao i rezultata obavljenih trasiranja podzemnih voda je utvrđeno da je glavna tečenja podzemnih voda je usmjerenja prema razbijenom vrelu Opačac od kojih površinski vode otječu preko Imotskog polja koritom Vrljike i Matice, te manjim dijelom prema izvorima koji se nalaze između Imotskog i Vinjana na sjeveroistočnom obodu Imotskog polja čije vode otječu koritom Jaruge prema toku Matice.

Sa krajnjeg sjeverozapadnog dijela sliva, osim prema vrelima Opačac, podzemne vode su dijelom usmjerene i prema Prološkom blatu na krajnjem sjeverozapadnom dijelu Imotskog polja.

Vode koje s ovog sliva dolaze na područje Imotskog polja otječu koritom Vrljike i Matice preko ponora i ponorskih zona u pravcu jugoistoka.

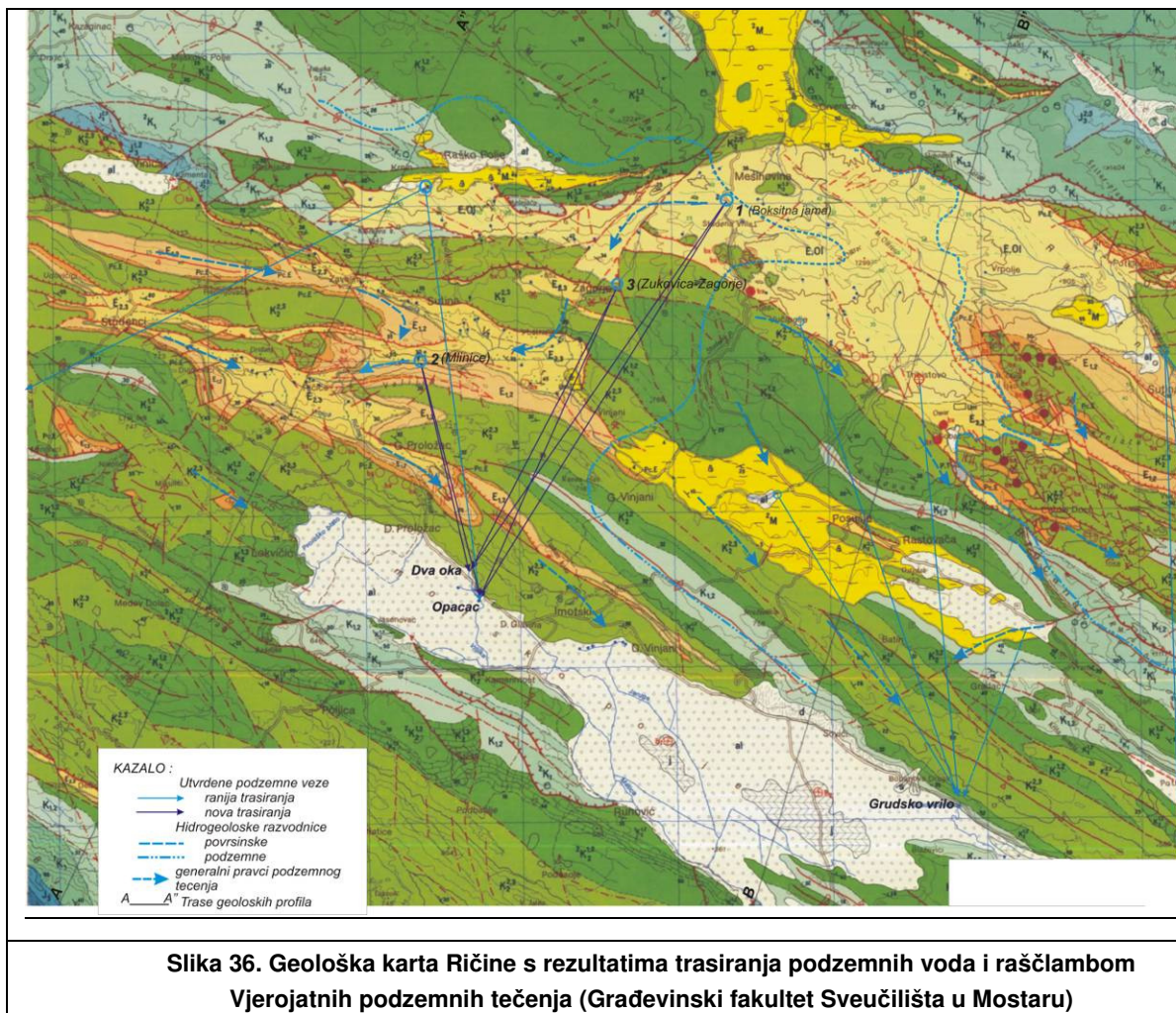
Ponori i ponorske zone koje se pojavljuju uz jugozapadni rub Imotskog polja od Runovića prema ponoru Šainovac imaju dokazanu podzemnu vezi prema izvorima u Vrgoračkom polju (izvor Banja). Od Ponora Šainovac i ponora u području Krenica podzemne vode otječu prema vrelu Tihaljine i vrelima u dolini toka Tihaljine (izvori Krupa i dr.)

Razvodnice podsliva

Razvodnica ovog podsliva izdvojena je na temelju strukturno tektonskih i litoloških odnosa, stupnja okršenosti terena i rezultata obavljenih trasiranja podzemnih voda.

Sa sjeveroistočne strane razvodnica se proteže tjemenom donje kredne antiklinale s dolomitima u jezgri od Sovića prema Gornjim Vinjanima. Dalje je razvodnica dosta približno postavljena uglavnom na temelju rezultata trasiranja podzemnih voda (ponor Mandurići i ponor Boksitna jama) do masiva Gvozd, odakle se razvodnica kao morfološka pruža preko promina konglomerata prema koti 1304 m. Sa sjeverne strane ovog podsliva razvodnica je najvećim dijelom morfološka preko slabije propusnih promina konglomerata prema zapadnim padinama Zavelima. Razvodnica dalje obuhvaća sinklinale

Zavelima i Studenaca i dalje se pruža prema donje krednoj dolomitnoj barijeri u Lokvičićima jugozapadnim rubom Imotskog polja do Runovića.



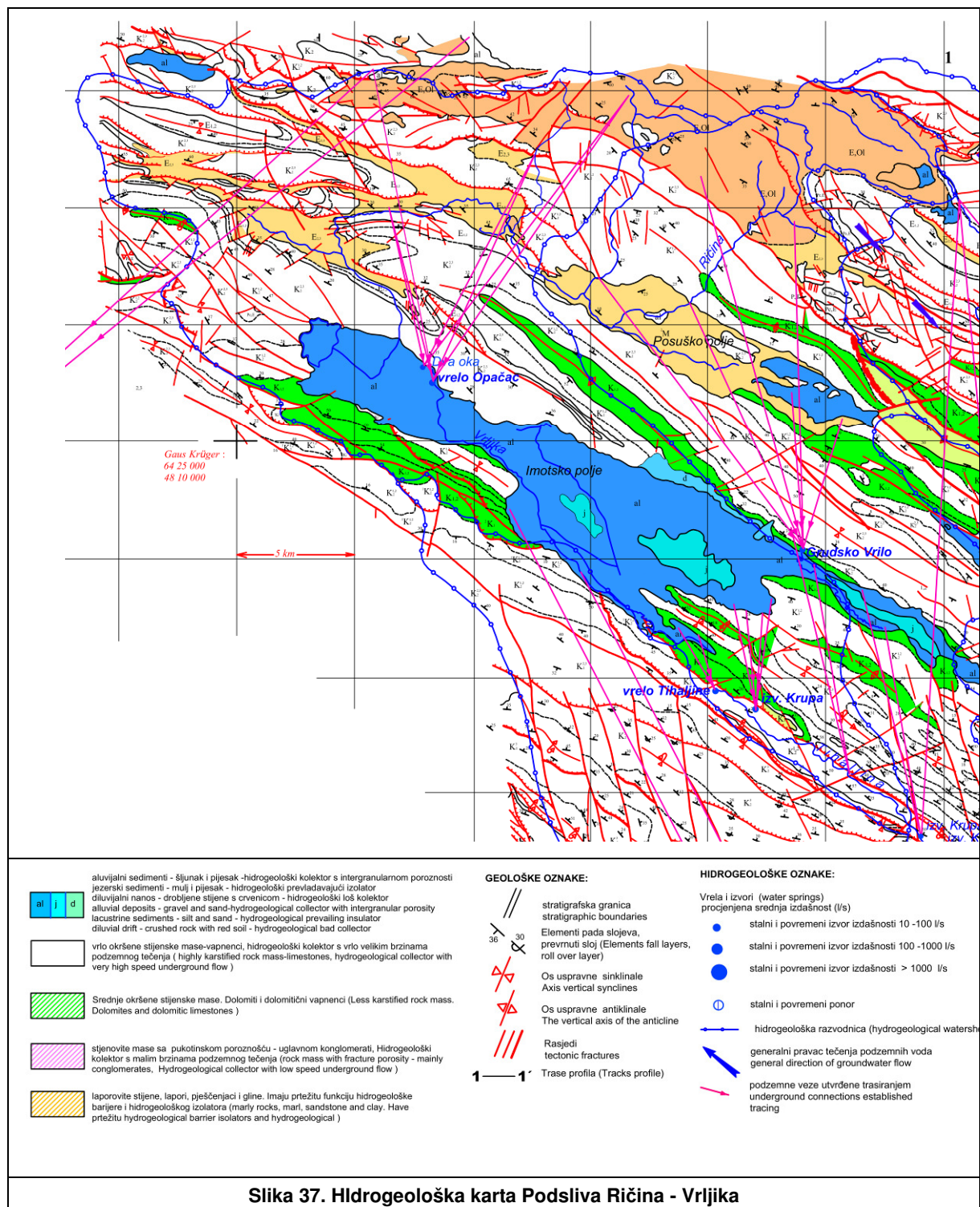
Prihranjivanje podzemnih voda

Prihranjivanje podzemnih voda ovog podsliva se obavlja od oborina, neposrednom infiltracijom i poniranjem voda iz površinskih tokova.

Ukupna površina neposredne infiltracije oborinskih voda iznosi oko $A_{ni} \sim 184 \text{ km}^2$. Kako se radi o vrlo okršanim vapnencima, koeficijent infiltracije bi iznosio oko $C_{infiltracije} \sim 0,8 - 0,9$.

Površina koja prekrivena slabije propusnim promina konglomeratima i flišnim naslagama na kojim se javljaju površinska otjecanja i usporeno odcjeđivanje preko velikog broja malih i stalnih izvora iznosi $A_{pi} \sim 63,5 \text{ km}^2$. Prema literaturnim podacima na sličnim terenima koeficijent infiltracije iznosi oko $C_{infiltracije} \sim 0,5 - 0,6$.

Površina podsliva u području Imotskog polja prekrivenog kvartarnim nanosom s intergranularnom poroznošću i debelim zemljastim pokrivačem na površini iznosi oko 77,5 km. Koeficijent infiltracije kod ovih materijala iznosi prema literaturnim podacima oko C infiltracije ~ 0,5 - 0,6.



Bilanca podzemnih voda

Kao se radi o vrlo složenom slivnom području za kalibraciju ovog podsliva mogu poslužiti podaci protoke na v.s. Rakitovac, a koja približno obuhvaća sve vode koje izlaze s ovog podsliva.

Mjereni podaci protoke su:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &\sim 56,9 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{\text{sradnje}} &\sim 9,01 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{\min} &\sim 0,313 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Prema podacima Državnog meteorološkog zavoda srednje oborina na ovom području su $P \sim 1600 \text{ l/m}^2$

Približna bilanca srednjih godišnjih voda na ovom podslivu za izdvojena područja različite infiltracije su:

Okršeno područje:

$$Q_{sr} = \frac{A_{sl} \cdot I \cdot C}{31,5 \cdot 10^{-6}}$$

Q_{sr} = računati srednji protok

A_{sl} = utvrđena površina sliva (184 km^2)

C = koeficijent infiltracije (0,8 - 0,9)

I = srednje godišnje oborine (1600 l/m^2)

Proračunom se dobiju srednji godišnji protok od

$$Q_{sr} = 7,5 - 8,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Za područje promina konglomerata i fliša:

Q_{sr} = računati srednji protok

A_{sl} = utvrđena površina sliva ($63,5 \text{ km}^2$)

C = koeficijent infiltracije (0,5 - 0,6)

I = srednje godišnje oborine (1600 l/m^2)

Proračunom se dobiju srednji godišnji protok od

$$Q_{sr} = 1,6 - 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ovo bi značilo da su ukupni srednji protoci na ovom podslivu bez površine Imotskog polja prekrivene kvartarnim nanosom:

$$Q_{\text{ukupno}} \sim 9,1 - 10,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Najpribližnije mjerene vrijednosti reprezentativne protoke sa ovog dijela sliva bi bili mjerni podaci na v.s. Kamnemoost koji iznose:

$$Q_{\text{max}} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{srednje}} = 8,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{min}} = 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kad se ovim količinama dodaju i dotoci izvora od Imotskog do Sovića svakako bi se dobile vrijednosti koje odgovaraju izračunatim bilančnim količinama, što govori da je hidrogeološka procjena ovog podsliva relativno dobro definirana.

Izračun infiltracijskih voda sa površine Imotskog polja je vrlo teško postići iz razloga jer se dio voda kroz kvartarne naslage dijelom procjeđuju u podinske okršene vapnence i otječi prema vrelu Tihaljine, a vjerojatno dijelom prema Vrgoračkom polju.

Izračunate približne vrijednosti su:

Za područje Imotskog polja:

$Q_{\text{s}} =$ računati srednji protok

$A_{\text{sl}} =$ utvrđena površina sliva ($77,5 \text{ km}^2$)

$C =$ koeficijent otjecanja ($0,3 - 0,5$)

$I =$ srednje godišnje oborine (1600 l/m^2)

Proračunom se dobiju srednji godišnji protok od

$$Q_{\text{s}} = 1,2 - 1,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kad se ove količine dodaju izračunatim bilančnim količinama sa prethodna dva područja ovog podsliva dobije se protok od:

$$Q_{\text{ukupno}} \sim 10,3 - 12,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Prema navedenim odnosima prihranjivanja reprezentativne vrijednosti za ukupno infiltrirane vode ovog podsliva bile bi na vrelu Tihaljine. Na vrelu Tihaljine su izmjereni srednji godišnji protoci:

$$Q_{\text{srednje}} = 11,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

I ove se vrijednosti se dosta dobro podudaraju, što svakako znači da je slivna površina cijelog ovog podsliva relativno dobro definirana.

2.3.4.2 Podsliv od vrela Tihaljine do vrela Klokun

Na toku Tihaljine od njenog vrela do vrela Klokun e nalazi nekoliko većih izvora - vrela. To su Krupa i Bučalo u koritu Tihaljine (kota ~ 140 m), Jakšenica (kota ~ 170 m). Nezdravica (kota ~ 160 m), Modro oko (kota ~ 120 m) i Nenač (kota ~ 120 m).

Postoje samo grube procjene za neka od izvora (Institut za geološka istraživanja Zagreb) prema kojim svi izvori su u kategoriji izdašnosti od minimalno 100 do maksimalno 1000 l/s, osim izvora Modro oko koje je svrstano u skupinu povremenih s maksimalnom izdašnošću od oko 100 l/s.

Utvrđeni pravci trasiranjem podzemnih voda su uglavnom iz područja ponora Krenice prema izvorima. Ovi pravcu su približno okomiti na pravac pružanja struktura međo kojim je i dio dlominih stjenovitih masa. Zsigurno se podzemna cirkulacija obavlja duž većih dijagonalnih i poprečnih rasjeda na ovom području.

Prema gruboj bilanci podzemnih voda, za područje Imotskog polja koje pripada ovom podslivu, prosječan dotok na navedene izvore je:

Qsr = računati srednji protok

Asl = utvrđena površina sliva (26 km²)

C = koeficijent infiltracije (0,3 -0,5)

I = srednje godišnje oborine (1600 l/m²)

Proračunom se dobiju srednji godišnji protok od

Qsr = 0,2 - 0,3 m³/s

Prema gruboj bilanci podzemnih voda, za područje otkrivenih okršenih stjenovitih masa koje pripada ovom podslivu, prosječan dotok na navedene izvore je:

Qsr = računati srednji protok

Asl = utvrđena površina sliva (31 km²)

C = koeficijent infiltracije (0,8 - 0,9)

I = srednje godišnje oborine (1600 l/m²)

Proračunom se dobiju srednji godišnji protok od

Qsr = 1,2 - 1,4 m³/s

Prema zbiru ovih bilančnih količina očekivati je da se izvorima koja se javljaju od vrela Tihaljine do vrela Klokun srednja godišnja izdašnost kreće:

$$Q_{\text{srednje ukupno}} \sim 1,4 - 1,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Obavljena trasiranja podzemne vode su pokazalo da je slivno područje vrela Klokun i Vrioštica jedinstveno.

2.3.4.3 Podliv vrela Klokun i Vrioštica

Slivno područje ovih vrela je dosta veliko i izduženo u pravcu sjeverozapada. Slivno područje ova dva vrela obuhvaća i sliv Gruskog vrila.

Odnos ova dva sliva je dosta zamršen. Pouzdana razdjelnica između njih je svakako donje kredna antiklinala s dolomitima u jezgri koja se pruže neposredno ispod Gruskog vrela prema Sovićima i dalje u pravcu sjeverozapada. Ovi dolomiti u sklopu terena imaju funkciju raskinute hidrogeološke barijere duž većih tektonskih lomova. Karakteristika ovih dolomita je njihova relativno razvijena kavernožnost i dobra vodopropusnost u zoni većih rasjeda.

Obavljeno trasiranje podzemne vode u području Rakitnog polja (Markovića ponor) utvrdila su podzemnu vezu u razdoblju vrlo velikih voda s vrelima Klokun i Vriošticom (također i vrelom Lištice), međutim ne i s Gruskim vrilom.

Vjerojatni uzrok je tečenje podzemnih voda u više razina što je i uzrok prestanka istjecanja vode na površini Gruskog vrila i vrlo jaka cirkulacija podzemnih voda u istom razdoblju na dubinama ispod 30 m. Grusko vrelo u sušnom razdoblju presuši na površini, međutim na dubini većoj od 30 m i u istom razdoblju se odvija vrlo intenzivna cirkulacija podzemnih voda. Podzemne vode Gruskog vrila se uz pomoć bunarskih vodozahvata eksploatiraju i koriste za vodoopskrbu šireg područja.

Podsliv Gruskog vrela

Slivno područje Gruskog vrela na krajnjem sjeverozapadu obuhvaća područje Tribistova. To je područje izgrađeno od promina konglomerata relativno male debljine (40 do 100 m) s prevladavajućom pukotinskom poroznošću. Na tom dijelu sliva formira se tok Ričine i nekoliko anjih tokova i stalnih manjih izvora.

Nešto južnije okršeno područje između Tribistova i Posuškog polja. Unutar ove serije okršenih vapnenaca tipičnog dnaridskog pružanja, između Rastovače i Mandurića se nalazi pojas donje kredne

antiklinale koja u sklopu terena ima funkciju raskinute hidrogeološke bočne barijere. Nju sijeku nekoliko većih rasjeda u području Rastovače i Bročanca.

Slivu Grudskog vrela pripada cijelo područje Posušskog polja. Posuško polje izgrađeno je od micenskih laporastih naslaga koje u sklopu terena imaju funkciju krovinskog hidrogeološkog izolatora. Debljina ovih naslaga nije velika (od 100 do 200 m) tako da kroz okršene vapnence ispod njih cirkulira podzemna voda u pravcu Grudskog vrela i dalje. Obavljena trasiranja na rubnim dijelovima ovog polja su pokazala izravnu vezu s Grudskim vrelom.

Nešto južnije nalazi se okršeno područja krednih vapnenaca između Gornjih Vinjana i Gornjih Mamića. I u ovom dijelu kredne strukture su karakterističnog dinaridskog pružanja s izraženom sinklinalnom strukturnom, uzdužnim i poprečnim rasjedima.

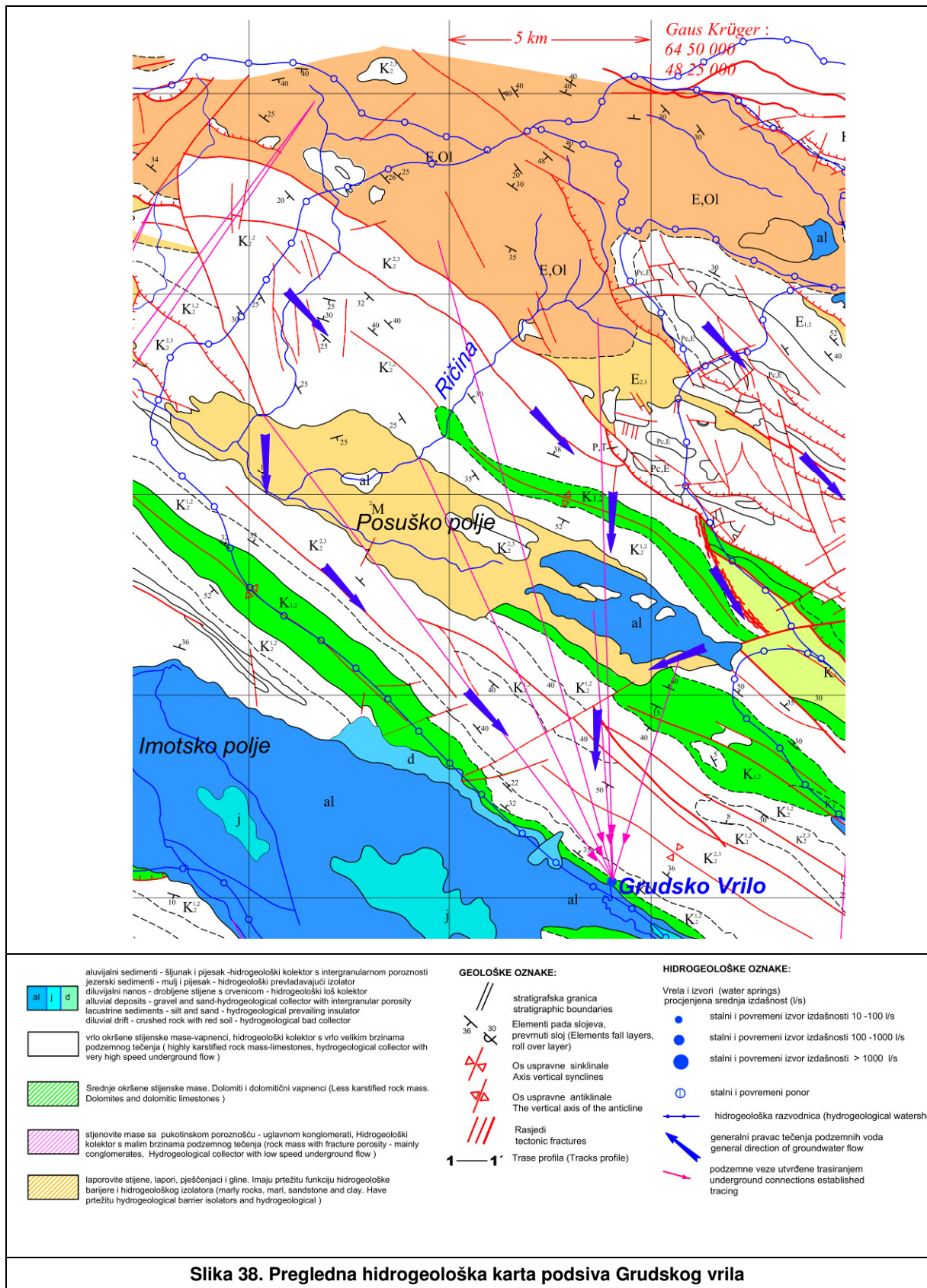
Veća antiklinala koja se pruža uz rub Imotskog polja nizvodno od Grudskog vrela prema Sovićima i dalje prema sjeverozapadu ima u sklopu terena funkciju raskinute hidrogeološke bočne barijere koja u najvećem razdoblju godine aktivan rad Grudskog vrela na površini terena.

Granica slivnog područja

S južne strane granica slivnog područja Grudskog vrela se pruža tjemenom sovičje antiklinale do Gornjih Vinjana, zatim u pravcu sjeveroistoka prema masivu Gvozd gdje se kao površinska razvodnica pruža do kote 1304 m, zapadnim padinama Velike Oluje i Rastovače i Bročanca prema Gornjim Mamićima.

Hidrografija

Hidrografsku osnovu čini tok Ričine i tok Žukovice. U području Tribistova se pojavlje veći broj manjih stalnih izvora od procijednih voda iz promina konglomerata. U Posuškom polju postoje samo manji procjedni izvori iz pjeskovitih miocenskih naslaga vrlo slabe izdašnosti.



Do Imotskog polja nema izvora. Sjeveroistočnim obodom Imotskog polja osim Grudskog vrela se pojavljuje i nekoliko manjih izvora aktivnih u razdoblju srednjih i velikih voda.

Pravci tečenja podzemnih voda

S obzirom na strukturno tektonske i razlomne odnose, kao i na rezultate trasiranja podzemnih voda moguća su dva dominirajuća pravca podzemnog tečenja.

Jedan pravac je vjerojatno duž sjeverozapadno i zapadnog oboda slivnog područja, odnosno iz pravca Vučipolja, ispod miocenskih naslaga zapadnog dijela Posušskog polja do dolomitne sovičke hidrogeološke raskinute barijere prema Grudskom vrelu.

Drugi dominirajući pravac je iz pravca istočnog dijela Tribistova prema Rastovači i velike rasjedne zone Bročanca te velikim poprečnim rasjedom nešto zapadnije od Posušskog Gradca prema krednoj sinklinali i uzdužnim rasjedima u smjeru Grudskog vrela i dalje ispod Grudskog polja prema Gornjem Zelenikovcu i ponoru Grudskog povremenog toka.

Bilanca podzemnih voda

U bilanci podzemnih voda Grudskog vrela sudjeluju infiltrirane vode s tri površine različitih koeficijenata infiltracije:

- Infiltracija sa površina izgrađenih od promina konglomerata Tribistova i površine Posušskog polja (Cinfiltracije 0,3 – 0,5)
- Površina izgrađenih od dolomita i dolomitičnih vapnenaca (Cinfiltracije 0,5 – 0,6) i
- Infiltracija s okršanih vapnenaca (c infiltracije 0,8 – 0,9)

Za područje Tribistova i Posušskog polja srednji godišnji dotoci iznose za ulazne parametre:

Asl = utvrđena površina sliva ($A = 63 \text{ km}^2$)

C = koeficijent infiltracije ($C = 0,3 - 0,5$)

I = srednje godišnje oborine (1800 l/m^2)

Qsrednje = $1,0 - 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$

Za područje izgrađeno od dolomitnih stjenovitih masa srednji godišnji dotoci iznose za ulazne parametre:

Asl = utvrđena površina sliva ($A = 16 \text{ km}^2$)

C = koeficijent infiltracije ($C = 0,5 - 0,6$)

$I =$ srednje godišnje oborine (1800 l/m^2)

$Q_{\text{srednje}} = 0,5 - 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Za područje izgrađeno od okršenih stjenovitih masa srednji godišnji dotoci iznose za ulazne parametre:

$A_{\text{sl}} =$ utvrđena površina sliva ($A = 104 \text{ km}^2$)

$C =$ koeficijent infiltracije ($C = 0,8 - 0,9$)

$I =$ srednje godišnje oborine (1800 l/m^2)

$Q_{\text{srednje}} = 4,7 - 5,3 \text{ m}^3/\text{s}$

Prema izračunatoj bilanci podzemnih voda, na Grudskom vrelu srednji protok iznosi:

$Q_{\text{kupno srednje}} = 6,2 - 7,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Prema mjerenjima protoke na Grudskom vrelu koje obavlja EP HB maksimalni protok na vrelu iznosi:

$Q_{\text{maksimalno}} = 13,7 \text{ m}^3/\text{s}$

Srednji protoci na površini terena su ocjenjeni:

$Q_{\text{srednje}} = 2,57 \text{ m}^3/\text{s}$

Kako va vrijednost ne obuhvaća podzemne vode koje dotječu i ispod Grudskog polja otječu u razdoblju malih voda kad vrelo na površini presuši, navedene mjerene vrijednosti treba uvjetno prihvatiti te se kao takve ne mogu koristiti za kalibraciju slivnog područja ovog vrela.

Podsliv vrela Klokun i Vrioštice

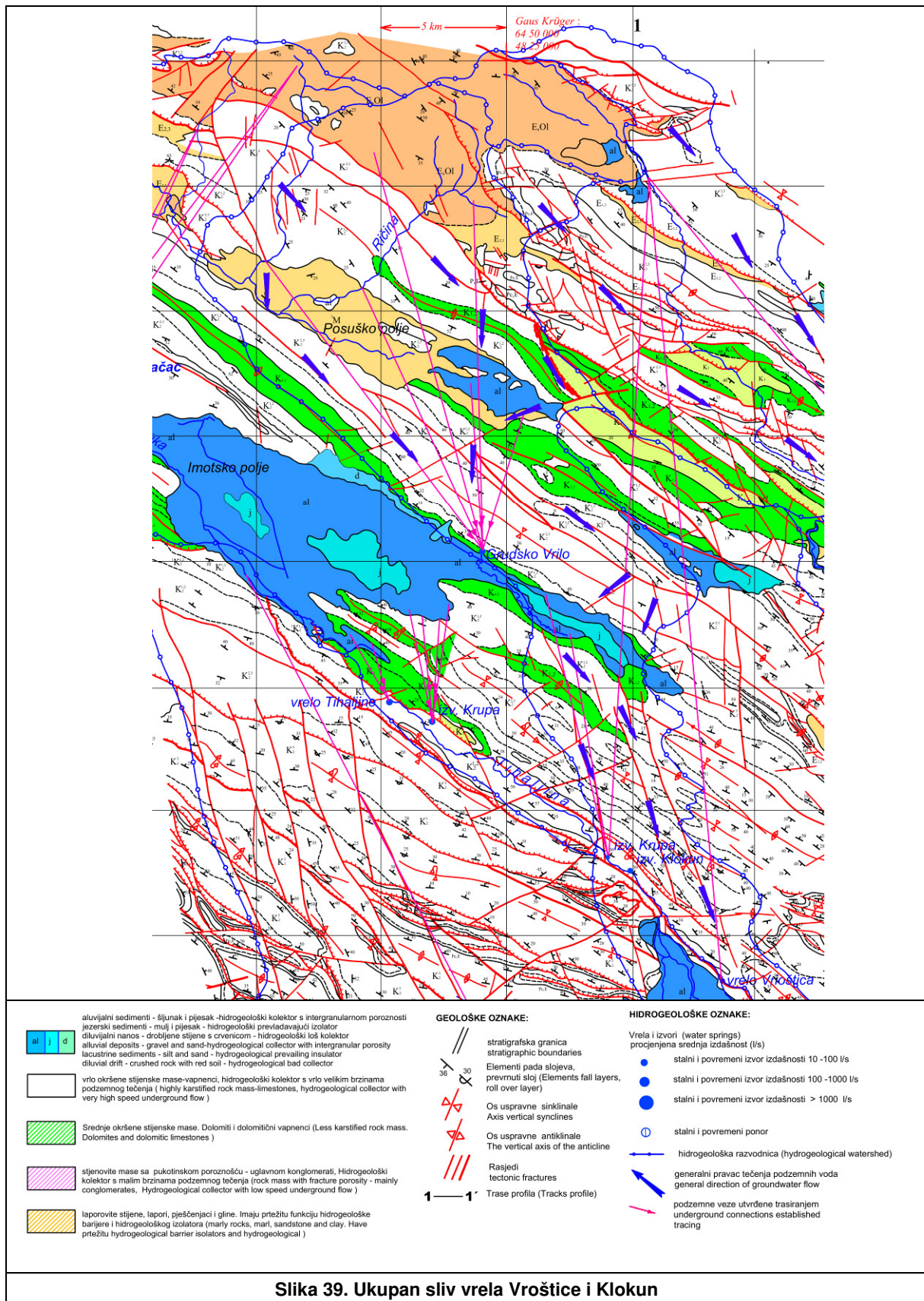
Ovdje se radi o preostalom dijelu slivnog područja vrela Klokun i Vrioštice. Oism vrela Klokun i Vrioštica tu se nalazi i Grabova vrelo na ulazu u Ljubuško polje kao i vrelo Proboj u području Mostarskih vrata.

Sliv ovih vrela obuhvaća jugoistočni dio Grudskog polja s ponorima i ponorskim zonama te prostor između Grudskog polja i Tihaljine izgrađenog od jako okršenih stjenovitih masa gornje krede.

Ovaj dio sliva je izrazito boran s izrazite dvije antiklinale sa dolomitim i dolomitičnim vapnencima u jezgri. Jedna antiklinala je u području Ružića, a druga u području Drinovaca i dijelom uz korito Tihaljine. Od razlomne tektonike dominiraju tri dijagonalna vrlo velika rasjeda, od kojih jedan se pruža u pravcu vrela Klokun, a ostala dva prema vrelu Vrioštice i Grabovom vrelu, koji se nalazi između njih. Jedan dijagonalni rasjed suprotnog smjera od navedena tri se pruža od Cerova doca preko Tihaljine prema asivu Trstika na desnoj obali Tihaljine. Raspored ovih rasjeda se poklapa u velikoj mjeri s pojavama stalnih izvora što svakako upućuje na njihovi hidrogeološku drenirajuću funkciju.

Pružanje navedenih rasjeda bi odgovaralo i zonama dreniranja podzemnih voda i pravcu njihovog tečenja.

Sva ova vrela imaju preljevni mehanizam funkcioniranja gdje funkciju bočne barijere imaju debele flišne naslage koje prate čelo velike Ljubuške navlake.



Slika 39. Ukupan sliv vrela Vroštica i Klokun

Granica slivnog područja

A jugozapadne strane hidrogeološka razvodnica je površinska, odnosno duž čela velike ljubuške navlake, odnosno kontakta flišnih nepropusnih naslaga i okršenih krednih vapnenaca.

Sa istočne strane granica odgovara razvodnici sliva vrela Studenčice. Ona je dosta proizvoljno postavljena iz jednostavnog razloga jer osim rezultata trasiranja podzemnih voda, nema jasnijih pokazatelja prema kojim bi se ova razvodnica pouzdanije mogla postaviti. Postavljena razvodnica je približno odgovara zoni od koje osi bora lagano tonu u dva suprotna pravca.

Sa jugozapadne strane razvodnica približno odgovara pružanju velikog reversnog rasjeda na desnoj obali Tihaljine.

Bilanca podzemnih voda

U bilanci podzemnih voda vrela Klokun i Vrioštice, kao i Grabovog vrela koje se nalazi između njih sudjeluju infiltrirane vode s

- dijela površine Grudskog polja (C infiltracije 0,3 – 0,5) i
- površine okršenih vapnenaca (C infiltracije 0,8 – 0,9):

Za područje dijela Grudskog polja srednji godišnji dotoci iznose za ulazne parametre:

Asl = utvrđena površina sliva ($A = 63 \text{ km}^2$)

C = koeficijent infiltracije ($C = 0,3 - 0,5$)

I = srednje godišnje oborine (1600 l/m^2)

Qsrednje = $1,0 - 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$

2.3.4.4 Podsliv vrela Studenčice

Morfološke značajke užeg područja

Vrela Studenci čine tri velika krška vrela (Kajtavovina; Vakuf i Mlinice) koji se nalaze 5 – 7 km jugoistočno od Ljubuškog. Nalaze se u uskoj krškoj dolini Studenci dužine oko 4 km i najveće širine oko 750 m. Sva tri vrela imaju preljevne značajke mehanizma pojavljivanja. Nizvodno od vrela Kajtavovina nalazi se i manje vrelo Lukoč (kao i povremeni potok Lukoč) te najnižvodnije vrelo Crkvina. Oba ova vrela su manje izdašnosti i izrazito zagađena otpadnim vodama koje ovdje dolaze iz pravca Međugorja i Čitluka. Sjeveroistočna strana doline Studenci morfološki pripada tzv. „gredi“,

odnosno čelu velike Ljubuške navlake sa visinskom razlikom od 150 do 200 m. Cijelo zaleđe je izgrađeno od vrlo okšenih vapnenaca.

Sama dolina Studenci je prekrivena aluvijalnim naslagama u čijoj podini su gornje eocenske laporovite naslage koje u sklopu terena predstavljaju bočnu barijeru podzemnim vodama iz pravca okršenih vapnenaca. U takvom sklopu terena vrela Studenčice funkcioniraju kao preljevna vrela čija ukupna srednja godišnja izdašnost je veća od 5,5 m³/s.

Morfološke značajke šireg područja

Morfološkim obradom obuhvaćeno je šire područje mogućeg liva vrela Studenčice. To je izuzetno okršeno i izduženo područje koje se pruža od vrela Studenčice sve do Kočerinskog polja na sjeverozapadu. Sa jugozapadne strane granicu predstavlja približan pravac od Bročanca, između Gornjih i Donjih Mamića i dalje prema Radišićima do Studenaca. Sa sjeveroistočne strane to je granica od Bročanca prema Širokom Brijegu i Uzarićima do Hamzića te u pravcu juga prema Cernu, Miletini i Studencima. Ukupna površina ovog područja je oko 270 km².

Hidrografska mreža

Osnovnu hidrografsku mrežu čine tokovi Tihaljina i Studenčica koji se nalaze izvan slivnog područja, međutim predstavljaju drenažnu osnovu vodama sa ovog slivnog područja.

Na samom slivnom području nema stalnih tokova. Povremeni tok Ugrovača je najveći međutim protječe samo svojim manjim dijelom unutar granica slivnog područja. Ostalo su uglavnom kratki povremeni tokovi koji se javljaju otjecanjem sa slabo propusnih naslaga u krškim dolinama i poljima na ovom području.

U Kočerinskom polju se javljaju dva povremena toka od kojih jedan teče od povremenih vrela preko slabo propusnih neogenih naslaga kroz polje do ponora u Ivankovićima, a drugi je od polja prema Mokašnici do ponora u Galićima. U ovom području je i Mokro polje koje povremeno plavi i prazni se preko ponorskih zona u jugoistočnom dijelu polja.

U krškoj dolini Cerno javljaju se dva manja povremena toka. Jedan je od povremenog vrela Banja do ponora na jugoistočnoj strani polja (Sl. 5.), a drugi povremeni tok je od Šimovca do ponora. Ovaj povremeni tok je manji i javlja se češće nakon jačih kiša ocjeđivanjem iz neogenih konglomerata do ponora na jugozapadnom obodu doline (tok je iskorišten za trasiranje podzemnih voda u razdoblju njegovog tečenja).

Na pojedinim dijelovima sliva u njegovom krajnjem jugoistočnom djelu postoji povremeni tok Lukoč koji drenira površinske vode sa područja Čitlučkog polja. Trasiranjem je utvrđena podzemna povezanost sa vrelom Kajtažovina.



Slika 40. Grotlo povremenog vrela Banja u Cernu

Intenzivno onečišćenje voda nizvodnijeg vrela Crkvine upućuju da je podzemna voda ovog vrela imaju dominantnu vezu sa ovim potokom i širim područjem Čitluka i Međugorja. Na ostalom dijelu sliva, nema povremenih tokova. Ova činjenica upućuje na izuzetno razvijenu okršenost na najvećem dijelu slivnog područja.

a. Vrela Studenčice: Kajtažovina, Vakuf i Mlinice

Vrela Studenčice su preljevna vrela koja se javljaju na kontaktu vodonosnika vrlo okršenih krednih vapnenaca i slabo propusnih gornje eocenskih laporovitih naslaga koje se javljaju uz Ljubušku dislokaciju (čelo navlake). Ukupna srednja godišnja izdašnost ovih vrela je veća od 7 m³/s.



Slika 41. Vrelo Kajtavovina u razdoblju srednjih voda



Slika 42. Vrelo Vakuf (nizvodno od kaptaže)



Slika 43. Vrelo Mlinice

Zadaća ovog elaborata je da se na temelju obrađenih podataka provedenih istraživanja utvrde elementi za izradu modela slivnog područja i utvrde zaštitne zone ovih vrela.

Vrela nizvodno od Kajtavovine do ušća Trbižata u Neretvu.

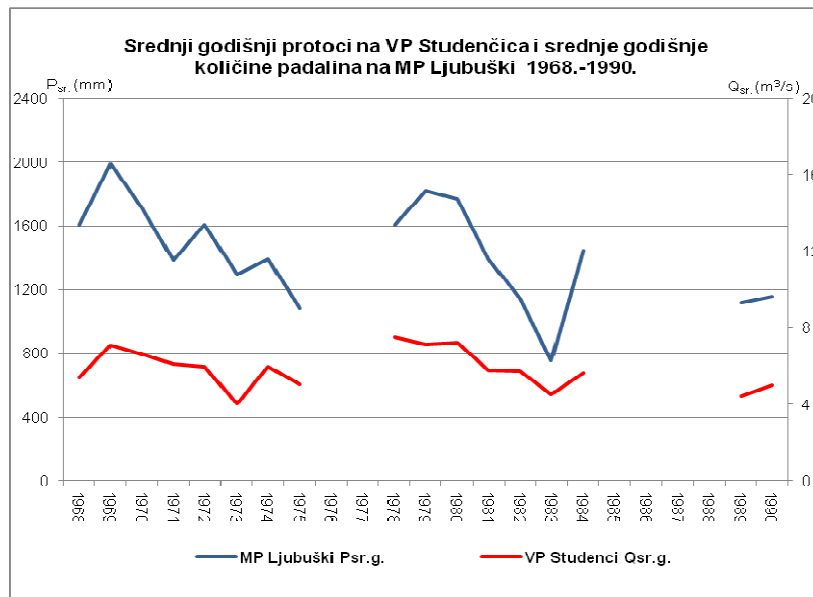
Za slivno područje vrela nizvodno od Kajtavovine i aluvijalnim šljunkom maskiranih izlaza u području Trbižata do ušća u Neretvu obavljeno je samo jedno trasiranje podzemnih voda na ponoru potoka Lukoč (ponor kod mosta u okružju Tokić – Ostojić). Ovim trasiranjem utvrđena je po malo nesigurna podzemna veza sa vrelom Kajtavovina, ali i dosta dobra podzemna veza sa izvorima nizvodno od vrela Kajtavovina.

Slična zagađenja nalazimo i kod podzemnih vode većine bunara u području Trbižata. Sve to govori da slivno područje prema ovim izlazima obuhvaća urbanizirane površine Međugorja i Čitluka.

S obzirom na rezultat navedenog trasiranja ovaj sliv je složen od okršenog dijela i površinskog dijela koji obuhvaća gornje eocenske vodonepropusne naslage Čitlučkog polja.

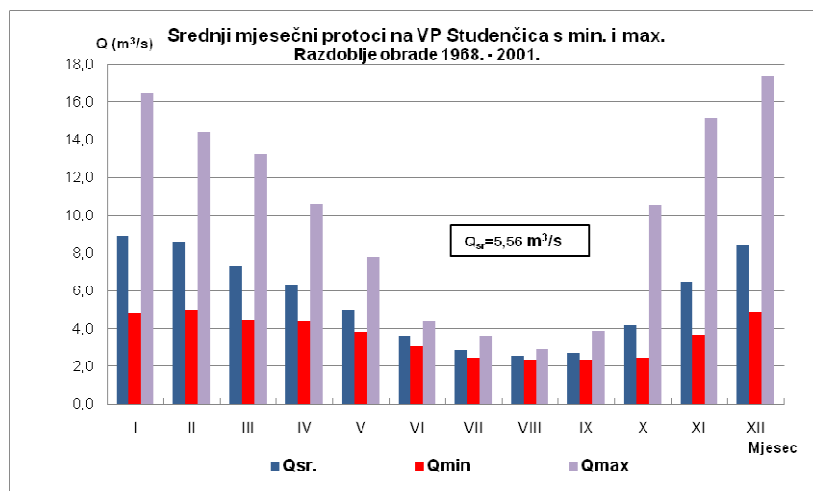
Hidrološka mjerenja

Studenčica je stalni vodotok, lijeva pritoka rijeke Trebižat. U Trebižat uvire u mjestu Donja Stubica nakon 4 km toka. Izvorišnu zonu formiraju vrela Studenci koja se sastoje od tri jača vrela: Kajtavovina, Vakuf i Mlinice. Pored ova tri stalna vrela, povremeno u jesen, zimu i proljeće aktivira se i vrelo Lukoč koje presušuje tijekom ljetnog razdoblja.



Slika 44. Srednji godišnji protoci na VP Studenčica i srednjih godišnjih padalina na MP Ljubuški (7)

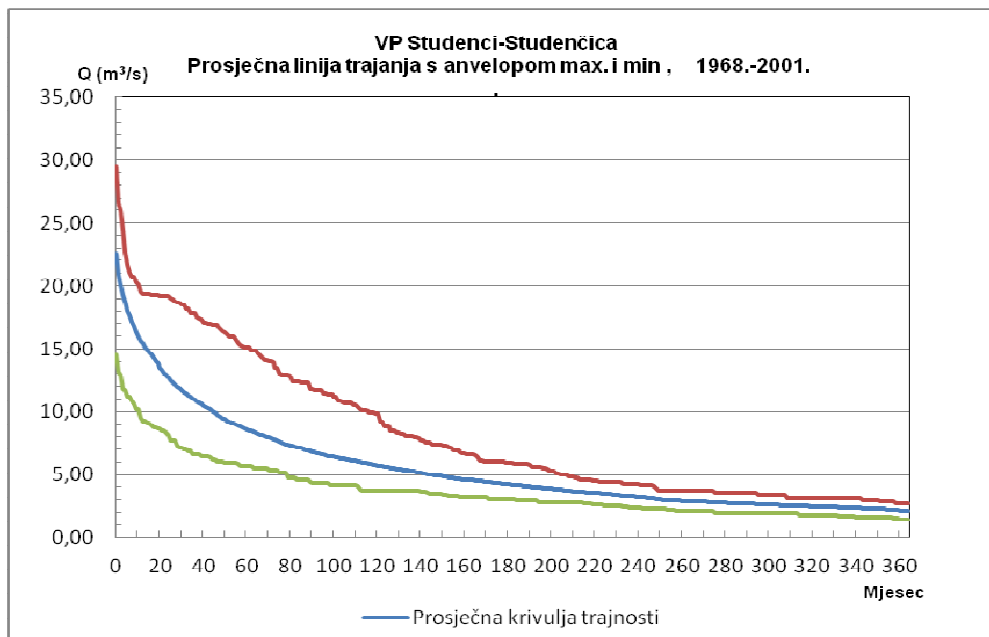
Na slijedećem dijagramu je prikaz godišnje raspodjele srednjih mjesečnih protoka za VS Studenci-Studenčica, sa anvelopama maksimuma i minimuma, za razdoblje obrade 1968.-2001. godina:



Slika 45. Srednji, minimalni i maksimalni mjesečni protoci na VP Studenčica(7)

Očigledne su amplitude srednjih mjesečnih protoka, naročito u zimskom razdoblju godine, dok ljeti nisu toliko izražene. Srednji protok rijeke Studenčice na VS Studenci, a koji ne obuhvaća izvore i vrela nizvodno od Kajtavine, za razdoblje obrade 1968.-2001. godina, iznosi $Q=5,56 \text{ m}^3/\text{s}$.

Značajan hidrološki parametar je linija trajanja protoka, odnosno unutar-godišnja raspodjela otjecanja – prosječna sa anvelopama maksimuma i minimuma:



Slika 46. VP Studenčica – prosječna, minimalni i maksimalnih trajanja protoka(7)

Trasiranje podzemnih voda na ponoru Lukoč

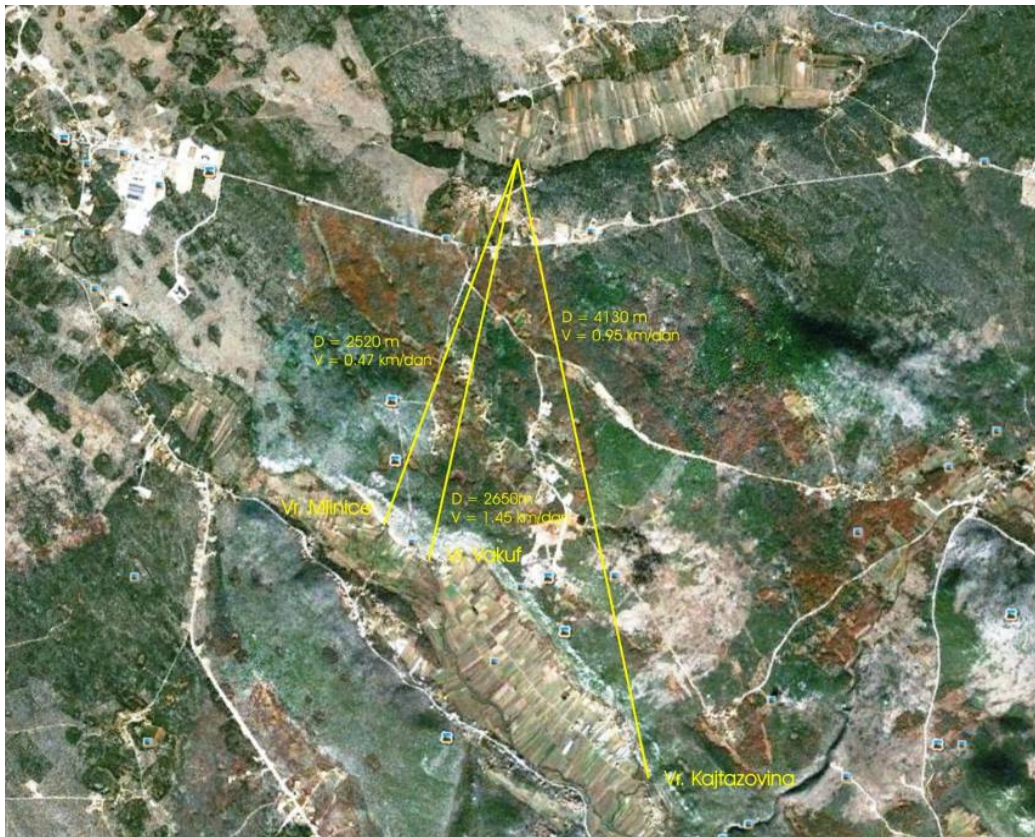
Ponor u potoku Lukoč (lokacija Tokić – Ostojić) utvrđena je podzemna veza s vrelom Kajtažovina u slivu Studenčice. Na žalost detaljniji podaci provedenog ovog trasiranja, osim konstataciji da je utvrđena podzemna veza sa vrelom Kajtažovina, nisu bili dostupni.

Trasiranje podzemne vode na ponoru ispod zaseoka Glavica u Cernu

Radi potvrđivanja rekonstrukcije pravaca podzemnih tokova i brzina tečenja podzemnih voda na slivnom području vrela Studenčice je obavljeno trasiranje podzemne vode kroz ponor ispod zaseoka Glavica u jugozapadnom dijelu Cerna.

Razvodnice sliva vrela Studenčice

Sliv vrela Studenčice definiran je hidrogeološkim razvodnicama koje trebaju odgovarati hidrološkom razdoblju velikih voda. S obzirom da se radi o izrazito okršenom području, hidrogeološke razvodnice su uglavnom podzemne duž tjemena velikih antiklinalnih formi, a jednim manjim dijelom su površinske na kontaktu okršenih stijena i slabo propusnih naslaga. Kod određivanja pozicije razvodnica korišteni su prethodno opisani kriteriji mehanizma razvoja okršavanja na ovom području.

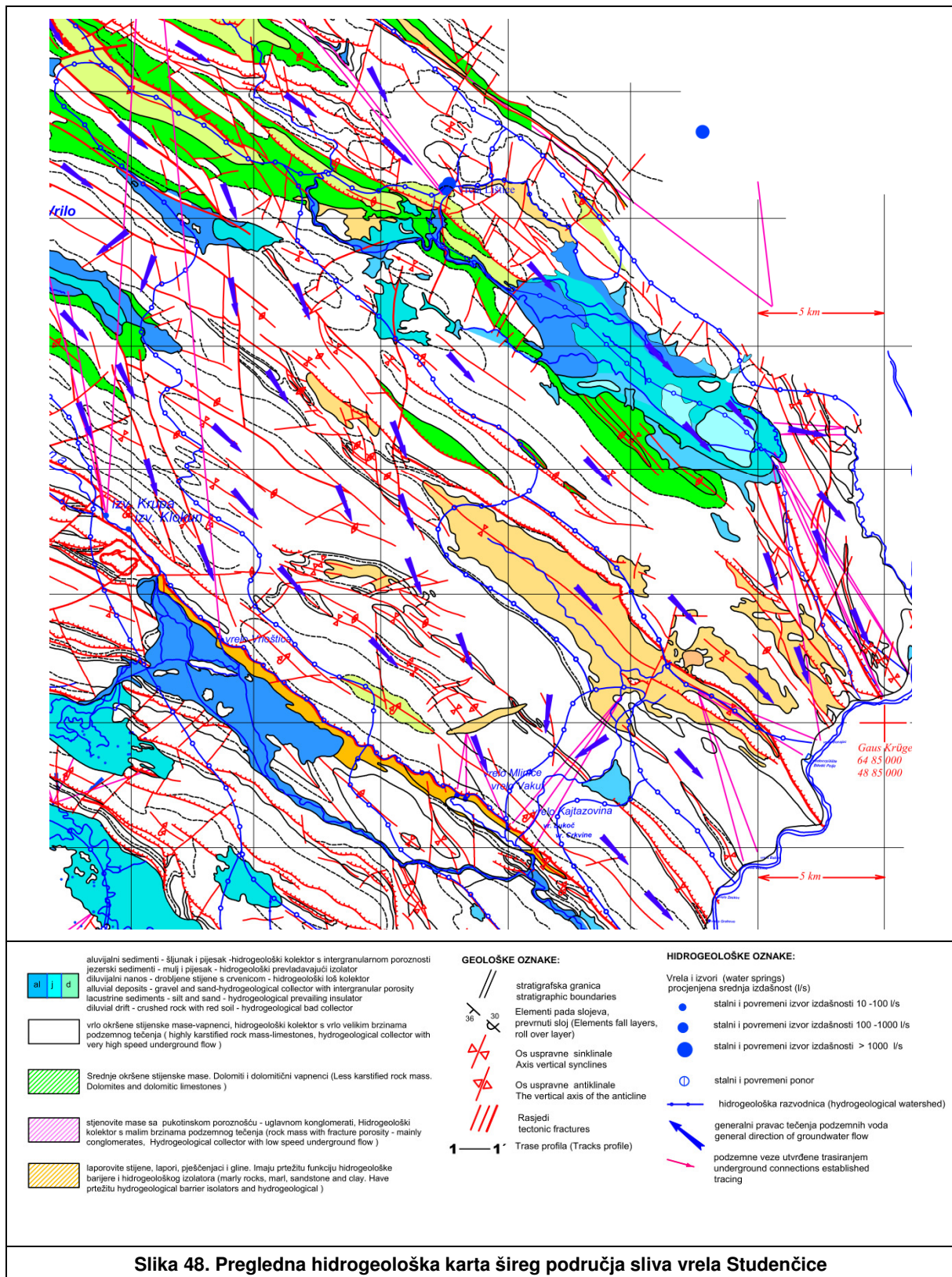


Slika 47. Utvrđene podzemne veze preko ponora u jugoistočnom Cernu (7)

Razvodnica je od vrela Kajtavovina približno postavljena tako da obuhvati Zidanu gomilu i dalje u pravcu sjeveroistoka upravno na strukture. Približno je paralelna koritu potoka Lukoč. Naime vode potoka Lukoč su vrlo zagađene i njihov utjecaj je vidljiv najviše na vrelu Crkvine neposredno ispod crkve u koritu Studenčice.

Znatno manji utjecaj je na izvoru Lukoč, a na vrelu Kajtavovina se prema nalazima kvalitativnih analiza vode u razdobljima malih, srednjih pa i srednjih velikih voda je relativno mali ili ne postoji.

Razvodnica koja bi odgovarala velikim vodama je postavljena u pravcu sjeveroistoka cca 500 m prije uzvišenja Jelina Glavica je u pravcu sjeverozapada približno po tjemenu gornje kredne antiklinale, sa jugozapadne strane obilazi uzvišenje Drežanj prema zaseoku Petrovići gdje je postavljena nešto istočnije od osi antiklinale kako bi obuhvatila veliki produžni rasjed i nekoliko velikih poprečnih rasjeda koji prema strukturno tektonskim odnosima i intenzitetu okršavanja na površini terena duž njihove trase, zasigurno usmjeravaju podzemne vode prema tektonskoj depresiji Lipno i dalje prema vrelima Studenčice.



U području Gornjih Hamzića razvodnica je postavljena dijelom preko relativno tankih krovinskih slabo provodnih naslaga gornjeg eocena gdje obuhvaća sliv potoka Dračevac i ponor preko kojeg vode povremenog tečenja poniru u podzemlje. S obzirom na postojanje velikog broja dijagonalnih rasjeda na ovom dijelu terena koji su orijentirani u pravcu Lipna opravdano je smatrati da sliv ovog potoka pripada slivu vrela Studenčice.

Sa sjeveroistočne strane Hamzića razvodnica je hidrogeološka površinska na kontaktu okršenih vapnenaca i slabo provodni gornje eocenskih naslaga. Dalje je razvodnicom obuhvaćena zona boginjavog krša na dijelu područja Trtla planine i sinklinalna forma uz čelo navlake sve do Turčinovića. Na ovom području razvodnicom je obuhvaćen dio povremenog toka Mokašnica i uvala Bukovac te dalje u pravcu sjeverozapada gdje okružuje nekoliko većih gornje krednih sinklinalnih formi.

Razvodnica je dalje postavljena duž čela navlake Dobrkovići, zaobilazi dolomite ($K_{1,2}$) u tjemenu velike antiklinale u području Rujan i obuhvaća gornje krednu sinklinalu od krajnjeg jugoistočnog dijela Rastovače do Kočerina.

U tom dijelu terena razvodnica obuhvaća sjeveroistočne dijelove Kočerinskog polja i u pravcu jugozapada se pruža do Dragičine i jugoistočnog dijelu Grudskog polja gdje je postavljena tako da obuhvati granicu krednih dolomita i okršenih gornje krednih vapnenaca koji u ovom dijelu terena zaliježu prema jugoistoku i u tom pravcu usmjeravaju podzemne vode.

U pravcu jugoistoka razvodnicom su obuhvaćene sve veće sinklinalne forme do Radišića. Na ovom dijelu terena je razvodnica dosta približno postavljena jer je skoro upravna na pružanje struktura, a njom se nastojalo obuhvatiti nekoliko većih dijagonalnih rasjeda koji zasigurno imaju značajnu ulogu u usmjeravanju podzemnih voda u pravcu vrela Studenčice. Ovisno od razdoblja velikih i malih voda, razvodnica sa na ovom dijelu terena vjerojatno znatno promjera prema slivu Vrioštice, odnosno vrelima Studenčice i teško je pouzdanije locirati. Strukturni odnosi, poglavito u području Radišića upućuju na mogućnost hidrogeološke povezanosti sliva Vrioštice i sliva vrela Studenčice, poglavito u razdobljima velikih i srednjih voda.

Na krajnjem jugoistoku razvodnica od Radišića je površinska duž čela Ljubuške navlake, odnosno okršenih vapnenaca i slabo propusnih gornje eocenskih laporovitih naslaga.

Na temelju ovako definirane razvodnice sliv vrela Studenčice obuhvaća površinu od preko 260 km², izdužen je u pravcu sjeverozapada sve do krajnjih jugoistočnih dijelova Rastovače u Posuškom polju.

Prihranjivanje podzemnih voda

Prema prikazanim geološkim i geomorfološkim obradama kojim su definirane zone sa različitim intenzitetom okršavanja, površina sa koje se obavlja neposredna infiltracija oborinskih voda u

podzemlje obuhvaća oko 225 km², površine tzv. pokrivenog krša iznose oko 35 km² i površine izgrađene od dolomita oko 22 km².

Na zonama pokrivenog krša u razdobljima velikih voda se povremeno formiraju kraći tokovi i povremena plavljenja. To se odnosi na Kočerinsko polje, zatim Mokro Polje, sjeverozapadni dio Gornjih Hamzića te područje polja Cerno.

Izuzetak predstavljaju vode potoka Lukoč koje u razdobljima velikih voda imaju djelomičnog upliva na podzemne vode vrela Studenčice. O veličini tog utjecaja nema pouzdanijih podataka. Može se samo naslutiti iz stupnja zagađenosti voda vrela Kajtažovina, sa kojim je utvrđena podzemna hidrogeološka povezanost, da je ona vrlo mala, a s obzirom na ukupnu izdašnost vrela zanemariva.

Pravci podzemnog tečenja

Na temelju strukturno tektonskih odnosa i rezultata rekonstrukcije razvoja okršavanja na slivnom području vrela Studenčice približno su određene primarne zone koncentracije podzemnih voda. Prema ovoj raščlambi na slivnom području postoji jedna velika drenažna zona (A) koja se pruža približno središnjim dijelovima sliva i prema kojem se dreniraju nekoliko sekundarnih slivova.

U jugozapadnom dijelu sliva postoje uvjeti za formiranjem jednog manjeg drenažnog pravca (B), a u krajnjem istočnom dijelu jedan još manji, za kojeg je trasiranjem utvrđena hidrogeološka veza sa potokom Lukoč (C).

Brzine tečenja podzemnih voda

Pokazatelj o brzini tečenja podzemnih voda su rezultati trasiranja. Na području slivnog područja obavljena su dva trasiranja podzemne vode od kojih su rezultati trasiranja u ponoru ispod zaseoka Glavica vrlo pouzdani. Utvrđene su brzine od 0,95 km/dan prema vrelu Kajtažovina, prema vrelu Vakuf 1,45 km/dan i prema vrelu Mlinice 0,47 km/dan.

Očito su poniruće voda na trasiranom ponoru u dominantnom pravcu podzemnog tečenja prema vrelu Vakuf. Očekivati je da su i na ostalim dominantnim pravcima podzemnog tečenja slične, kao parametar za utvrđivanje zaštitnih zona je usvojena izmjerena brzina podzemnog tečenja od 1,5 km/dan

Bilanca podzemnih voda

Bilancu podzemni voda kojom bi se obavila kalibracija izdvojenog sliva je nemoguće utvrditi iz razloga jer ne postoje podaci o izlazima i količinama podzemnih voda koje prihranjuju aluvijalne naslage uz korito Trebižata. Mjereni podaci na terenu se odnose samo na tri vrela Studenčice i ne obuhvaćaju

izlaze nizvodnih vrela niti maskirane izlaze kroz aluvijalne naslage u koritu Trebižata od vrela Kajtažovine do ušća u Neretvu.

U bilanci podzemnih voda koje se pojavljuju na vrelima Studenčice i izlazima nizvodno od njih, sudjeluju vode oborina. Određene anomalije u proračunu bilance mogu unijeti vode iz potoka Lukoč. Međutim kako se radi o relativno malom utjecaju u razdoblju vrlo velikih voda, mogući utjecaj na ukupnu bilancu se može smatrati zanemarivim.

Na temelju registriranih o obrađenih srednjih godišnjih i mjesečnih oborina za područje sliva i utvrđene površine od 270 km² moguće je dati približnu bilancu srednjih godišnjih voda na vrelu Studenčice.

Površina sliva obuhvaćena okršnim stjenovitim masama iznosi oko 225 km², površine tzv. pokrivenog krša iznose oko 35 km² i površine izgrađene od dolomita oko 22 km².

Ulazni podaci za proračun bilance podzemne vode za područje okršnih stjenovitih masa je:

$$Q_{sr} = \frac{A_{sl} \cdot I \cdot C}{31,5 \cdot 10^{-6}}$$

Q_{sr} = računati srednji protok

A_{sl} = utvrđena površina sliva (225 km²)

C = koeficijent infiltracije (0,8-0,9)

I = srednje godišnje oborine (1412 l/m²)

Proračunom se dobiju srednji godišnji protok od

Q_{sr} = 8,0 - 9,0 m³/s

Ulazni podaci za proračun bilance podzemne vode za područje pokrivenog krša je:

$$Q_{sr} = \frac{A_{sl} \cdot I \cdot C}{31,5 \cdot 10^{-6}}$$

Q_{sr} = računati srednji protok

A_{sl} = utvrđena površina sliva (35 km²)

C = koeficijent infiltracije (0,3-0,5)

I = srednje godišnje oborine (1412 l/m²)

Proračunom se dobiju srednji godišnji protok od

Q_{sr} = 0,5 - 0,8 m³/s

Ulazni podaci za proračun bilance podzemne vode za područje izgrađenog od dolomita i dolomitičnih vapnenaca je:

$$Q_{sr} = \frac{A_{sl} \cdot I \cdot C}{31,5 \cdot 10^{-6}}$$

Q_{sr} = računati srednji protok

A_{sl} = utvrđena površina sliva (22 km²)

C = koeficijent infiltracije (0,5-0,6)

I = srednje godišnje oborine (1412 l/m²)

Proračunom se dobiju srednji godišnji protok od

Q_{sr} = 0,5 - 0,6 m³/s

Prema navedenom izračunu bilance podzemnih voda koje istječu na vrelima Studenčice i svim izlazima nizvodno od ovih vrela do ušća u Neretvu iznosi:

$$Q_{\text{ukupno srednje}} = 9,0 - 10,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Moguće dotoke iz područja Velike gradine i Crnog vrha na desnoj obali Trebižata je vrlo teško i prognozirati, s obzirom da sa tog područja podzemne vode otječu prema močvarnom dijelu ušća Trebižata u Neretvu i samo korito Trebižata.

2.4. SLIV VRELA MODRO OKO I KLOKUN

2.4.1. Geomorfološke karakteristike

Geomorfološke karakteristike istraživanog područja predstavljaju rezultat složenih geoloških, litoloških, hidrogeoloških i klimatoloških procesa. U sklopu razvedenog reljefa čiji glavni oblici imaju dužu os orijentiranu u dinarskom smjeru (sjeverozapad- jugoistok) može se izdvojiti nekoliko osnovnih tipova reljefa. To su krška polja, zatim krške zaravni i planinsko područje. Morfološki oblici današnjeg terena uvjetovani su u prvom redu litološkim sastavom naslaga i njihovim položajem, tektonskim pokretima i djelovanjem egzogenih i endogenih faktora.

Najizraženija morfološka pojava na istraživanom području je Vrgoračko polje. Dinarskog je smjera pružanja, dužine 15 km i širine između 0.8 i 3 km. Zauzima ukupnu površinu od cca 40 km². Nadmorska visina polja iznosi od 24 do 26 m, a nagnuto je prema jugoistoku i okruženo brdima koja se izdižu do visine od preko 700 m. Ovo polje se nalazi u centralnom dijelu istraživanog područja i predstavlja ishodišni prostor osnovnog sliva izvora Klokun i Modro Oko. Vrgoračko polje vodu dobiva u sjeverozapadnom dijelu (u području Kutca) preko nekoliko povremenih ili stalnih izvora iz krške uvale Kokorića i dalje, pretpostavljamo, iz ponora u Jasena Majići, kao i iz karbonatnog dijela područja Župe Vrgoračke.



Slika 49. Plavljenje Vrgoračkog polja

Povremeni vodotok u Jasena Majićim završava u prostranom ponoru na kontaktu flišnih naslaga i eocenskih vapnenaca.

Sa sjeveroistočne i istočne strane Vrgoračkog polja je polje Rastok na nadmorskoj visini od 58 do 62 m.n.m. Polje je zatvoreno prema jugu brdom Gradina, a sjeveroistočno i istočno Malim Pologom.

U geomorfološkom pogledu zanimljivo je područje Bačinskih jezera koja su ustvari krypto depresija, površine su oko 1,4 km², maksimalne dubine do 34 m. To su jezera Plitko (Podkušnac) dubine do 5,5 m koje je kanalom spojeno sa jezerom Podgora dubine do 10 m. Najveće je jezero Očuša površine oko 0,55 km² i dubine do 19,6 m.

2.4.2. Hidrogeološke karakteristike

Tečenje podzemnih voda i razvodnice sliva

Slivno područje izvorišta Klokun i Modro Oko je izrazito okršeno unutar kojeg podzemne vode dosta brzo teku kroz zamršenih sustav podzemnih kanala. Utvrditi granice slivnog područja je za navedene krške uvjete izuzetno teško iz razloga jer se radi o hidrogeološkim, poglavito podzemnim razvodnicama koje su uz to dinamične i zavise od hidrološkog razdoblja. Razvodnice i pravci podzemnog tečenja su rezultat pravaca razvoja i intenziteta okršenosti stjenovitih masa na površini i u podzemlju. Okršavanje je opet u najvećoj mjeri rezultat strukturno tektonskih i litoloških karakteristika stjenovitih masa.

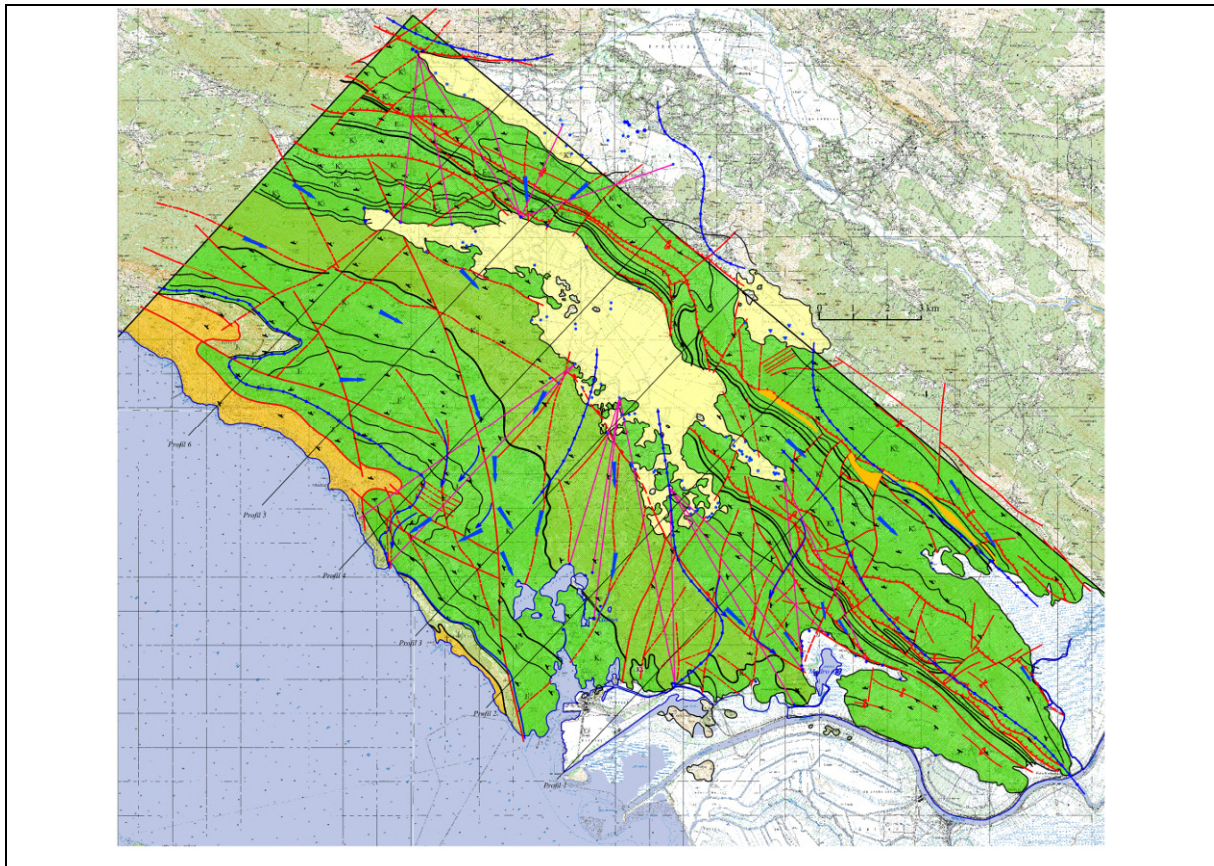
Iz tog razloga je za približnu procjenu razvodnica slivnog područja u razdoblju velikih voda moguće približno prognozirati na temelju rezultata trasiranja podzemnih voda, hidrogeološke raščlambe detaljno snimljenih geoloških podataka na površini terena i raščlambe stupnja okršenosti na površini terena.

Hidrogeološka obilježja na površini terena

Vrela

Pojava stalnih i povremenih vrela u području izvorišta je uglavnom skoncentrirano oko izvorišta Modro Oko iz razloga jer se sva ta vrela javljaju na kontaktu okršenih vapnenaca i slabo propusnih jezerskih taložina. Sva vrela i izvori su preljevnog karaktera i osim nekoliko djelomično kaptirani sva su uglavnom maskirana. Najveće vrelo je svakako Modro Oko sa malim jezerom koji u suštini maskira osnovno vrelo. Nešto dalje je Čupića vir, zatim Mateljkov vir, dalje je Šišino vrilo te Šetkino vilo i Strimen koje je uredno kaptirano. Oko njih se još javlja ju četiri manja izvora. Najudaljenije je Grgića vrilo sa prateća manja tri izvora.

Oko izvorišta Klokun na površini je registrirano samo jedan stalni izvor Očuša koje se ulijeva u jezero Podgora, te registrirana je pojava podzemne vode u dovodnom tunelu. Nedostatak stalnih i povremenih izvora na površini je svakako posljedica pražnjenja velikog krškog sliva ispod razine jezera.

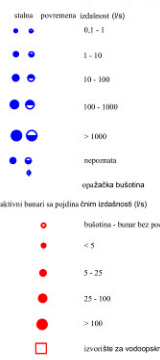


KAZALO :

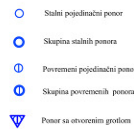
GRAFIČKI PRIKAZ	HIDROGEOLOŠKI OPIS STJENOVITIH MASA
	Hidrogeološki kolektor sa intergranularnom poroznošću izgrađen od aluvijalnog šljunka i pijeska sa primjesama karbonatne prašine i glinenog materijala
	Hidrogeološki izolator izgrađen od jezerskog organogenog mulja sa sitnim pijeskom sa slabom intergranularnom poroznošću.
	Vapnenačke stjenovite mase koje u sklopu terena imaju funkciju hidrogeološkog kolektora i dobrog provodnika sa jako razvijenom pukotinskom i kavernozaom poroznošću.
	Vapnenačke stjenovite mase sa proslojcima dolomita sa pukotinskom poroznošću. Moguća kavernozaost je razvijena jedino u užoj zone vrlo velikih tektonskih lomova. U sklopu terena ima funkciju kolektora sa srednjom provodnošću.
	Dolomiti i dolomitni vapnenci sa proslojcima vapnenaca. Hidrogeološki kolektor sa promjenjivom provodnošću. U sklopu šireg terena ima funkciju djelomične hidrogeološke barijere.
	Dolomitne stijene sa vrlo slabom pukotinskom poroznošću. U sklopu terena ima funkciju hidrogeološke bočne barijere i podinskog izolatora.
	Laporovite gline, zaglinjeni pijesak, laporoviti škriljci i lapori koji se pojavljuju uz čelo navlake i velikih rebrskih lomova. Imaju vrlo slabu provodnost i u sklopu terena imaju funkciju hidrogeološke visee bočne barijere i podinskog izolatora.

1
2
3
4
5
6
7

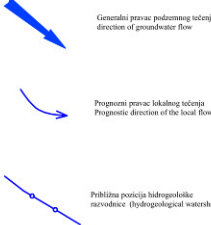
Vrela i izvori (water springs)



Ponori



Podzemni tokovi



Slika 50. Pregledna karta šireg područja izvorišta Klokun i Modro oko

1. Alluvial deposits, gravel and sand. Hydrogeological collector with intergranular porosity; 2. Organogenic lacustrine silt, hydrogeological insulator; 3. Karstic limestone, hydrogeological collector with a high speed underground flow; 4. Limestone and dolomite, very karst area in large tectonic fractures; 5. dolomite with minor amounts of limestone. Scattered terminated. The predominant function of hydrogeological side barriers and isolators; 6. dolomite rocks with low fracture porosity. It has the function of hydrogeological insulators; 7. marly clay, hydrogeological insulator and side hydrogeological barrier.

Od ostalih pojava svakako je velika vrulja Žrnovnica, izvor Vodice na obali mora, a u području Vrgoračkog polja od kojih su značajni izvori Matice Kruška i Vučija, tu je i vrelo Butina, zatim izvori Stinjevac, Lukavac i Vir. Svi se pojavljuju duž sjevernog oboda Vrgoračkog polja na kontaktu jezerskih slabo propusnih naslaga i okršenih vapnenaca.

Ostali izvori su povremenog karaktera, međutim u razdobljima velikih voda vrlo izdašna čak i po nekoliko m³ v/s.



Slika 51. Aktivnost vrela u zapadnom dijelu Vrgoračkog polja



Slika 52. Izvorište Klokun



Slika 53. Vrelo Strimen



Slika 54. Modro Oko

Ponori

Ponori i ponorske zone uglavnom su vezane za područje Vrgoračkog polja i polja te polja Rastok i Jezerac. Uglavnom se radi o vrtačastim ponorima sa maskiranim i nerijetko otvorenim grotlom. Na prilogu 1. označene su sve pojave poniranja.

Za njih je karakteristično da se ponajviše javljaju u južnim ili središnjim dijelovima polja. Česte pojave ponora potvrđuju konstataciju ranijih istraživanja da se u zoni polja radi o pokrivenom kršu.

Tečenje podzemnih voda i razvodnice sliva

Slivno područje vrela Klokun i Modro Oko je izrazito okršeno unutar kojeg podzemne vode dosta brzo teku kroz zamršenih sustav podzemnih kanala. Utvrditi granice slivnog područja je za navedene krške uvjete izuzetno teško iz razloga jer se radi o hidrogeološkim, poglavito podzemnim razvodnicama koje su uz to dinamične i zavise od hidrološkog razdoblja. Iz tog razloga je za približnu procjenu razvodnica slivnog područja u razdoblju velikih voda moguće približno prognozirati na temelju rezultata trasiranja podzemnih voda, hidrogeološke raščlambe detaljno snimljenih geoloških podataka na površini terena i raščlambe stupnja okršenosti na površini terena.



Slika 55. Poplavljeni ponor Pod Spilom



Slika 56. Aktivan rad ponora ispod Vidrine

Rezultati trasiranja podzemnih voda na širem području mogućeg sliva

Radi razgraničenja na području ovog dijela zapadne Hercegovine, izvršena su brojna testiranja bojenjem najčešće pomoću natrijum fluoresceina.

Bojenje Škorinog ponora kod Runovića na rijeci Vrljici vršeno je dva puta.

- Prvo bojenje 29. 06.1955 god, sa 25 kg Na- fluoresceina nije dalo rezultate, jer boja nigdje nije utvrđena.
- Drugo bojenje ovog ponora sa 10 kg Na- fluoresceina obavljeno je 12.02.2000-te godine. Veza je utvrđena 29.02.2000 sa vrelom Banja u Rastok polju kod Vrgorca, zatim na vrelima u nižim poljima Vrgoračko jezero i Jezerac, odakle se podzemna veza ili veze dalje distribuiraju prema vrelima u desnoj obali Neretve kod Pruda, Norina i Modrog oka, kao i prema vrelima Klokuna i Voćuše kod Baćinskih jezera. Također je utvrđena veza sa vruljama u Žrnovnici i Gradcu na moru.

Bojenje ponora na Majića mlinici na vodotoku Vrlike i zoni Runovići-Maići gdje su registrovani gubici (poniranja) vode prije ulaska u krajnje ponore kod Sajkovića, izvršeno je 15.03.2000 god.sa 6kg Na-fluoresceina.Veza ovog ponora ostala je neutvrđena.

Bojenje ponora Šainovac (ponor Vrlike) izvršeno je 02. 10.1954. sa 10 kg Na- fluoresceina. Boja se pojavila na vrelu Tihaljine 03.10.1954 g. Drugo bojenje izvršeno je 1999 sa 1 kg Na- fluoresceina, sa podacima o rezultatima ovog opita nije se raspolagalo.

Bojenje ponora Otok (jedan od ponora Vrlike kod Šajinovca) izvršeno je 28.03.2000 g. sa 6 kg Na-fluoresceina. Veza je utvrđena 31.03.2000 g. sa vrelom Tihaljine.

Bojenje Džambinog ponora obavljeno je 22.01.2000 g. sa 4 kg Na- fluoresceina .Veza je utvrđena 23.01.2000. sa vrelom Krupa, Bucalo, Juretića vrelo, Ćutino vrelo na lijevoj obali Tihaljine.

Bojenje Perkića ponora izvršeno je 26.01.2000.sa 4 kg Na- fluoresceina. Boja se pojavila 27.01.2000. na vrelima Krupa, Bucalo, Juretića vrelo i Ćutino vrelo .

Bojenje ponora Vidrinka izvršeno je 30.01.2000. sa 5 kg Na- fluoresceina. Veza je utvrđena 31.01.2000. sa vrelima Krupa, Bucalo, Juretića vrelo i Ćutino vrelo .

Bojenje Mikulića ponora izvršeno je 02.02.2000. sa 3 kg Na- fluoresceina. Boja se pojavila 03.02.2000. na vrelima Krupa, Bucalo, Juretića vrelo i Ćutino vrelo .

Tijekom izrade projekta brane i akumulacije Klokun izvršena su još dva testiranja podzemnih voda.

- Prvo je na lokalitetu južno od Bativca gdje se u koritu Tihaljine pojavljuje zona poniranja. Ubacivanjem boje na ovom mjestu utvrđena je veza u koritu Tihaljine oko 400 m uzvodno od pregradnog mjesta.

- Također je izvršeno testiranje u lijevom boku brane ubacivanjem boje u bušotinu K-13. Veza je utvrđena nizvodno u koritu Mlade blizu Glamuzinog vrela na udaljenosti oko 700 m od bušotine K-13.

Bojenja obavljena na velika Banja - Rastoka utvrdila su podzemnu vezu sa vrelima Butina, Vučja i Studena

Sa vrelom Butina utvrđena je podzemna veza bojenjem ponora Klačina, Bezdan i Granice u Rastok polju.

Bojenje ponora Staševica 1956. Boja se pojavila na vrelu Žrnovnica i vrelu Vodice

Bojenje ponora Crni Vir (ponor Matice Vrgorske) . Boja se pojavila na Modrom Oku (brzina 1,3 cm/s), zatim na izvorima Strimen, Kapovića Vir, Banji Desanki u koncentraciji dva pžta manjoj od koncentracije na Modrom Oku, a na izvoru Grgića Vrilo u vrlo slaboj koncentraciji, dok se na izvoru Mišunov Vir boja nije pojavila.

Bojenje ponora Pod Spilom 1995. Boja se pojavila na izvorima Grgića Vir (1,31 cm/s); Šetkino Vrilo; Šišino Vrilo (1,06 cm/s); Medački Vir; Mateljkov Vir (1,08 cm/s); Kapovića Vir (1,14 cm/s); Modro Oko (1,34 cm/s); Smrdelj; Batinovića Vrilo (0,86cm/s); Čeveljuša (0,75 cm/s).

Iz rezultata obavljenih i navedenih trasiranja podzemnih voda je vidljivo sa podzemne vode koje dotječu na vrela Klokun i Modro Oko jednim dijelom pripadaju vodama iz toka Vrljike-Matica-Tihaljina-Mlada-Trebižat. Sliv obuhvaća i veliki dio polja Rastok i Vrgoračkog Polja (Jezero). Prema strukturno geološkim odnosima i rezultatima trasiranja ulaz za dio voda koje dotječu vrelima Klokun i Modro Oko je preko ponora na desnoj obali Vrljike (Škorin ponor kod Runovića) te vjerojatno i dijelu toka Mlade u području ulaza u Ljubuško Polje, gdje se ostvaruje podzemna veza prema dijelu polja Rastok i dalje prema Vrgoračkom polju i izvorištima.

Pozicija registriranih regionalnih rasjeda i strukture svakako upućuju da je dio zaleđa Biokova također pripada slivu prema vrulji Žrnovnica, Bačinskim jezerima i izvorištima Klokun i Modro Oko.

Pozicija mogućih podzemnih tokova

Bitna karakteristika podzemnog tečenja u okviru sliva izvorišta je da podzemne vode dolaze iz dva temeljna pravca. Jedan pravac je iz Biokovskog masiva i zaleđa, a drugi sa velikog sliva toka Tihljina - Trebižat, a koja su potvrdila trasiranja podzemne vode.

Na istraživanom području sve se vode dijelom dreniraju prema najvećem regionalnom tektonskom lomu "A", odakle se prelijevanjem dijele prema vrelu Žrnovnica i prema Bačinskim jezerima. Ovom drugom preljevnom pravcu pripadaju i podzemne vode koje dolaze na vrelima Klokun i Modro Oko.

Dio voda koji dolazi iz pravca Tihaljine se dijelom kaskadno prelijevaju preko Rastok polja, Jezerca i Vrgoračkog polja, a dijelom se procjeđuju ispod tih polja, s obzirom da ona predstavljaju zone tzv. pokrivenog krša.

Brzina podzemnog tečenja

Jedini pokazatelj o brzini tečenja podzemnih voda su rezultati provedenih trasiranja kojim se ustvari dobiju prividne brzine. To je jedan od bitnih parametara koji služe kod uspostave određenih zaštitnih sanitarnih zona. Vrlo obimna provedena trasiranja podzemne vode pokazala su da se radi uglavnom o brzinama od 0,8 do 1,4 cm/s, odnosno 0,7 do 1,2 km/dan. S obzirom da se kod definiranja zaštitnih zona koriste podaci koji su najnepovoljniji, usvaja se podatak da je srednja brzina podzemnog tečenja u području sliva vrela Klokun i Modro oko 1,2 km/dan, te se sa tim podatkom treba ući u proračun udaljenosti granica pojedinih zaštitnih zona.

Bilanca podzemnih voda

Za proračun bilance podzemnih voda koje se pojavljuju na izvorištima neophodni su podaci o veličini slivnog područja, srednjim godišnjim padalinama i koeficijentom otjecanja.

Međutim kako se radi o složenom hidrogeološkom sustavu koji obuhvaća dvije temeljne zone otjecanja i da su vrela i izvori koji se pojavljuju razbijenog tipa i u najvećoj mjeri maskirani, teško je dati pouzdaniji procjenu bilance podzemnih voda.

2.4.3. Klimatski parametri

Za proračun bilance podzemnih voda koje se pojavljuju na izvorištima neophodni su podaci o veličini slivnog područja, srednjim godišnjim padalinama i koeficijentom otjecanja koji za krške uvjete najčešće iznosi 0,6.

Međutim kako se radi o složenom hidrogeološkom sustavu koji obuhvaća dvije temeljne zone otjecanja i o tomu da su vrela i izvori koji se pojavljuju razbijenog tipa i u najvećoj mjeri maskirani, teško je dati pouzdaniji procjenu bilance podzemnih voda.

Za reprezentativno hidrološku postaju korišteni su podaci grada Vrgorca. Područje grada Vrgorca ima izmijenjenu mediteransku klimu. To je klimatski tipkarakterističan za Dalmatinsku Zagoru i druge prostore koji se nalaze u neposrednom zaleđu Jadranskog primorja do kojih bar djelomično dopiru mediteranski utjecaji. Mediteranski utjecaji dopiru iz doline Neretve preko polja Jezero i Rastok i

najizrazitiji su u istočnom dijelu područja. Njihov utjecaj sve više slabi idući ka zapadnim dijelovima, a najmanji je u sjevernom planinskom prostoru Šibenika i Matokita.

Ova se klima karakterizira nižim srednjim temperaturama i znatno većim količinama padalina nego u primorskom pojasu, ali je raspored padalina tokom godine zadržao mediteranski režim. Preko 70% ukupnih padalina je u zimskoj polovici godine, od početka listopada do ožujka.

Temperatura

Prema petnaestogodišnjem praćenju, u donjoj tabeli date su srednje mjesečne i godišnje temperature zraka.

Srednja godišnja temperatura je 15,0 °C. , minimalna je u siječnju, a maksimalna u srpnju i kolovozu. Temperaturna amplituda je 21,6 °C.

Oborine

Registrirane oborine na meteorološkoj postaji Vrgorac za petnaestogodišnji period pokazuju da ovo područje ima znatno veću količinu padalina u odnosu na primorski pojas, ali raspored padalina tijekom godine ima tipični mediteranski režim. Preko 70% ukupnih padalina je u zimskoj polovici godine, od početka listopada do ožujka.

Prema literaturnim podacima srednja godišnja suma oborina je:

Godišnja = 1964 mm

Srednja godišnja količina padalina iznosi 1964 mm, što je za preko 80% više nego u primorju i oko 50% više nego u delti Neretve. Međutim, srednji broj dana s padalinama u toku godine veći je za samo 4% (Vrgorac-111, Opuzen-107, Makarska-106). To znači da su padaline na području Vrgorca znatno intenzivnije, a posljedica su reljef i njegove ortografske karakteristike.

Prema navedenim hidrološkim vrijednostima, a prema statističkim pokazateljima, na slivnom području izvorišta se može smatrati realnom vrijednost koeficijenta infiltracije od 0,7.

Površina sliva je međutim dosta nedefinirana, s obzirom da se radi o složenom sustavu koji je dijelom u sprezi sa slivom toka Tihaljine.

Prema grubim procjenama ukupna površina sliva sa koje gravitiraju vode prema vrelima Žrnovnica i izvorištima i Bačinskim jezerima iznosi oko 800 km². Procjena odnosa količina voda koje istječu na

vrelu Žrnovnica i području Bačinskih jezera i izvorišta je 50: 50 , što bi značilo da bi na površinu sliva prema Bačinskim jezerima i izvorištima iznosilo oko 400 km².

Za srednje količine oborina od 1946 mm i koeficijent infiltracije od 0,7 bi proizašlo da je srednji prosječan godišnji protok podzemnih voda na potezu od Modrog Oka do Bačinskih jezera iznosi oko 50 m³/s.

Što se tiče samih izvorišta, procjena je vrlo gruba, i prema raščlambi podzemnih tečenja je manja od 10 % od ukupnih količina.

Prema dosta nepouzdanim podacima dosadašnjih mjerenja ovo bi bila i realna slika prosječne godišnje bilance podzemnih voda na ova dva izvorišta (2,3 + 2 m³/s).

2.5. IZVORIŠTE PRUD

Prud je izvor rijeke Norin, i nalazi se u naselju Prud (Republika Hrvatska), cca 11 km jugoistočno od grada Ljubuškog, neposredno uz državnu granicu s Bosnom i Hercegovinom. Prud je kraški izvor ulaznog tipa i izvire u manje jezero, iz kojeg se formira vodotok Norin. Izvor se koristi kao glavni zahvat za Regionalni vodovod Neretva-Pelješac-Korčula-Lastovo-Mljet (Hrvatska), kojim se opskrbljuje područje uz rijeku Neretvu, poluotok Pelješac i otok Korčulu. Instalirani kapacitet na zahvatu je 382 l/s.



Slika 57. – Jezero i izvorište Prud

Vrelo Prud nalazi se na desnoj obali Neretve u području močvare Uža u području Crnici. Slivno područje ovog vrela je vezano za vrlo izrasjedane i ubrane kredne i eocenske vapnence. Slivno područje pripada području vrlo jakog okršavanja.

Do sada na slivnom području, osim regionalnih hidrogeoloških kartiranja i izrade hidrogeološke karte u okviru elaborata zaštite izvorišta, nisu obavljena značajnija istraživanja.

U bilanci podzemnih voda ovog vrela, posrednu sudjeluju vode iz pravca sliva Vrioštica.

Prema hidrogeološkim odnosima na širem području mogućeg sliva ovog vrela, prihranjivanje podzemnih voda je zasigurno iz pravca Ljubuškog polja, a dijelom i iz toka rijeke Trebižata.

Iz pravca vodonosnika aluvijalnih naslaga šljunka i pijeska u Ljubuškom polju se znatan dio podzemnih voda procjeđuje o okršene vapnence koji u jugoistočnom dijelu polja uglavnom leže neposredno ispod aluvijalnog vodonosnika. Razlomna tektonika kao i strukture su usmjerene prema vrelu Prud, te se koncentracija podzemnih voda je tečenje u okršenim vapnencima usmjerava u pravcu njihovog pružanja.

Dio podzemnih voda ovog vrela se zasigurno prihranjuju jednim dijelom iz toka Trebižata i to na dijelu toka preko okršenih vapnenaca, na izlazu iz Ljubuškog polja.

Prema postojećoj dokumentaciji izvorište Prud ima veoma mali orografski sliv od cca 35 km², što iznosi svega 10-15% podzemnog sliva. Proučavani teren je dio Dinarskog krša, srednjeg pojasa i ima sve značajke dubokog krša. Trasiranje podzemnih voda izvršeno je bojanjem ponora "Vrcić" na sjevernom obodu polja Jezerca i ovim istražnim radovima dokazana je povezanost ovog ponora i izvora Prud.

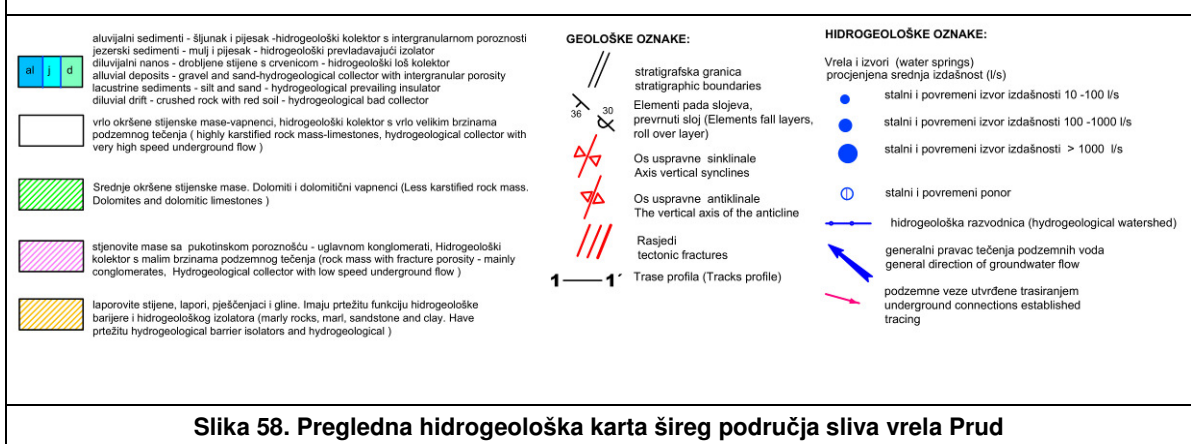
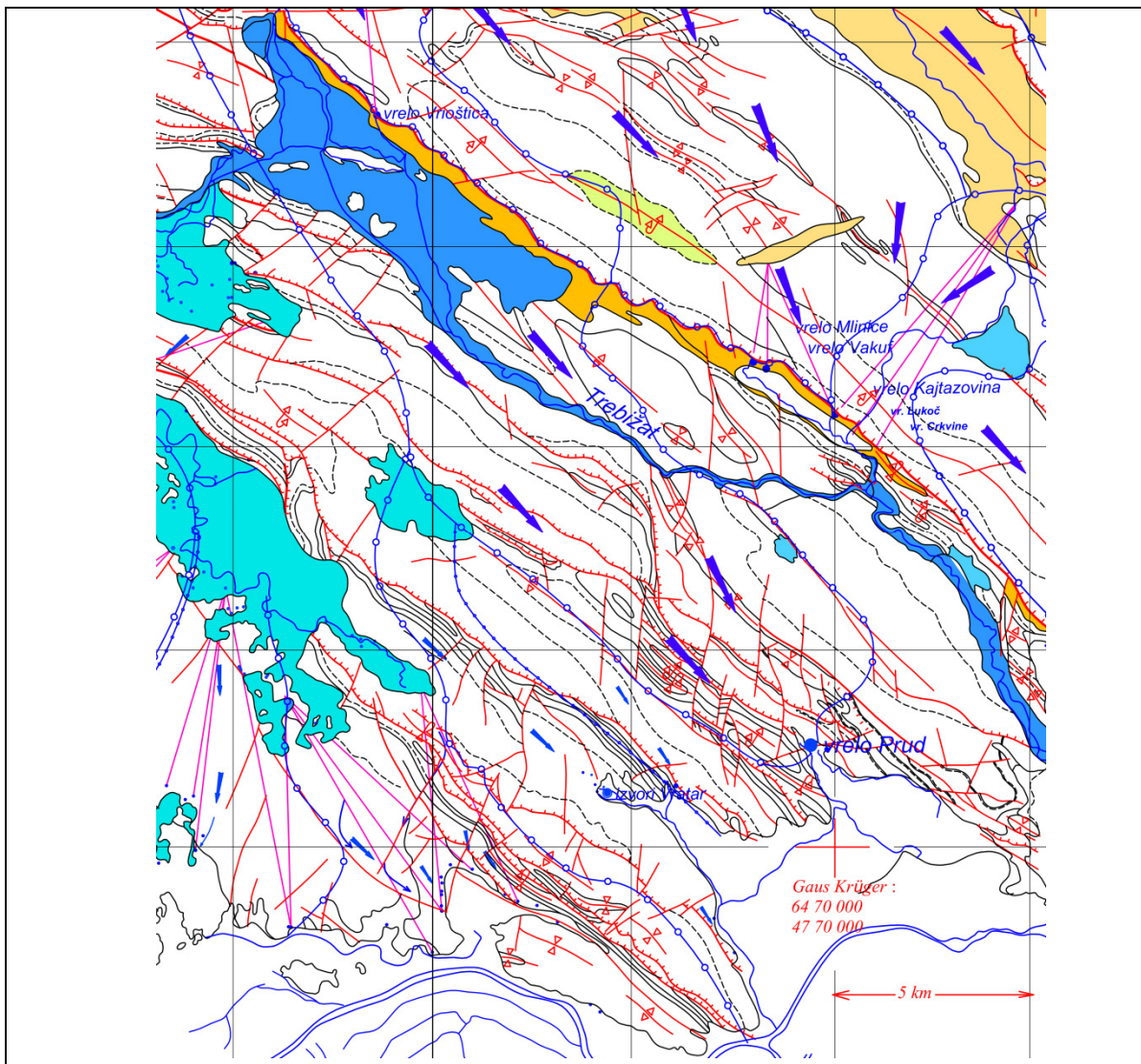
Podaci o vodostaju i protoku vrela Prud postoje za razdoblje od 1986.-1993 godine na temelju kojih je izrađen Q/H dijagram te je ocijenjeno da se izdašnost vrela kreće od

$$Q_{\text{minim}} = 2,73 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{maksim}} = 17,849 \text{ m}^3/\text{s}$$

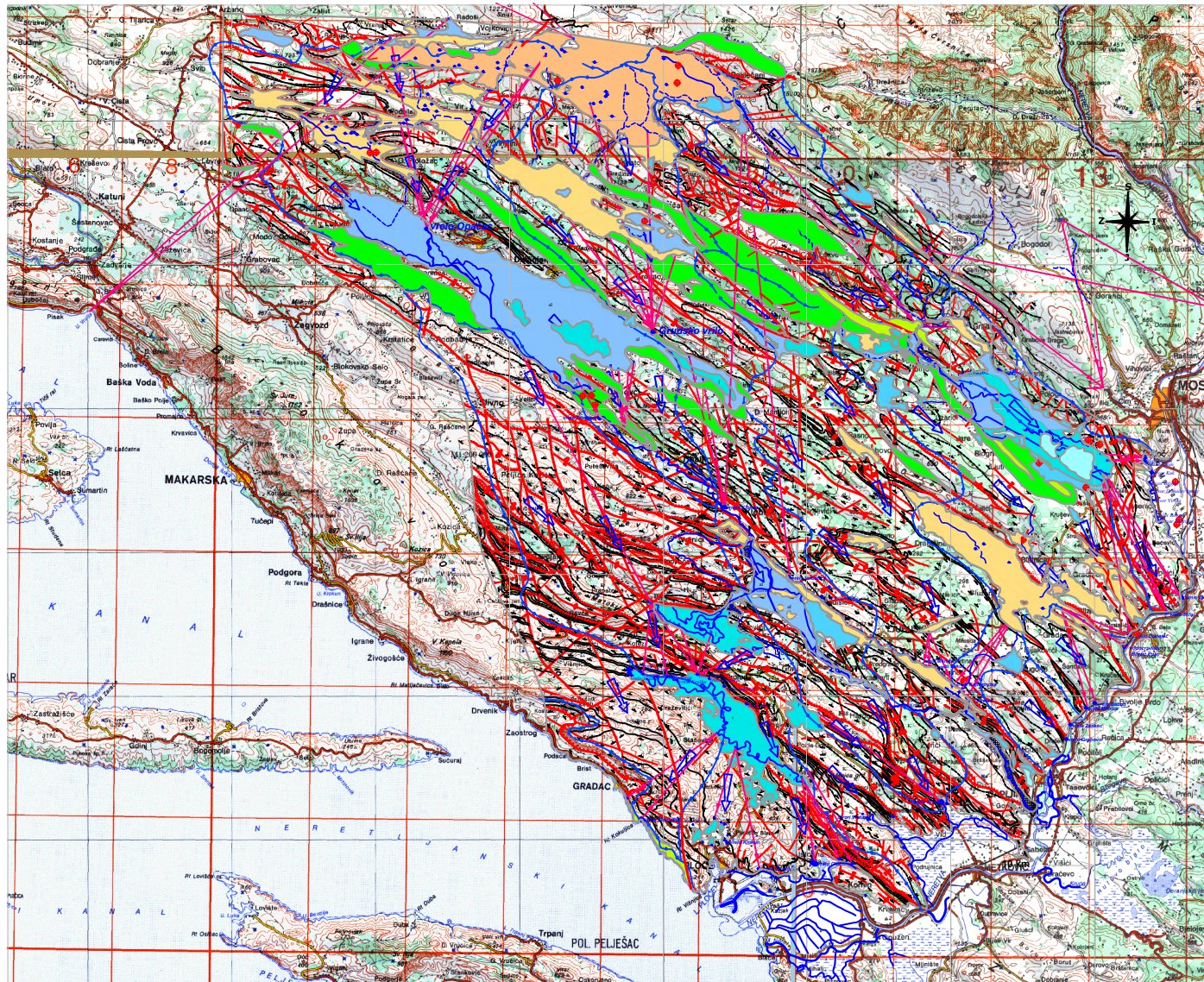
Mutnoća vode vezana je uz plavljenje polja Rastok i Jezerce. Jača zamućenja nastaju kod izdašnosti na Prudu koje su veće od 8,0 m³/s.

Jače zamućenje prosječno traje 5-10 dana, a slabijeg je intenziteta i do 2 mjeseca.



LITERATURA

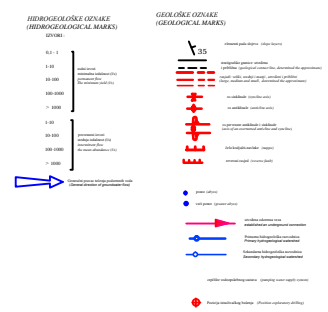
1. OGK 1:100 000, listovi Mostar, Metković, Ploče, Imotski
2. Antunović I, Zaštita izvorišta vrelo Radobolje i Studenac, mag. rad. Zagreb 2006.
3. Slišković I, Hidrogeološka karta Hercegovine, Zagreb 2000.
4. Integra d.o.o. Zaštita izvorišta Borak, Mostar 2008.
5. Integra d.o.o. Zaštita izvorišta Biletić polje, Mostar 2009.
6. Integra d.o.o. Zaštita izvorišta Bjelave, Mostar 2010.
7. Integra d.o.o. Zaštita vrelo Studenčice, Mostar 2016.
8. EP HB, Hidrološka studija T.M.T. 2010.
9. Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Hidrogeološka studija Mostarskog blata, Mostar 2007.
10. Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Hidrogeološka studija Ričine, Mostar 2007.
11. IGI, Zaštita izvorišta Opačac, Zagreb, 1989.
12. IGI, Zaštita izvorišta Prud, Zagreb 1996.
13. Razna dokumentacija Agencije sliva Jadranskog mora, Mostar
14. Razna dokumentacija HV, Split
15. Ekotours d.o.o. Zaštita izvorišta Klokun i Modro oko I faza, Zagreb 2013.

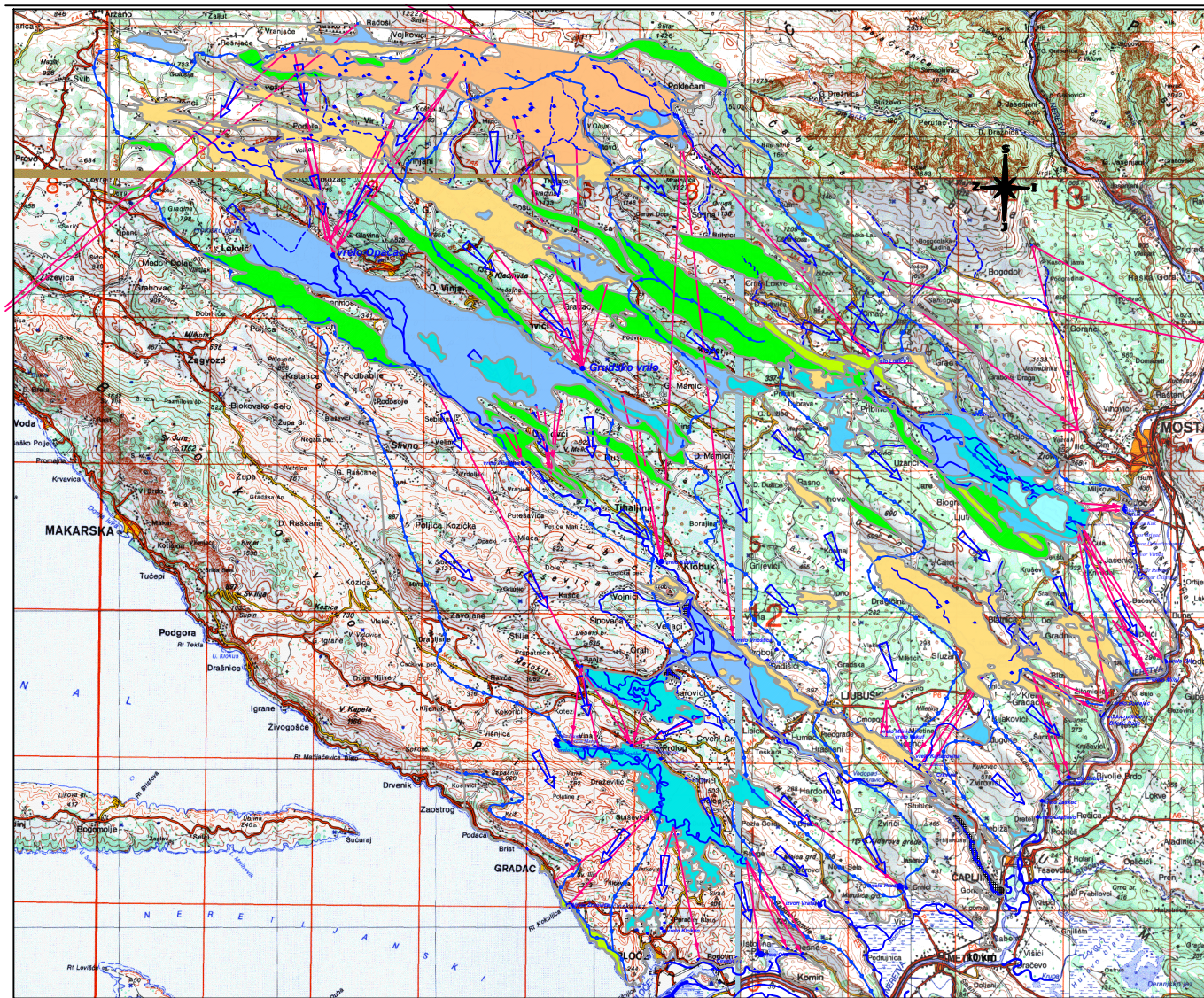


HIDROGEOLOŠKA KARTA DESNE OBALE NERETVE
 hydrogeological map of the right bank of the Neretva
 The watershed and results tracing groundwater
 1 : 200 000

HIDROGEOLOGICAL COLUMN

Šifra	Opis sloja	Litološki opis (lithological description)	Hidrogeološka funkcija (hydrogeological function)
1	Čvrsta stijena	Čvrsta stijena	Neakviferni sloj
2	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
3	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
4	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
5	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
6	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
7	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
8	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
9	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
10	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
11	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
12	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
13	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
14	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
15	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
16	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
17	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
18	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
19	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
20	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
21	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
22	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
23	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
24	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
25	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
26	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
27	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
28	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
29	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
30	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
31	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
32	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
33	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
34	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
35	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
36	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
37	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
38	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
39	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
40	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
41	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
42	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
43	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
44	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
45	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
46	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
47	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
48	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
49	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj
50	Čvrsta stijena s pukotinama	Čvrsta stijena s pukotinama	Neakviferni sloj

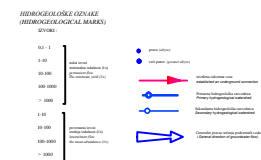


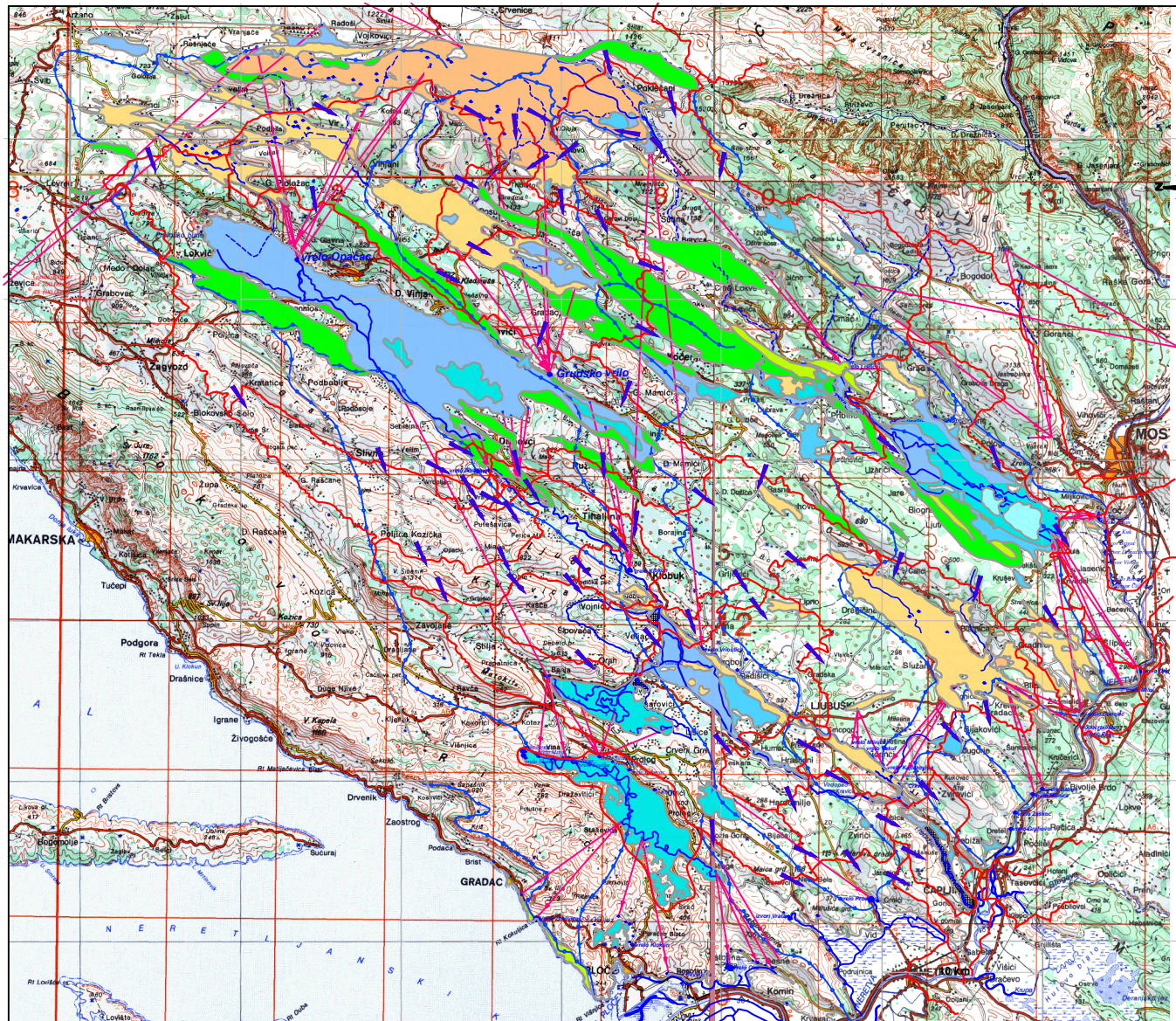


HIDROGEOLOŠKA KARTA DESNE OBALE NERETVE
RAZVODNICE I REZULTATI TRASIRANJA PODZEMNIH VODA
 hydrogeological map of the right bank of the Neretva
 The watershed and results tracing groundwater
 1:200 000

HIDROGEOLOŠKI STUP
 Hydrogeological column

ŠIFRA	STRUKTURNA OPIS (Geological description)	LITOLOŠKI OPIS (Lithological description)	HIDROGEOLOŠKA FUNKCIJA (Hydrogeological function)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50





HIDROGEOLOŠKA KARTA DESNE OBALE NERETVE
 RAZVODNICE I REZULTATI TRASIRANJA PODZEMNIH VODA I GRANICE VODNIH TIJELA
hydrogeological map of the right bank of the Neretva
 The watershed, results tracing groundwater and boundaries of water bodies
 1 : 200 000



HIDROGEOLOGICAL COLUMN

ŠIFRA	OPIS	OPIS	HIDROGEOLOŠKA I FUNKCIJA
Symbol	Symbol	Symbol	Symbol
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

