

**KRAPINSKO-ZAGORSKA ŽUPANIJA -
HIDROGEOLOŠKI I HIDROLOŠKI MONITORING NA
ZAPADNOM DIJELU IVANŠČICE S CILJEM DEFINIRANJA
BILANCE I DINAMIKE ISTJECANJA PODZEMNIH VODA**

Broj: 80/16

Predstojnik Zavoda:

Ravnatelj:

Dr.sc. Josip Terzić, dipl.inž.geol.

Dr.sc. Josip Halamić, dipl.inž.geol.

Zagreb, prosinac 2016.

NARUČITELJ:	Hrvatske vode Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb
UGOVOR:	KLASA 325-01/16-10/37, URBROJ 374-25-2-16-7 od 16.09.2016., osnovni ugovor br. 2933/16 (Hrvatski geološki institut)
IZVRŠITELJ:	HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju Sachsova 2, Zagreb
VODITELJ PROJEKTA:	Dr.sc. Ozren Larva, dipl.inž.geol.
AUTORI IZVJEŠĆA:	Dr.sc. Ozren Larva, dipl.inž.geol. Dr.sc. Josip Rubinić, dipl.inž.građ. Vinko Mraz, dipl.inž.geol.
TERENSKI RADOVI:	Josip Kolarić, inž.geoteh. Hrvoje Burić, geol.teh. Dr.sc. Ozren Larva, dipl.inž.geol. Vinko Mraz, dipl.inž.geol.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE ISTRAŽNOG PODRUČJA	2
2.1. Litološki sastav	2
2.2. Strukturno-tektonski odnosi	4
2.3. Hidrogeološke značajke područja istraživanja	5
3. HIDROGEOLOŠKI MONITORING	7
4. HIDROLOŠKI MONITORING	12
5. ANALIZA VODNE BILANCE NA SLIVNIM PODRUČJIMA IZVORIŠTA	14
5.1. Opće značajke analiziranog područja	14
5.2. Procjena elemenata globalne bilance	15
6. ZAKLJUČAK.....	25
7. LITERATURA	26

PRILOZI

1. Hidrogeološka karta priljevnog područja izvorišta M 1: 25 000

1. UVOD

Podzemna voda u vodonosnicima koji izgrađuje zapadni dio masiva Ivanšćice predstavlja iznimno vrijedan prirodni resurs Hrvatskog zagorja. Sustavna hidrogeološka istraživanja ovog područja datiraju od 90-tih godina prošlog stoljeća (Pollak, 1990; Mraz & Krsnik, 1998), a cilj im je bio analiza mogućnosti zahvata podzemne vode akumulirane u trijaskom karbonatnom vodonosniku i zaštita vodonosnika od onečišćenja. Trenutno se podzemna voda eksploatira na nekoliko izvorišta koja su uključena u sustave javne vodoopskrbe kojima upravljaju dvije tvrtke: Zagorski vodovod iz Zaboka i Ivkom-vode iz Ivanca.

U vodoopskrbnom sustavu Zagorskog vodovoda nalazi se na južnim padinama Ivanšćice izvorište Lobor. Na izvorištu su zahvati izvorske vode, zatim površinske vode vodotoka Reka i bušotinski zahvati. Ukupna izdašnost izvorišta, ne uključujući pri tom površinski zahvat, procijenjena je na 115 L/s (Larva i dr., 2013).

Na sjevernim padinama Ivanšćice, nasuprot izvorištu Lobor, smješteno je izvorište Prigorec kojim upravlja poduzeće Ivkom-vode iz Ivanca. Zahvaćena su ukupno 4 izvora ukupne izdašnosti od 110-120 L/s od čega se samo dio koristi za vodoopskrbu.

Na izvorištu Lobor izveden je početkom 1999. godine pokusno-eksploatacijski zdenac Lo-5 (Crosco, 1999) eksploatacijske izdašnosti od 40 L/s (Larva i dr., 2013). Zdenac se tek u posljednje vrijeme samo povremeno koristi, a uskoro ga se planira uključiti u sustav s punom izdašnosti. U tom će se slučaju eksploatacija podzemne vode na izvorištu povećati za oko 60%.

Prema konceptualnom hidrogeološkom modelu tog dijela Ivanšćice postoji mogućnost da izvorišta sa sjeverne i južne strane Ivanšćice dreniraju jedinstveni, hidraulički povezani karbonatni vodonosnik (Larva i dr., 2013). U tom bi slučaju povećanje eksploatacijske količine na izvorištu Lobor moglo utjecati na postojeću izdašnost izvorišta Prigorec.

Verifikacija konceptualnog hidrogeološkog modela nije jednostavna zahvaljujući složenoj strukturno-tektonskoj građi masiva Ivanšćice i hidrogeološkim značajkama terena koje ne pogoduju primjeni trasiranja za određivanje slivnog područja izvorišta. S tim u vezi, a temeljem ugovora između Hrvatskih voda (klasa 325-01/16-10/37, Urbroj 374-25-2-16-7) i Hrvatskog geološkog instituta (2933/16), Institut je preuzeo obavezu provedbe hidrogeološkog i hidrološkog monitoringa na zapadnom dijelu Ivanšćice kojem je cilj definiranje bilance i dinamike istjecanja podzemnih voda što će u konačnici omogućiti verifikaciju hidrogeološkog modela priljevnih područja razmatranih izvorišta. U skladu s programom radova izrađenim od strane Naručitelja bilo je potrebno provesti sljedeće aktivnosti:

- uspostavu hidrogeološkog monitoringa,
- uspostavu hidrološkog monitoringa i
- analizu bilance podzemne vode na slivnim područjima izvorišta Lobor i Prigorec

U izvještaju su prikazani rezultati obavljenih radova.

2. GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČJAKE ISTRAŽNOG PODRUČJA

2.1. Litološki sastav

Šire područje izvorišta pitke vode u Loboru i Prigorcu izgrađuju stijene u stratigrafskom rasponu od paleozoika do kvartara (prilog 1). Najstarije stijene su paleozojske starosti i nalaze se na sjevernim padinama Ivanšćice. Slijede stijene koje pripadaju mezozojskoj jezgri ovog dijela masiva Ivanšćice - trijasje, jursko-kredne i kredne naslage. Slijedi serija oligomiocenskih klastičnih sedimenata na koju transgredira gornjobadenska klastično-karbonatna serija. Kontinuirano i konkordantno na sedimentima gornjeg badena slijede naslage sarmata i panona. U donjem dijelu vodotoka Reke i Bučve istaložen je kvartarni potočni nanos.

Paleozoik izgrađuju karbonsko-permske klastične naslage, koje se nalaze u morfološki izraženim dubljim jarugama ispod srednjetrijskih dolomita na sjevernim padinama Ivanšćice iznad Prigorca, nedaleko izvorišta Žgano vino. U donjem dijelu sastoje se od izmjene krupnozrnatih i sitnozrnatih slabometamorfoziranih škriljavih grauvaka i tinjčastih siltita, na kojima slijede brečaste grauvake crvenosmeđe boje. U gornjim dijelovima paleozoika prevladavaju krupnozrnati pješčenjaci koji se izmjenjuju s crnim šejlovima.

Donjotrijaske (T_1) naslage taložene su kontinuirano na paleozoik. U donjem dijelu taloženi su pretežno terigeni klastiti - tankouslojeni tinjčasti pješčenjaci s prijelazom u siltite i šejlove. U gornjem dijelu naslaga dominiraju karbonati - pločasti, uslojeni, laporoviti vapnenci i vapnenački lapori, koji su procesima dolomitizacije prešli u dolomitizirane vapnence i dolomite.

Srednji trijas (T_2) u donjem dijelu izgrađuju tamnosivi dolomiti, vapnenci i dolomitne breče. U gornjem dijelu naslaga slijedi sedimentacija sitnozrnih, glinovitih vapnenaca, šejlova, pješčenjaka i rožnjaka. Njihovo taloženje prati vulkanska aktivnost s nastajanjem andezito-bazalta (β), vulkanskih breča i tufova.

Na mjestima gdje nisu taložene vulkanogeno-sedimentne naslage tamnosivi dolomiti postupno prelaze u sive i svijetlosive, debelouslojene i masivne dolomite i dolomitne breče. Intenzivna tektonika je prouzročila kataklastičnu metamorfozu i brečast habitus dolomita.

Naslage srednjeg i gornjeg trijasa (T_{2-3} , i T_3) pojavljuju se isključivo u karbonatnom razvoju. Izgrađuju veliki dio vapnenačko-dolomitnih naslaga u središnjem dijelu Ivanšćice. Sastoje se od srednjezrnatih dolomita i dolomitnih breča mjestimice s ulošcima vapnenaca, te dolomitnih intrabazenskih breča. Na sjevernoj strani središnjeg dijela karbonatnog masiva Ivanšćice česte su i dolomitne breče tektonskog porijekla.

Dolomiti su često gromadasti, mjestimice uslojeni, jako tektonski razlomljeni i rekristalizirani. Česti su stromatolitni i srednjezrnati dolomiti s ulošcima dolomitnih i vapnenačko-dolomitnih breča. Karbonatne stijene gornjeg trijasa izrazito su zdrobljene uz glavne rasjedne zone i kasnijim dijagenetskim procesima pretvorene u tektonske breče.

Nakon prekida u sedimentaciji, na prijelazu iz jure u kedu (titon-valendis, J,K) transgrediraju na korodiranu trijasku karbonatnu podlogu tankopločasti, uslojeni vapnenci,

često silificirani, u izmjeni sa šejlovima i rožnjacima. Male su debljine i protežu se u uskoj zoni zapadno od Oštrca do grebena Poklon i dalje na sjever. Manje površine zauzimaju također na rubnom, istočnom dijelu priljevnog područja izvorišta u Prigorcu.

Kredni (otriv-turon, $K_{1,2}$) vulkanogeno-sedimentni kompleks karakterizira česta nepravilna izmjena pješčenjaka, šejlova, rožnjaka, lapora, silificiranih i klastičnih vapnenaca i tufova. Prevladavaju pješčenjaci tipa grauvaka. U izmjeni s grauvakama i rožnjacima pojavljuju se šejlovi i lapori, rjeđe tanki prosljoci tufova. Uz kredni vulkanogeno-sedimentni kompleks vezane su i pojave bazičnih magmatskih stijena ($\beta\beta$)- dijabaza, spilita i spilitiziranih dijabaza.

Oligomiocenske (O₁, M) klastične naslage taložene su diskordantno na stariju, predtercijarnu podlogu na prijelazu iz gornjeg oligocena u donji miocen. Oligomiocenski klastiti zastupljeni su u baznom dijelu transgresivne serije krupnozrnatih brečama i konglomeratima. Nakon toga slijedi sedimentacija sitnozrnatih i srednjezrnatih klastita - glina, siltova i pijesaka. Kasnijim dijagenetskim procesima formirana je serija lapora, silita, konsolidiranih glina i slabo do dobro vezanih pijesaka i pješčenjaka.

Donjomiocenske (M₁) naslage izgrađuju grubi klastiti, pješčenjaci, lapori, pijesci, gline, šljunci, tufovi i ugljen. Varijabilnost facijesa i sinsedimentacijski vulkanizam ukazuju na tektonsku aktivnost tijekom njihova stvaranja. Sedimenti donjeg miocena primarno su bili transgresivni na starijim stijenama, naknadno su djelovanjem tektonskih pokreta većinom u rasjednom kontaktu.

Naslage gornjeg badena, (M₄²) izrazito su transgresivan član neogena. To su marinski sedimenti nastali u priobalnoj do plitkomorskoj sredini uz naglašenu ulogu biogenih sastojaka. Bazni dio izgrađuju breče i konglomerati od fragmenata starijih stijena masiva Ivanšćice. Debljina ovog dijela badenske formacije varira od nekoliko metara do nekoliko desetaka metara. Kod Lobora, na lokalitetu bivšeg kamenoloma kod lovačkog doma, dosežu debljinu od stotinjak metara.

Biogeni (litotamnijski) vapnenci čest su i karakterističan član gornjeg badena. To su gromadaste, mjestimice uslojene, čvrste stijene bijele do žućkastosive boje, u čijem sastavu dominiraju biogeni ostaci algi, foraminifera i školjkaša s kalcitskim vezivom (sadrže od 85-95% CaCO₃). U izmjeni s vapnencima taloženi su i pješčenjaci, a u gornjim dijelovima tortonske formacije dominiraju dobro uslojeni lapori s varijabilnim sadržajem karbonatne komponente.

Sedimenti sarmata (M₅) taloženi su konkordantno i kontinuirano na tortonskim naslagama. Na krajnjem jugozapadnom dijelu istraživanog područja kod Lobora zastupljeni su tankopločastim, uslojenim laporima sivožute i sive boje.

Kvartar je zastupljen aluvijalnim potočnim nanosom (Q) i proluvijalnim sedimentima (Q_{pr}). Aluvijalni nanos je većinom male debljine. Sastoji se od nevezanih, pretežito sitnozrnatih sedimenata (glina, silt, pijesak) s kršjem i blokovima čvrstih stijena nanesenih jačim vodnim valovima iz okolnog područja. Proluvijalni sedimenti pokrivaju manje površine kod Prigorca. Sastoje se od silta i nezaobljenih valutica, kršja i gromada stijena iz zaleđa, povremenim bujicama snažanih u nizinska područja.

2.2. Strukturno-tektonski odnosi

Ivanščica je prva planina u nizu koji se preko Strahinjščice, Kuna gore i Koštruna nastavlja u Sloveniju. Svoj je današnji izgled poprimila poslije neotektonskih izdizanja tijekom pliocena i kvartara.

U strukturno-tektonskom pogledu šire područje izvorišta Lobor pripada strukturi Veliko Kalce-Košnica, a priljevno područje izvorišta kod Prigorca strukturi Konj-Mrzljak, koja ima trokutasti oblik a granice joj čine rasjedi duž kojih je došlo do vertikalnih i horizontalnih pomaka. Hidrogeološki odnosi su uvjetovani strukturno-tektonskim sklopom i litološkom građom stijena na istraživanom području.

Paleozojsko-mezozojska jezgra Ivanščice nema jedinstvenu geološku i tektonsku građu, te se sastoji od manjih tektonskih cjelina koje obuhvaćaju površine do desetak kilometara kvadratnih i međusobno su odvojene normalnim i reversnim rasjedima, a između pojedinih strukturnih cjelina je došlo i do navlačenja. Strukturnu jedinicu Ivanščice je Šimunić (1992) podijelio prema najmarkantnijim kotama u određenoj tektonskoj cjelini: Veliko Kalce – Košnica, strukturu Konj – Mrzljak i strukturu Preputnica, te navlaku Ham – Čevo i navlaku Ljubenjčak.

Rasjed Prigorec – Lobor odvaja strukturu Veliko Kalce – Košnica od strukture Konj – Mrzljak. Rasjedi su bili najviše tektonski aktivni krajem neogena i u kvartaru, obzirom na naslage koje su zahvatili svojim djelovanjem.

Južna granica strukture Konj – Mrzljak je rasjedna zona koja se pruža između Gotalovca i Lobora. Prema Šimuniću (1992) je u južnom dijelu strukture došlo do navlačenja trijaskih dolomita preko krednih klastita tako da dolomiti od Oštrca do vrha Ivanščice postupno sužavaju zonu krednih klastita. U južnom dijelu ove strukture nalaze se brojni navlačci čije dimenzije variraju od nekoliko stotina metara do nekoliko kilometara. Najveću površinu zauzima karbonatni masiv Oštrca, a dalje prema istoku slijede trijaski karbonatni grebeni Mrzljaka, Gradinovca i Male Ivanščice.

Na priljevnom području izvora kod Prigorca najznačajniji je rasjed Prigorec – Gotalovec koji se pruža sjeveroistočnim dijelom strukture, te već spomenuti rasjed Prigorec – Lobor koji se pruža sjeverozapadnim dijelom strukture. Duž rasjeda Prigorec – Gotalovec došlo je do značajnog horizontalnog pomaka, te je određen kao transkurentni desni rasjed. Duž trase ovog rasjeda pojavljuju se izvori na kontaktu trijaskih karbonatnih stijena masiva Ivanščice i klastičnih naslaga paleozoika, trijasa i donjeg miocena. U zaleđu izvorišta Žgano vino, Bistrica, Beli zdenci i Šumi nalaze se brojni poprečni rasjedi većinom normalnog karaktera.

2.3. Hidrogeološke značajke područja istraživanja

Na temelju hidrogeoloških značajki i hidrogeološke funkcije u sklopu terena izdvojene su sljedeće stijene:

- karbonatne stijene trijasko starosti, osrednje do dobre propusnosti - vodonosnici;
- jursko-kredne i gornjobadenske stijene izmjeničnih svojstava, propusnosti slabe do osrednje, ovisno o litološkom sastavu;
- slabopropusne do nepropusne stijene – paleozojski metamorfiti i klastiti, pretežito klastične naslage donjeg i srednjeg trijasa, kredni sedimenti, srednjetrojaski i kredni eruptivi, sedimenti oligomiocena, donjeg miocena i sarmata;
- kvartarni krupnoklastični do sitnozrnati aluvijalni nanos i proluvijalni nanos slabe do vrlo slabe propusnosti.

Hidrogeološki odnosi, kao posljedica litološke građe i strukturno-tektonskog sklopa karbonatnog masiva ovog dijela Ivanščice, uvjetovali su značajna dreniranja podzemne vode u duboko usječenim, tektonski predisponiranim jarugama u trijaskim dolomitima i dolomitnim brečama.



Slika 3.1: Karbonatni masiv Ivanščice kod Lobora

Karbonatne stijene – dolomiti, dolomitne breče i vapnenci srednjeg i gornjeg trijasa bile su tijekom geološke prošlosti izložene intenzivnoj tektonskoj aktivnosti, te su ovisno o jačini i

učestalosti tektonskih pokreta razlomljene, mjestimično okršene i kavernozone. Ova sekundarna, pukotinska poroznost, naročito izražena u tektoniki predisponiranim zonama omogućuje infiltraciju dijela površinskih voda i padalina u dublje dijelove karbonatnog masiva i formiranje vodonosnika od vodoopskrbnog značaja.

Biogeni (litotamnijski) vapnenci, konglomerati i bazne breče gornjeg badena te karbonatne stijene jursko-kredne starosti formiraju kompleks slabe do srednje propusnosti. Zbog relativno male površinske i dubinske rasprostranjenosti (litotamnijski vapnenci lateralno vrlo brzo prelaze u slabopropusni laporoviti facijes) imaju znatno manji vodoopskrbni potencijal u odnosu na trijasku karbonatnu stijen.

Oligomiocenske, donjomiocenske i sarmatske naslage (pretežito sitnoklastični i pelitski sedimenti) u cjelini su slabopropusne do nepropusne. Izmjena lapora, pješčenjaka, glina i pijesaka tvori hidrogeološku sredinu koja praktički isključuje mogućnost akumuliranja značajnijih količina podzemne vode.

U skupinu slabopropusnih do nepropusnih stijena svrstani su i paleozojski klastiti i metamorfiti, zatim dominantno klastična izmjena pješčenjaka, šejlova, silita i lapora donjotrijaske starosti, te vulkanogeno-sedimentna serija srednjotrijaske i kredne starosti.

Slabopropusne do nepropusne naslage paleozojske, trijasku, krednu, oligomiocensku i miocensku starosti imaju funkciju hidrogeološke barijere kretanju podzemnih voda akumuliranih u trijaskom karbonatnom masivu ovog dijela Ivanščice.

Kvartarni nanos vodotoka je na razmatranom području slabe do vrlo slabe propusnosti (gline, pijesci, kršje, mjestimice blokovi stijena) i zbog svoje male debljine i ograničenog prostiranja bez vodoopskrbnog potencijala. Isto vrijedi i za proluvijalne naslage na području Prigorca.

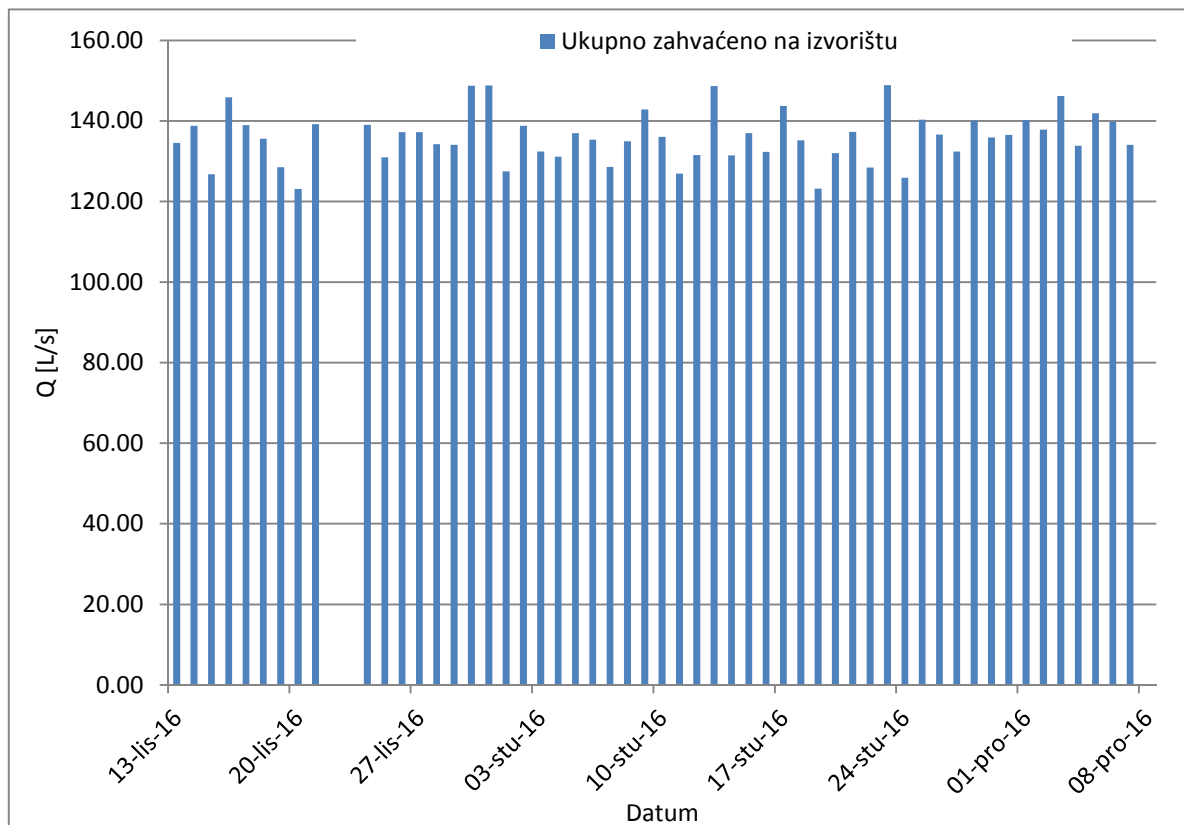
3. HIDROGEOLOŠKI MONITORING

Hidrogeološkim monitoringom obuhvaćeno je praćenje tlakova i izdašnosti na pojedinim vodnim objektima na izvorištima Lobar i Prigorec.

Na izvorištu Lobar je bilo moguće u sklopu monitoringa kojeg su obavljali djelatnici Zagorskog vodovoda pratiti pojedinačne izdašnosti zdenaca Lo-1 i Lo-5, ukupno zahvaćene količine podzemne i površinske vode i ukupnu količinu zahvaćene izvorske vode.

U okviru monitoringa kojeg je provodio HGI povremeno su mjerene izdašnosti pojedinih izvora, kontrolirani su tlakovi na piezometrima i praćene su izdašnosti bušotinskih zahvata.

Ukupno zahvaćene količine vode na izvorištu Lobar nalaze se u rasponu od 120 do 150 L/s (slika 3.1). U prosjeku je zahvaćeno 136 L/s, uključujući površinski zahvat na vodotoku Reka.

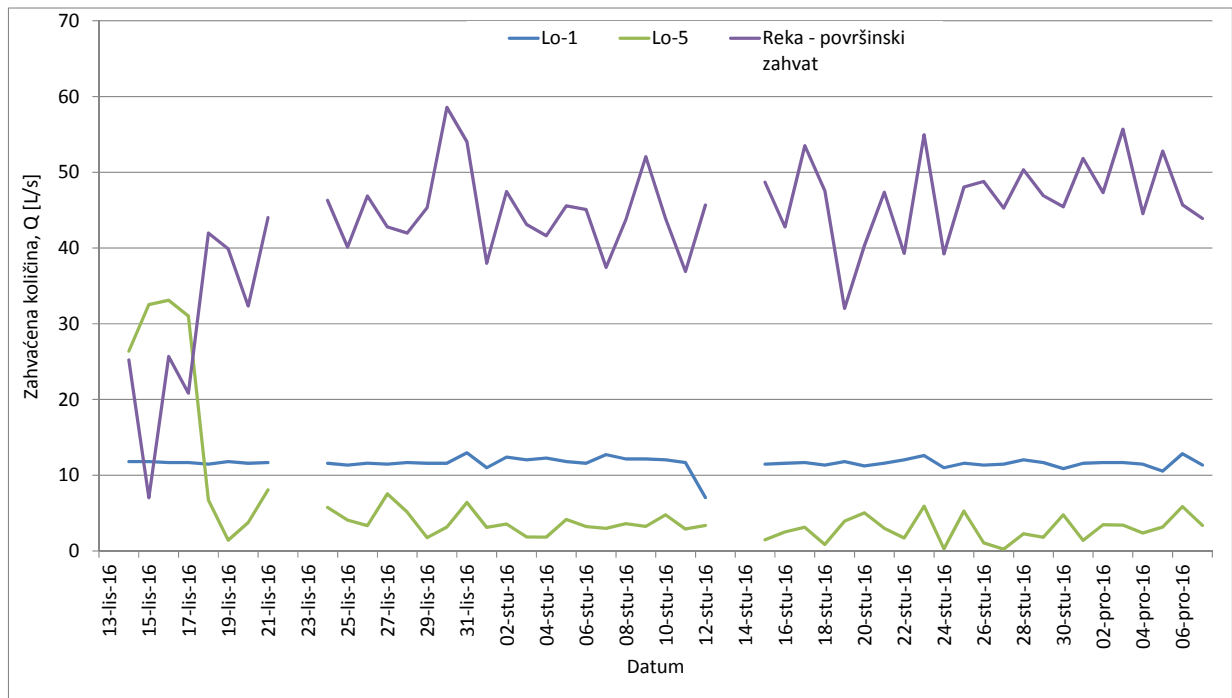


Slika 3.1: Ukupno zahvaćene količine vode na izvorištu Lobar

Zdenac Lo-5 se samo povremeno tijekom dana uključuje u svrhu popunjavanja deficita vode u sustavu, najčešće zbog zamućenja Reke i posljedičnog isključenja površinskog zahvata iz sustava. U razmatranom je razdoblju prosječna količina crpljenja na dnevnoj bazi iznosila manje od 10 L/s. Veće količine, koje su povremeno prelazile 30 L/s, zahvaćane su samo početkom listopada (slika 3.2).

Izdašnost zdenca Lo-1 ne pokazuje veće oscilacije i u prosjeku iznosi 11,6 L/s (slika 3.2). Premda praćenje izdašnosti Lo-NZ-1 nije bilo moguće zbog nedostatka vodomjera, dosadašnje iskustvo bazirano na prijašnjem monitoringu također upućuje na razmjerno ujednačenu izdašnost ovog zahvata, koja iznosi oko 11,4 L/s, koliko je i izmjereno ultrazvučnim mjerачem u prosincu ove godine (slika 3.3). Dakle, ukupna izdašnost zdenaca Lo-1 i Lo-NZ-1 iznosi oko 23 L/s.

Količina vode na površinskom zahvatu Reke varirala je u rasponu od 8 do 60 L/s. Manje zahvaćene količine upućuju na razdoblje zamućenja vodotoka, ponekad zbog jačih oborina a ponekad uslijed izvlačenja drva šumskim vlakama i sl.



Slika 3.2: Zahvaćene količine podzemne (zdenci Lo-1 i Lo-5) i površinske vode na izvorištu Lobor

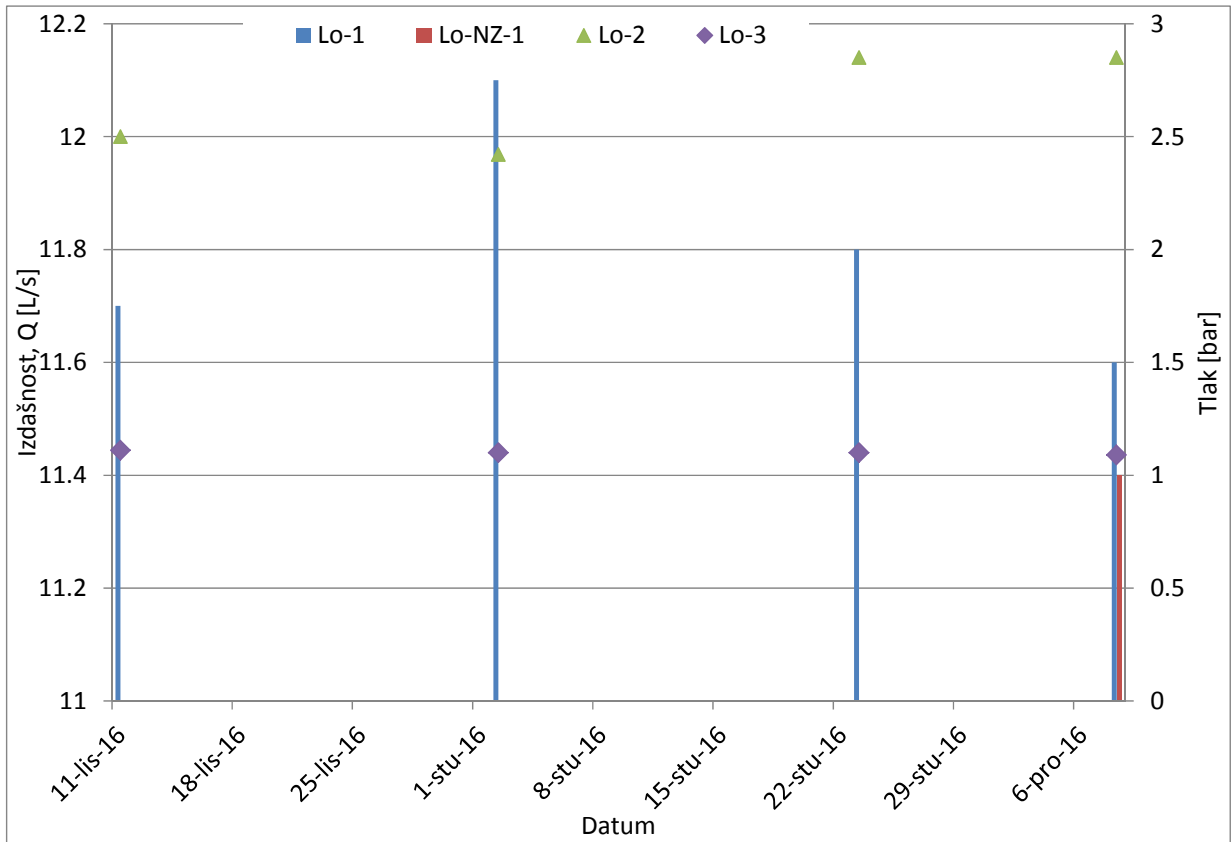
Dnevna praćenja visine vode na preljevu sabirne komore, u koju se ulijevaju sve zahvaćene izvorske vode, ukazuju na stabilnost izdašnosti ovih zahvata koja je u razmatranom razdoblju iznosila 64 L/s

Povremenim mjerenjima utvrđena je izdašnost zdenca Lo-1 u rasponu od 11,6 do 12,1 L/s, u prosjeku 11,8 – što je u skladu s rezultatima prethodno opisanog kontinuiranog monitoringa (slika 3.3).

Zbog nedostatka vodomjera izdašnost zdenca Lo-NZ-1 je izmjenjena samo jedanput ultrazvučnim mjerачem i iznosila je 11,4 L/s (slika 3.3).

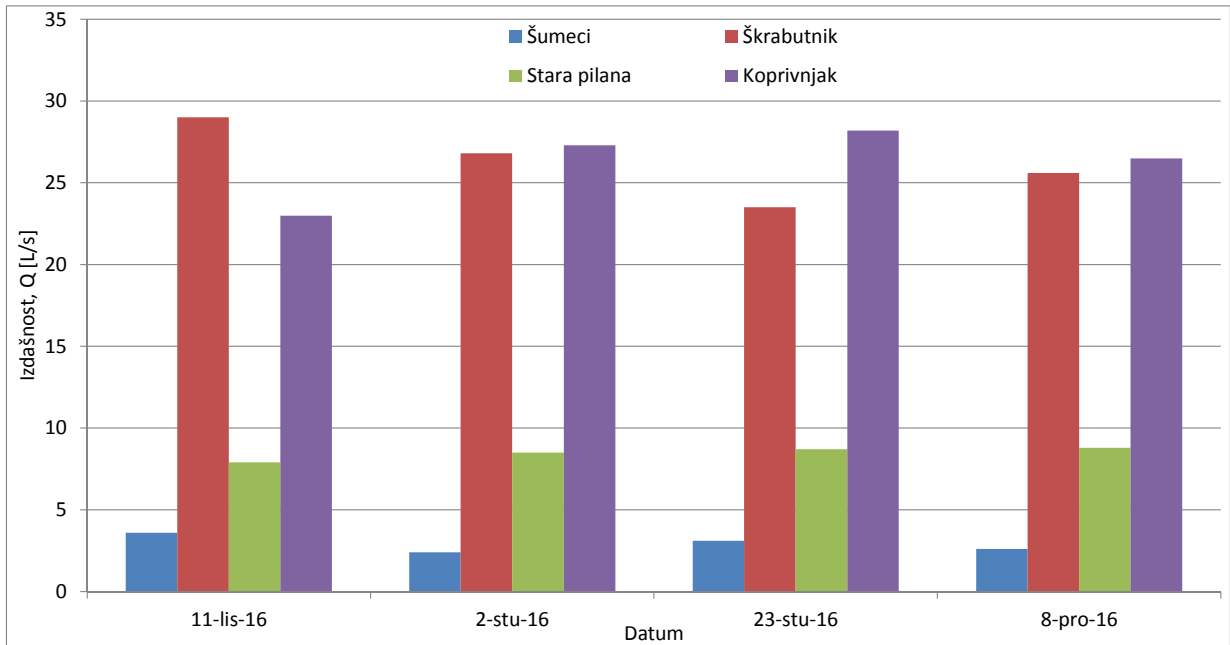
Tlakovi u vodonosniku su mjereni na piezometrima Lo-2 i Lo-3 (slika 3.3). Rezultati ne pokazuju značajne oscilacije, što je bilo očekivano zbog kratkotrajnog opažanja i hidrogeoloških značajki vodonosnika. Eventualne promjene hidrodinamičkih odnosa bit će moguće registrirati nakon dužeg praćenja tlakova u piezometrima i osobito ako se utjecaj

povećanja količine zahvaćanja arteške vode na zdencu Lo-5 u sljedećim fazama istraživanja proširi na zonu vodonosnika koja se prostire uzvodno od stanice Zagorskog vodovoda.



Slika 3.3. Izdašnost zdenaca i tlakovi u piezometrima na izvorištu Lobor

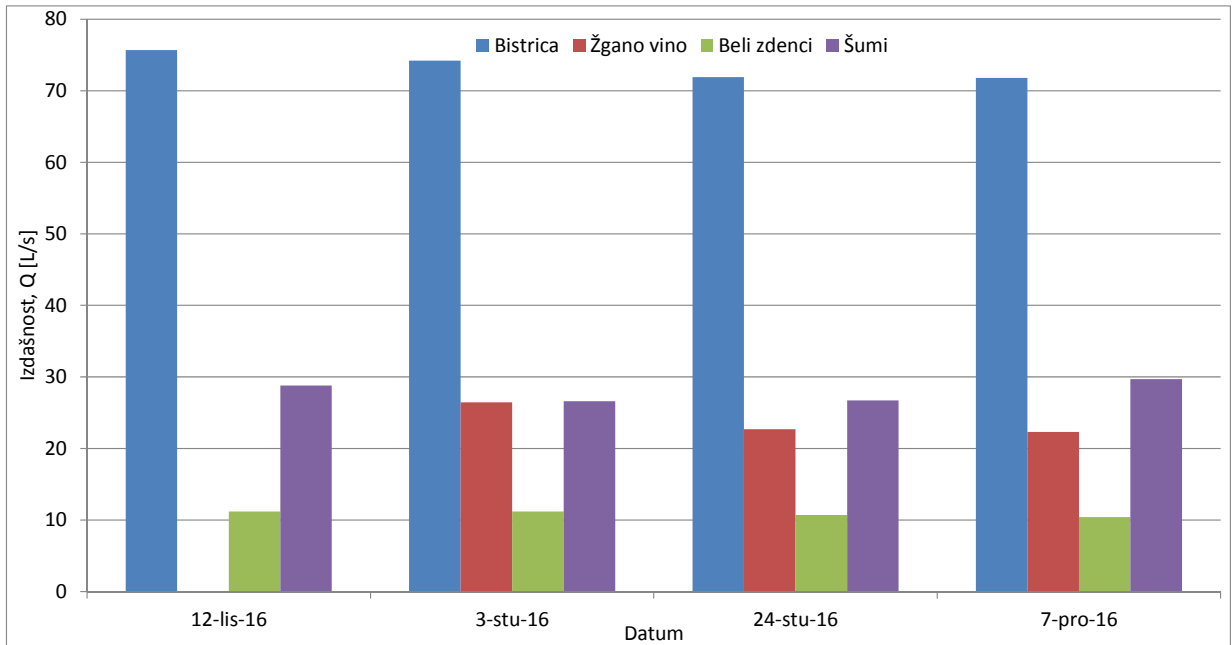
Rezultati povremenih mjerenja kapaciteta izvora prikazani su na slici 3.4. Izdašnosti izvora Koprivnjak i Škrabutnik nalaze se u rasponu od 20-30 L/s, izvora Stara pilana od 7,9 do 9 L/s, a izvora Šumeci ispod 5 L/s. U skladu s prethodno navedenim, kumulativna izdašnost izvora iznosi 64 L/s, bez značajnijih oscilacija u razdoblju monitoringa.



Slika 3.4: Izdašnost izvora na izvorištu Lobar

Na izvorištu Prigorec su zahvaćena 4 izvora: Bistrica, Žgano vino, Beli zdenci i Šumi. U okviru vodoopskrbnog sustava trenutno se ne provodi praćenje ukupno zahvaćenih količina izvorske vode. Također se ne provodi ni praćenje protoka vodotoka Bistrica nizvodno od izvorišta. Isto vrijedi i za vodotok koji se formira nizvodno od izvora Šumi. Iz tog su razloga saznanja o hidrodinamičkim značajkama izvorišta bazirana isključivo na rezultatima povremenih mjerenja koja su opisana u nastavku.

Rezultati praćenja izdašnosti izvorišta Prigorec su prikazani na slici 3.5. Kao i u slučaju izvorišta Lobar i ovdje je zabilježena ujednačena količina istjecanja podzemne vode. Najveći kapacitet ima izvor Bistrica - u prosjeku 73 L/s, a slijede Šumi i Žgano vino s 28 i 24 L/s i na kraju Beli zdenci s 11 L/s. U razmatranom je razdoblju prosječna izdašnost izvorišta iznosila 135 L/s.

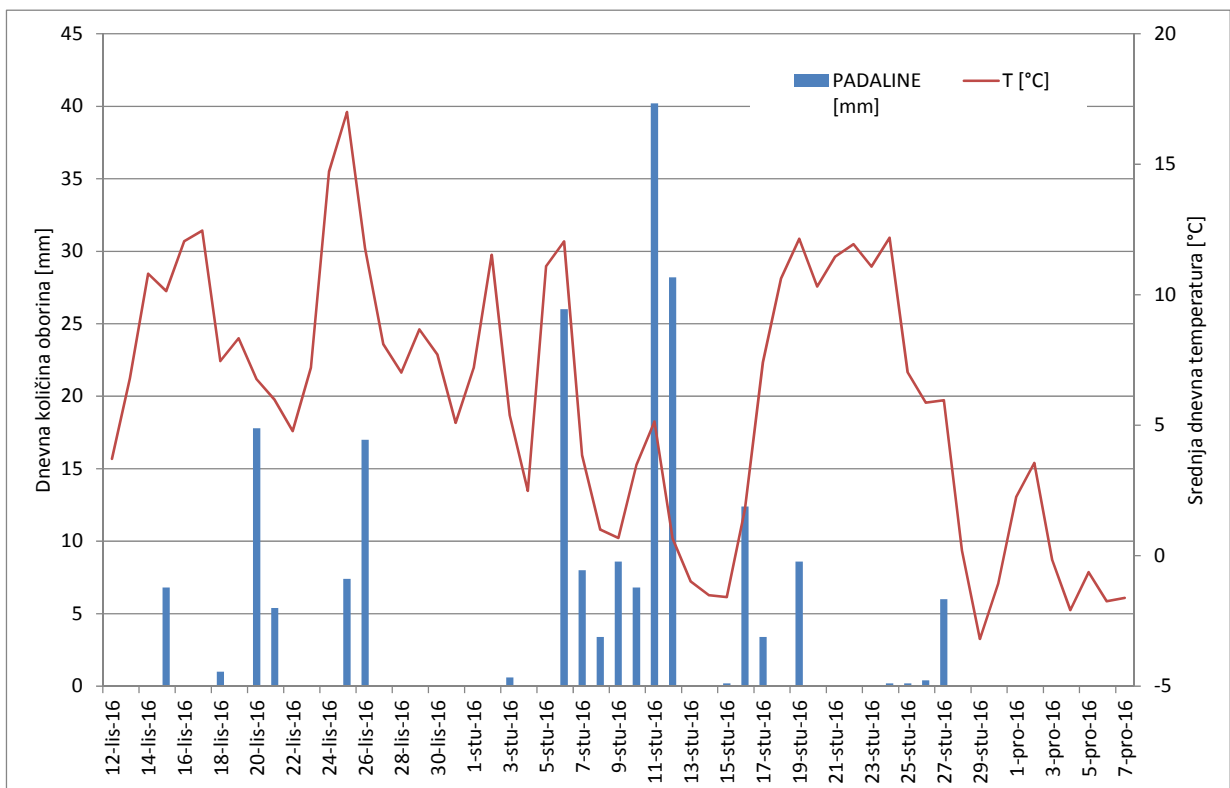


Slika 3.6: Izdašnost izvora na izvorištu Prigorec

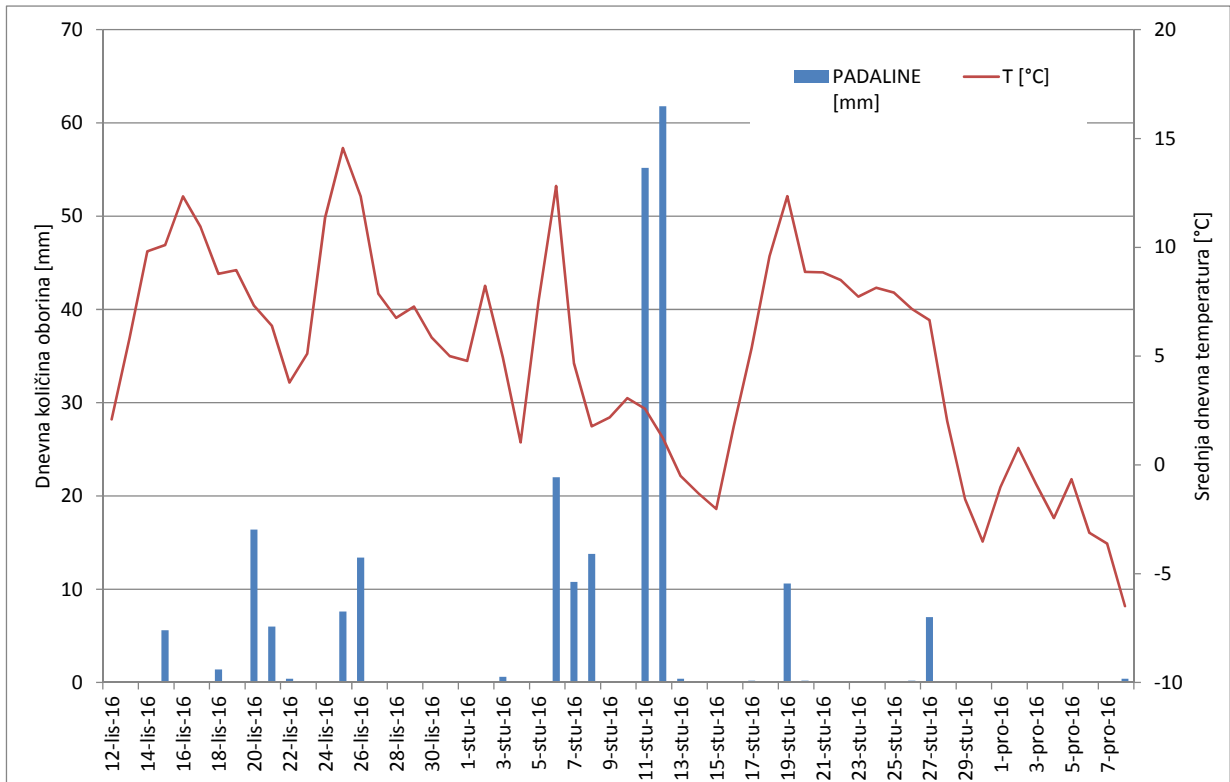
4. HIDROLOŠKI MONITORING

U okviru hidrološkog monitoringa postavljene su 2 meteorološke postaje. Jedna je locirana na sjevernim obroncima Ivanšćice – na ograđenom prostoru zahvata izvora Bistrica sjeverno od Prigorca, a druga na južnim obroncima Ivanšćice – na ograđenom prostoru stanice Zagorskog vodovoda u Loboru.

Razdoblje monitoringa je karakterizirano razmjerno malom količinom oborina (slike 4.1 i 4.2). Kumulativna količina oborina u razdoblju od sredine listopada do 7. prosinca iznosila je 208,6 L/m² u Prigorcu i 234 L/m² u Loboru. Od sredine studenoga, kada završava period nešto izraženijih oborina u prvoj polovini studenoga, traje razdoblje sušnog vremena.



4.1: Dnevna količina oborina i srednja temperatura zraka na meteorološkoj postaji kod Prigorca



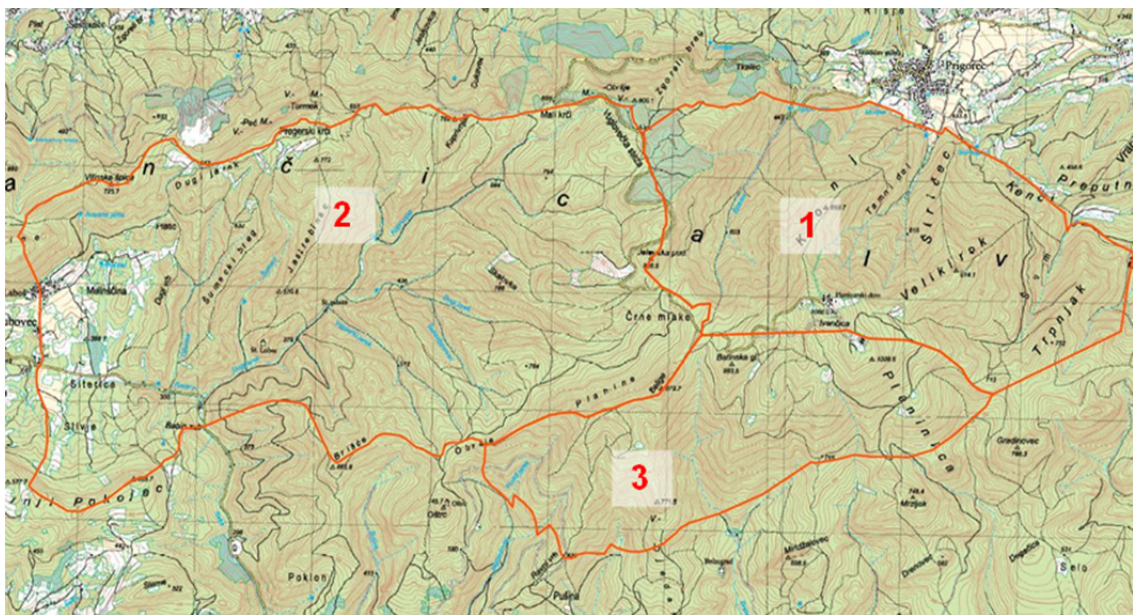
4.2: Dnevna količina oborina i srednja temperatura zraka na meteorološkoj postaji u Loboru

Srednja dnevna temperatura zraka kretala se u Loboru u rasponu od -6,5 do 14,6 °C, a u Prigorcu od -3,2 do 17,0 °C (slike 4.1 i 4.2).

5. ANALIZA VODNE BILANCE NA SLIVNIM PODRUČJIMA IZVORIŠTA

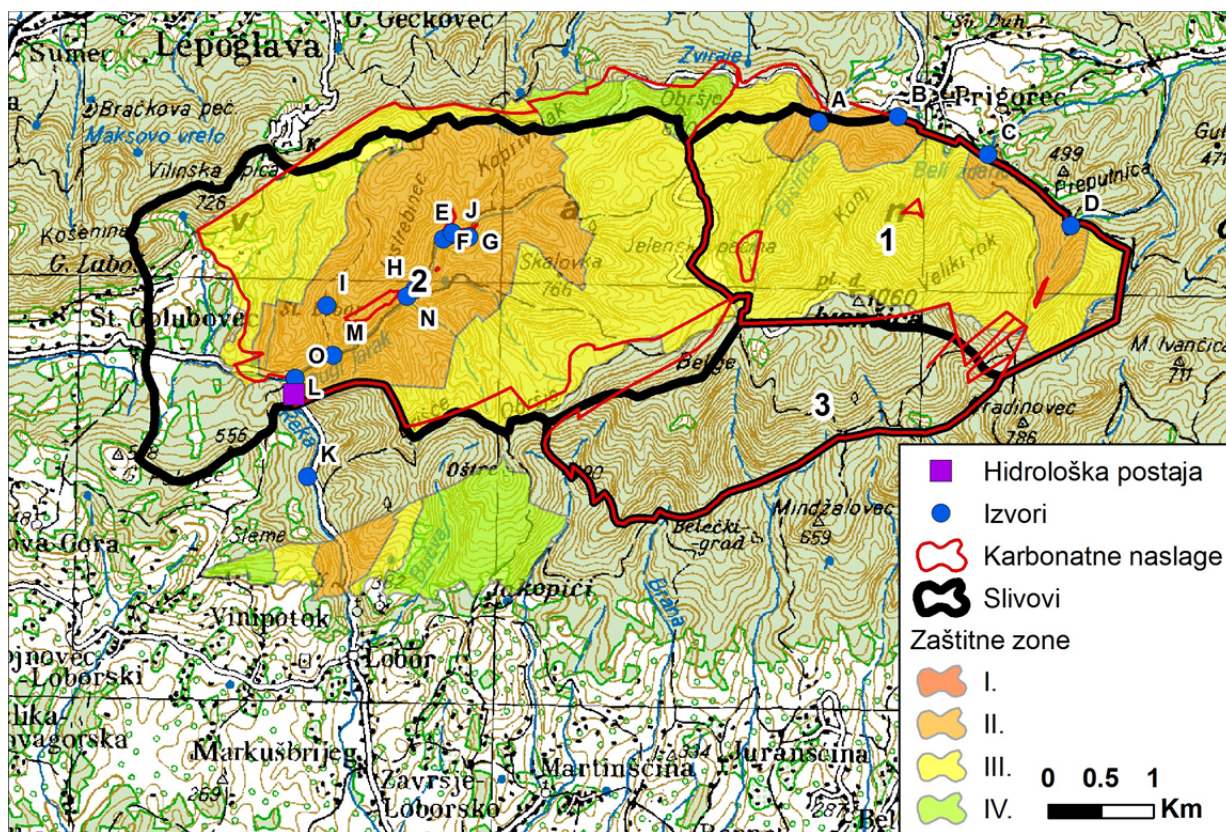
5.1 Opće značajke analiziranog područja

U danoj hidrološkoj analizi provedeno je hidrološko preispitivanje slivova i vodonosnika pukotinske i pukotinsko-kavernozne poroznosti. Radi se o planinskom prostoru unutar koga se nalaze karbonatne strukture i niz izvora vode od kojih se veći dio nalazi uključenih u vodoopskrbni sustav Zagorskog vodovoda sa sjedištem u Zaboku kao i komunalnog društva Ivkom – vode sa sjedištem u Ivancu. Na Slici 1 i prilogu 1 prikazano je područje istraživanja koga zauzimaju analizirane zone više izvora na području Prigorca (oznaka 1), Lobora (2) te područja južnih padina Ivanščice (3) za koje je također razmatran njihov bilančni potencijal obzirom na okolnost da se i s te zone napaja karbonatni vodonosnik južnog dijela masiva Ivanščice.



Slika 1.1. Situacijski položaj analiziranog područja izvorišta na području Ivanščice: 1 – izvorišna zona na području Prigoreca, 2 – slivno područje izvorišta Lobor i vodotoka Reka, 3 – slivno područje južnih padina Ivanščice

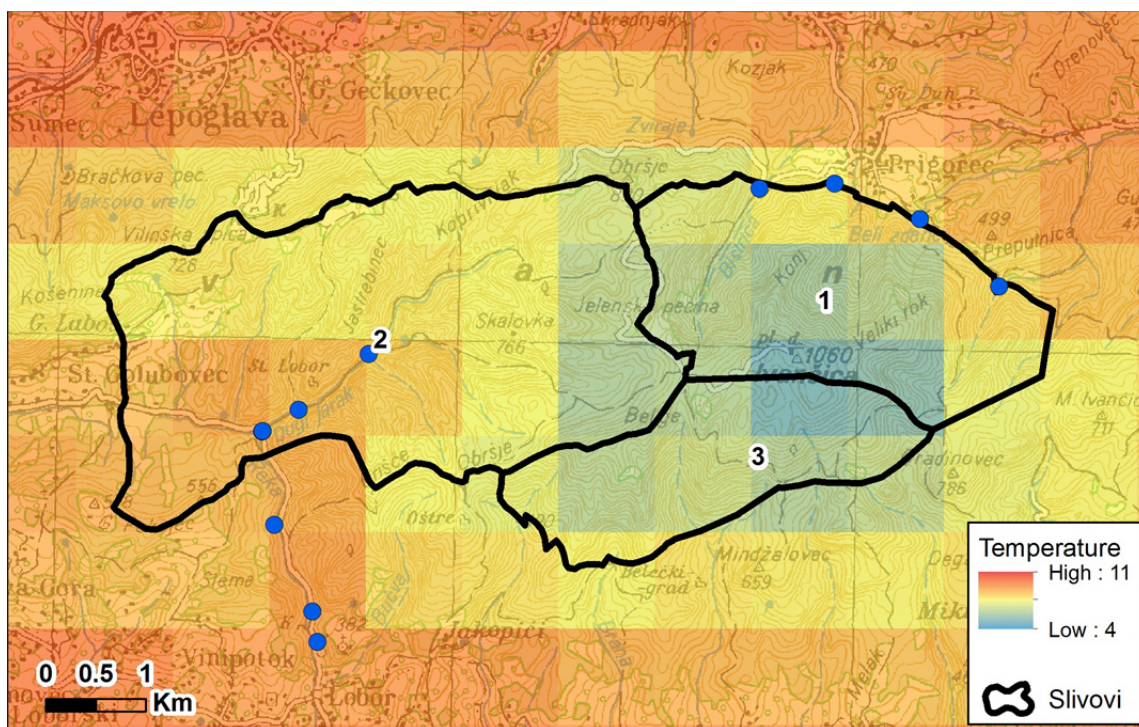
U sklopu ovoga dokumenta provedena je hidrološka analiza globalne vodne bilance analiziranih slivnih površina, temeljena na međudodnosima teoretskih bilančnih odnosa oborina i otjecanja. Za te je potrebe napravljena kompilacijska podloga orografskog sliva, granica karbonatnih struktura masiva Ivanščice, te postojećih zona sanitarne zaštite izvorišta Lobor kao i izvorišta na sjevernim padinama Ivanščice (Slika 1.2.).



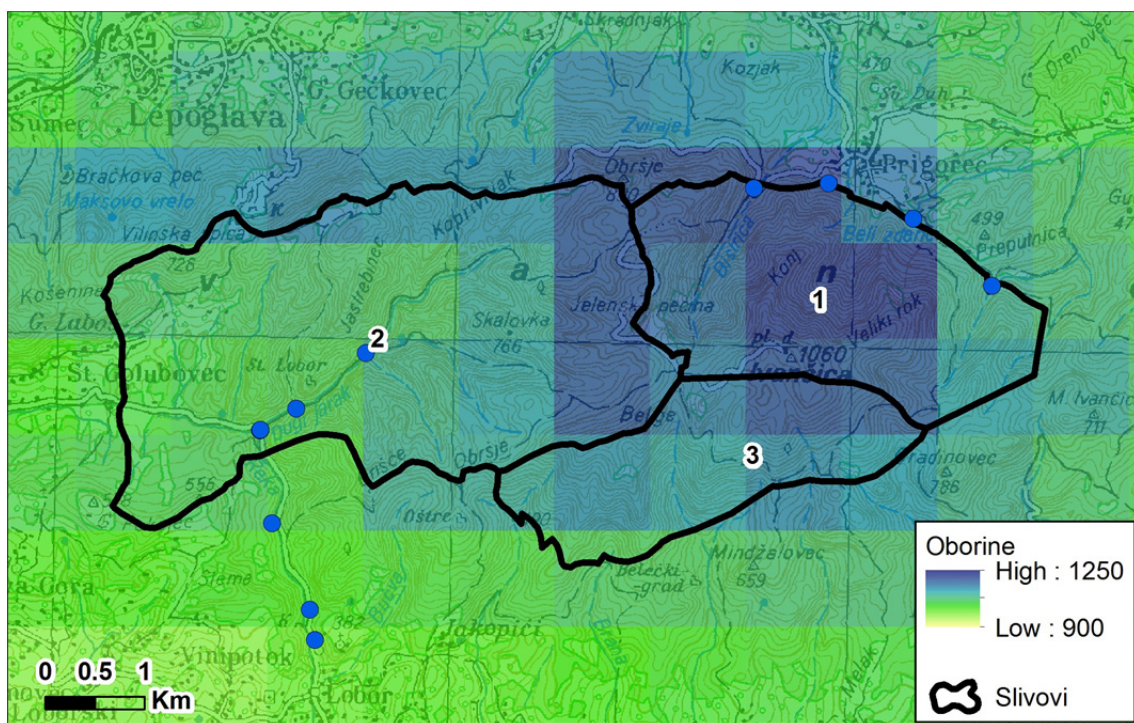
Slika 1.2. Područje analiziranih slivova na području Ivanščice i položaja karbonatnih naslaga, postojećih zaštitnih zona i lokacija analiziranih izvora vodoopskrbe (A – Žgamo vino, B – Bistrica, C – Beli zdenci, D – Šumi, E – Škrabutnik, F – Jastrebinec, G – Koprivnjak, H – Stara pilana, I – Šumeci, J – Škrabutnik, te bušotine: K – Lo-5, L – Lo-1, M – Lo-2, N – Lo-3, O – LoNZ-1)

5.2. Procjena elemenata globalne bilance

Raspoloživost adekvatnih podataka i podloga uvjetuje primjenu pojedinih metoda procjene otjecanja. Klimatološki podaci (količine oborina i temperature zraka) korišteni u analizi slivova na području slivova Ivanščice dostupni su u obliku prostorne raspodjele srednjih godišnjih vrijednosti za 30-godišnje vremensko razdoblje (1961.-1990.), a u formi rastera prostorne rezolucije 1.000 m, koje su izradili stručnjaci Državnog hidrometeorološkog zavoda. Radi se o prostornoj rezoluciji istovjetnoj prostornoj rezoluciji korištenog digitalnog elevacijskog modela (DEM-a). Kako je analizirano područje locirano na planinskom području, karakteriziraju ga relativno niže srednje godišnje temperature zraka, kao i relativno značajne prosječne godišnje oborine. Na Slici 2.1. dan je prikaz izoterma srednjih godišnjih temperatura zraka za referentno 30-godišnje razdoblje 1961.-90., a na Slici 2.2. prikaz izohijeta srednjih godišnjih oborina za isto razdoblje.



Slika 2.1. Karta rasterske raspodjele srednjih godišnjih temperatura zraka za područja Ivanščice (1961.- 1990.) – prema DHMZ (2002)



Slika 2.2. Karta rasterske raspodjele srednjih godišnjih oborina za područje Ivanščice (1961.- 1990.) – prema DHMZ (2002)

Obzirom na složenost hidroloških prilika i nedostatak primjerenih mjerenih podataka, procjena globalne vodne bilance analiziranog područja provedena je na temelju analize rezultata hidroloških procjena temeljenih na hidrogeološkim ocjenama položaja granica slivnih cjelina, klimatološkim podacima prikazanim u spomenutim prikazima na slici 2.1. i 2.2. te usporedbom tako dobivenih podataka s raspoloživim rezultatima hidroloških opažanja. Takav pristup temelji se na usporedbi mjerenih podataka o bilanci protoka koja istječe na izvorima i podataka o bilanci efektivnih oborina koja se infiltrira u sliv, pri čemu se koriste podaci o oborinama i temperaturama u slivu. Pri ocjeni bilance tih efektivnih oborina na području hrvatskog krša najčešće se koriste empirijski modeli Turca (1954) i Langbeina (1962), a koji su modificirani i razvijeni za primjenu u GIS okruženju (Horvat i Rubinić, 2006).

Radi se o modelima pomoću kojih je, na temelju prostorne procjene količine palih godišnjih oborina i prosječnih godišnjih temperatura zraka na analiziranom slivu, uz hidrogeološkim metodama određenu površinu sliva, moguće odrediti prostornu raspodjelu efektivne godišnje oborine, odnosno dio palih oborina koje su infiltrirane u sliv vodonosnika pukotinske i pukotinsko-kavernozne poroznosti. Odabir mjerodavnog modela provodi se na temelju usporedbe mjerenih i procijenjenih vrijednosti sr. godišnjih dotoka, a u nedostatku mjerenih podataka o protokama izvora i na temelju ekspertnih procjena, kao i regionalnih formula koje daju procjene srednjih godišnjih otjecajnih koeficijenata. Osim na razini godišnjih vrijednosti, moguće promjene hidroloških prilika uslijed očekivanih klimatskih promjena iskazane i na kraćoj vremenskoj skali, pri čemu je, kao najmjerodavniji za ocjenu kritičnih hidroloških prilika za potrebe vodoopskrbe, kao reprezent unutargodišnje raspodjele sušnih hidroloških prilika odabran je parametar najmanje srednje mjesečne protoke.

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

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

Temperaturni faktor (L) je proračunat pomoću formule:

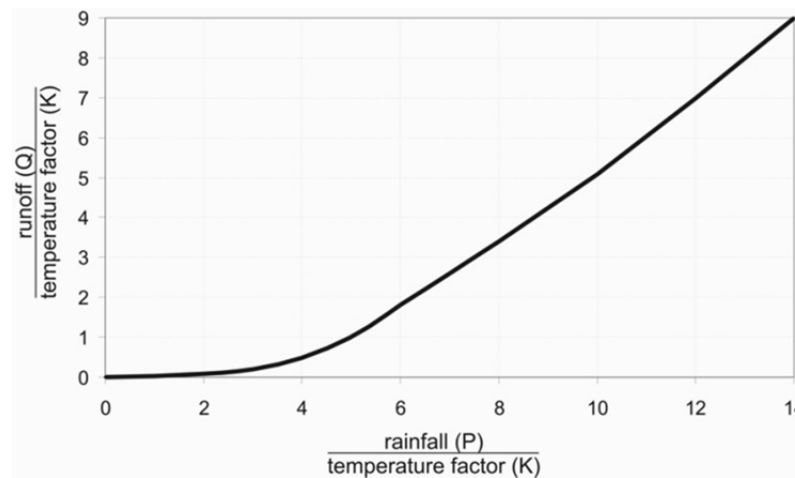
$$L = 300 + 25 \times T + 0.05 \times T^3 \quad (2)$$

gdje T predstavlja povećanje temperature zraka.

Kao što pokazuje slika 2.3, Langbein-ova metoda (1962) je zasnovana na međuodnosu između faktora međuodnosa oborina i temperatura (P/K) i faktora odnosa otjecanja i temperatura (Q/K), odnosno ona koristi oborine i temperature zraka kao ključne parametre za procjenu otjecanja. Temperatura zraka (T) je ugrađena u formulu za temperaturni faktor (K) koji se povećava eksponencijalno s porastom temperature:

$$K = 10^{0.02787T + 0.886}$$

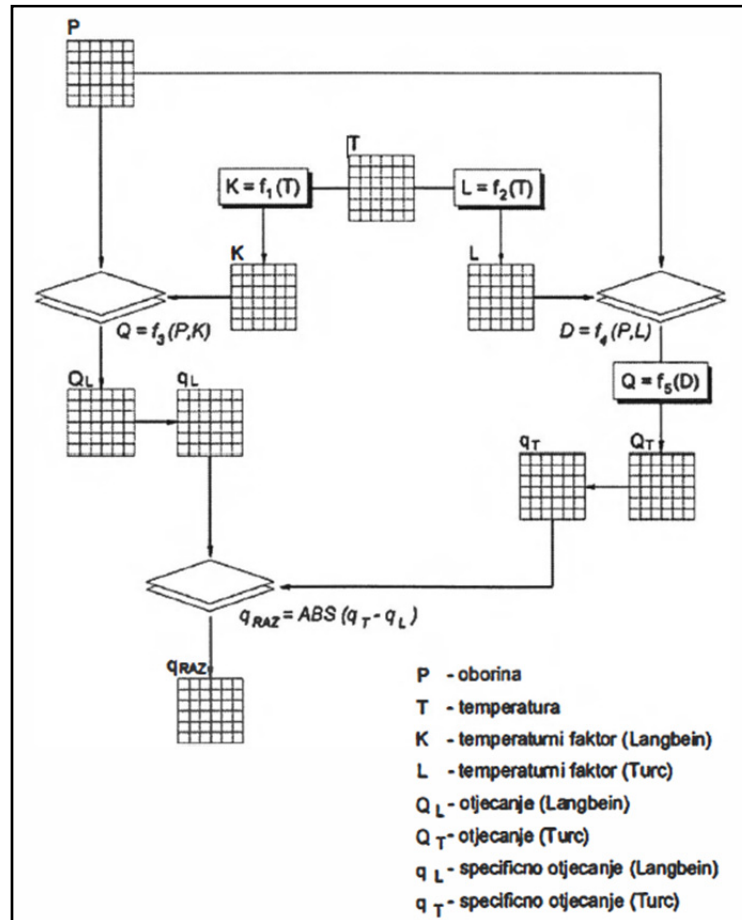
(3)



Slika 2.3. Langbeinova metoda: međuodnos P/K i Q/K

Oba pristupa koriste prosječnu godišnju količina oborina i temperature zraka (često su to i jedini dostupni klimatološki podaci u hidrološkoj analizi otjecanja) kao prostorno promjenjive ulazne parametre. Geografski informacijski sustavi uvelike olakšava procjenu prostorne raspodjele i prostorne analize ulaznih parametara i rezultata.

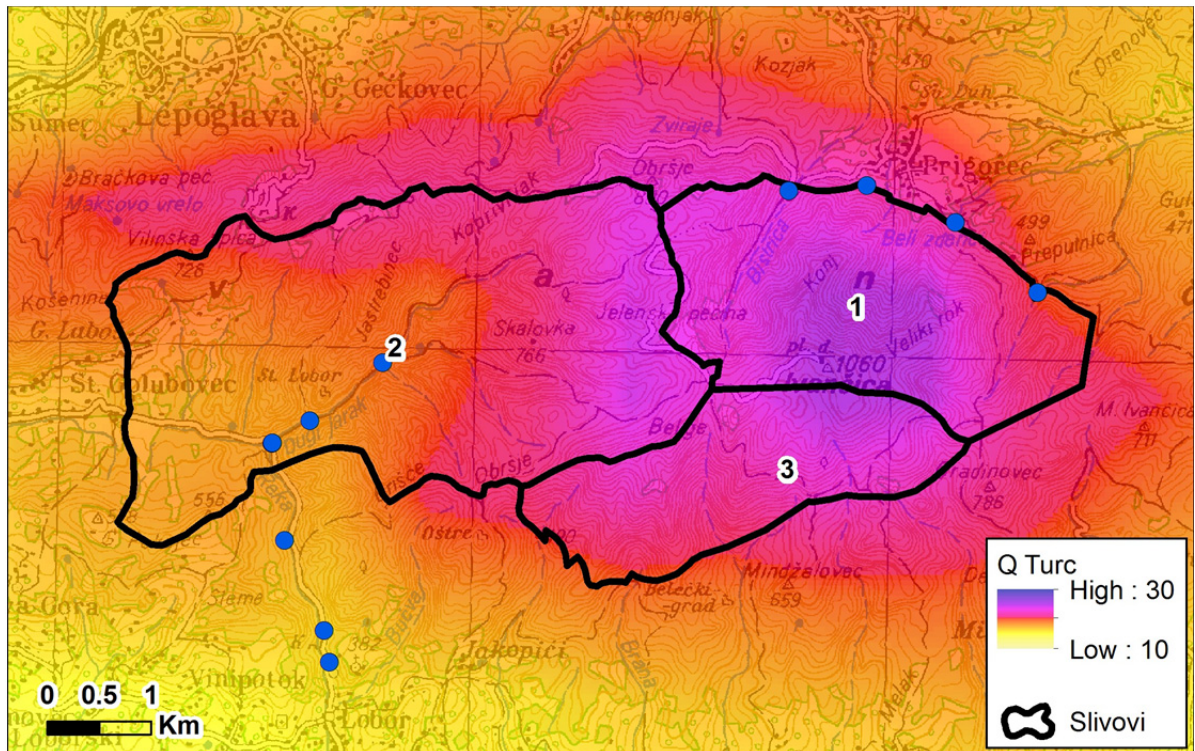
Prva iteracija (Slika 2.4.) u procjeni godišnjeg otjecanja počinje s razgraničenjem slivova, na temelju hidrogeoloških procjena, nakon čega slijedi procjena prostorne raspodjele meteoroloških parametara (oborina i temperature). Zatim se provodi procjena prostorne raspodjele prosječnog godišnjeg otjecanja, a što može biti napravljeno pomoću Turc-ove i Langbein-ove metode. Na temelju tih rezultata provode se usporedbe s mjerenim podacima. Ako su razlike zanemarive, odabrana metoda, odnosno njeni rezultati se mogu prihvatiti i ići u 3. korak, odnosno konačne procjene godišnjeg otjecanja. Inače, ponavlja se druga iteracija, koja onda uključuje izmjenu jedne od ulaznih parametara (npr. granica sliva) ili pak neka promjena u samoj metodologiji (kao što su modifikacije u analitičkim izrazima koji se koriste za procjenu hidroloških parametara).



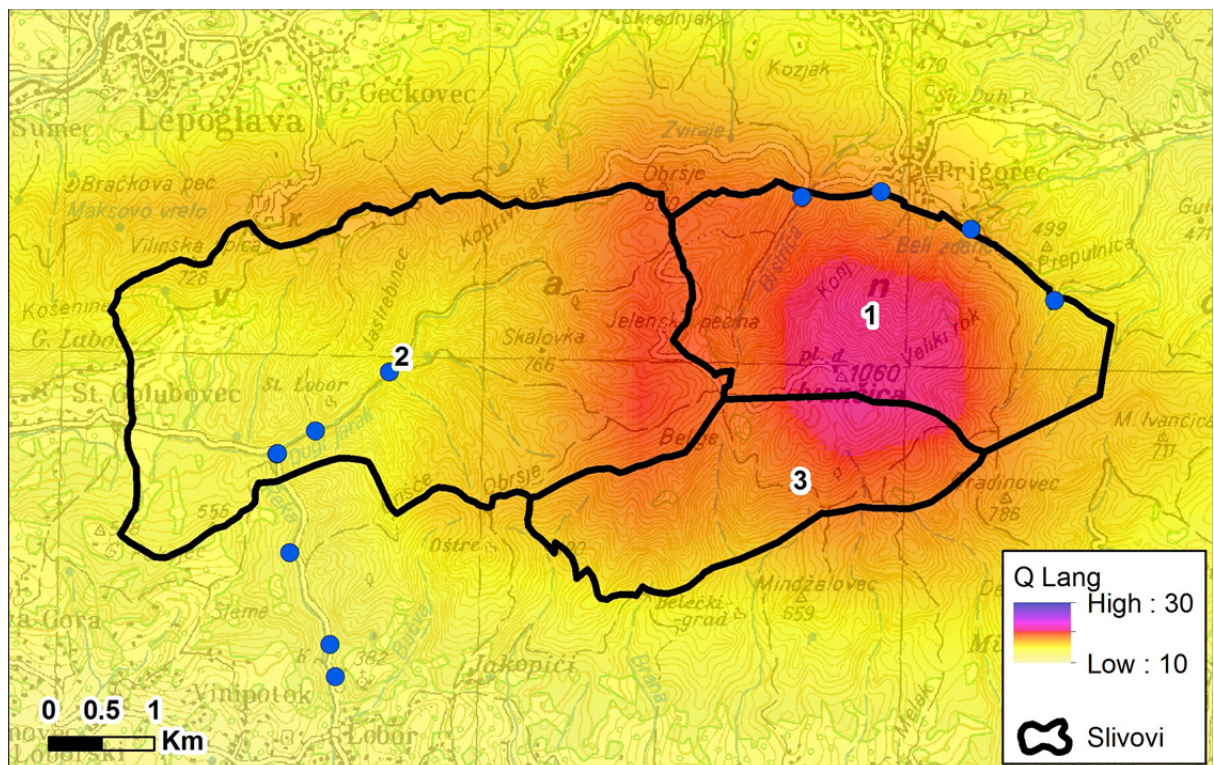
Slika 2.4. Shematski prikaz prve iteracije pri postupku bilančnih procjena

Kalibracija i validacija modela, odnosno odabir mjerodavnog modela procjene sr. godišnjeg otjecanja/efektivnih oborina (po Turc-ovom ili Langbein-ovom modelu) nije moguće provesti na uobičajeni način – preko količina voda koje istječu na izlazu iz sliva, jer ne postoje dugogodišnji nizovi podataka o hidrološkim praćenjima s kojima bi se moglo provjeriti prikladnost spomenutih modela. Zato je to napravljeno na temelju ekspertnih procjena saznanja sa slivova na kojima postoje motrenja, a radi cjelovitijeg sagledavanja uz definirane karte specifičnih otjecanja po Turcu (Slika 2.5.) i Langbeinu (Slika 2.6.), napravljena je i karta razlika u proračunatim vrijednostima po obje metode (Slika 2.7.).

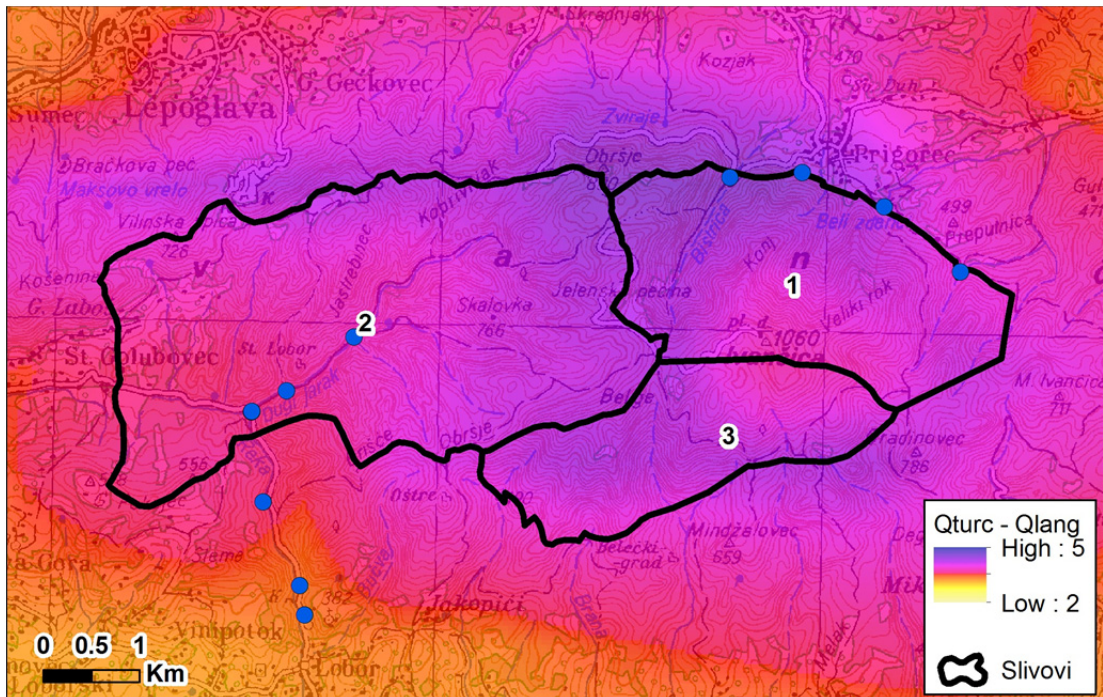
Na odabranim slivovima prikazanim na slikama 1.1. i 1.2. procijenjeno je srednje godišnje specifično otjecanje, a osnovni rezultati (prosječne temperature i oborine za pojedine slivne cjeline) su dani u tablici 2.1., kao i u tablici 2.2. gdje su dane vrijednosti specifičnih kao i ukupnih srednjih godišnjih protoka s analiziranih pojedinih slivova.



Slika 2.5. Prostorna raspodjela specifičnih protoka za razdoblje 1961.-90. određena metodom Turc-a



Slika 2.6. Prostorna raspodjela specifičnih protoka za razdoblje 1961.-90. određena metodom Langbeina



Slika 2.7. Prostorna raspodjela razlika specifičnih protoka za razdoblje 1961.-1990. određena kao razlika dobivenih vrijednosti po metodama Turca i Langbeina

Tablica 2.1. Osnovni klimatološki elementi izdvojenih slivova (1961.-1990.)

SLIV		Površina (km ²)	Sr. god. temperatura zraka (°C)			Sr. god. količine oborina (mm)		
			Min	Sr	Max	Min	Sr	Max
Sjeverna Ivanščica	1	6,922	5,0	6,5	8,2	1101	1183	1221
Zapadna Ivanščica (Sliv Reke kod Lobora)	2	13,905	5,9	7,7	9,0	1037	1106	1197
Južna Ivanščica	3	4,538	4,9	6,2	7,5	1068	1144	1202

Tablica 2.2. Srednje godišnje vrijednosti protoka razmatranih slivnih cjelina na temelju bilančnih procjena(1961.-1990.)

SLIV		Specifične protoke (l/s/km ²)			Ukupne protoke (m ³ s ⁻¹)		
		Po Turcu	Po Langbeinu	SR (Turc i Lang.)	Po Turcu	Po Langbeinu	SR (Turc i Lang.)
Sjeverna Ivanščica	1	23,4	19,2	21,3	0,162	0,133	0,147
Zapadna Ivanščica (Sliv Reke kod Lobora)	2	20,2	16,2	18,2	0,281	0,225	0,253
Južna Ivanščica	3	22,5	18,3	20,4	0,102	0,083	0,093

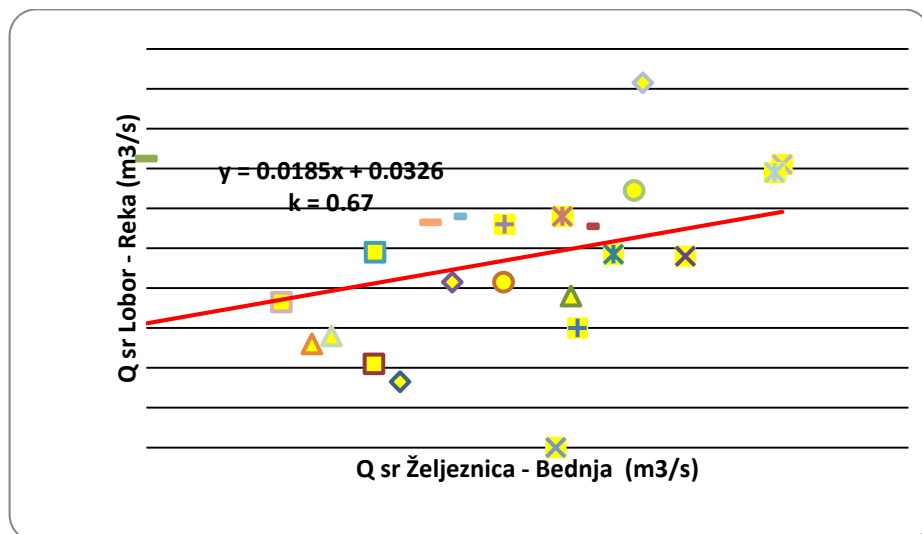
Općenito, vrijednosti specifičnih protoka dobivenih Langbeinovom metodom na svim trima analiziranim slivovima su niže od vrijednosti dobivenih metodom Turca, ali razlike nisu naglašeno velike – kreću se oko 20%, odnosno u rasponu 2-5 l/s/km². Rezultati provedenih obrada bilanciranja na području Istre, prikazani u radu Horvat i Rubinić (2003), pokazali su bolju podudarnost proračunatih vrijednosti protoka po metodi Langbeina i rezultata dobivenih prema raspoloživim podacima hidroloških opažanja na odabranim mjernim postajama.

U slivu Reke kod Lobora postoje rezultati hidroloških opažanja na istoimenoj hidrološkoj postaji, ali nažalost tek od 1992. g. kada je hidrološka postaja tek uspostavljena, tako da njome nije obuhvaćeno referentno razdoblje za dugoročna bilanciranja 1961.-90. No, i u razdoblju raspoloživih rezultata opažanja ne postoje informacije o cjelokupnoj vodnoj bilanci voda na tom profilu jer se pojedinačno ne registriraju zahvaćene vode iz kaptaza i iz vodotoka za potrebe vodoopskrbe, a i dio voda iz kaptaze koja se ne zahvaća u vodoopskrbni sustav prelijeva u korito Reke neposredno nizvodno od spomenutog limnigrafskog profila (Slika 2.8.). Prema gruboj procjeni, te prelijevne količine koje se i ne registriraju na limnigrafskom profilu, ali i ne registriraju kao zahvaćene količine za potrebe vodoopskrbe jer to u naravi i nisu, mogu varirati od 0 L/s tijekom sušnih razdoblja pa do nekoliko desetaka L/s tijekom vodnih.



Slika 2.8. Preljev voda iz kaptaze nizvodno od vodozahvata Lobar

Kako bi se procijenila srednja godišnja protoka na profilu Lobar tijekom referentnog razdoblja 1961.-90., provedena je analiza međudnosa srednji godišnjih protoka zabilježenih na postaji Lobar na Reki s podacima najbliže hidrološke postaje Željeznica na Bednji koja je imala cjelovite podatke tijekom razdoblja počev od 1959.g. koje uključuje i referentno 30-godišnje razdoblje 1961.-1990. (slika 2.9.).



Slika 2.9. Međudnos srednjih godišnjih protoka s hidroloških postaja Željeznica – Bednja i Lobar – Reka (1992.-2014., bez 2000. i 2004.)

Obzirom na istaknute probleme u registraciji protoka na lokaciji Lobar, zbog čega se registrira svega oko 50% ukupne bilance voda na tom profilu, postignut je vrlo prihvatljiv koef. korelacije od 0,67, na osnovu kojeg je niz srednjih godišnjih protoka s profila Lobar produljen na niz 1961.-90. Za to je razdoblje dobivena srednja godišnja protoka od 110 L/s, a što je oko 12% više u odnosu na srednji godišnji protok od 98 L/s koliko je na osnovu registriranih protoka zabilježeno tijekom razdoblja 1992.-2015.g. Naravno, ti podaci ne uključuju zahvate

voda iz izvora i Reke za potrebe vodoopskrbe, kao ni spomenute preljeve vode nizvodno od limnigrafa, a koji, prema uvodno danim napomenama, čine oko 50% ukupne bilance voda Reke. Zbog toga se može potvrditi da je procijenjena bilanca voda toga sliva po metodi Langbeina od 225 L/s prilično prihvatljiva. Analogno je prihvatljiva procijenjena vodna bilanca za sliv sjeverne Ivanščice, odnosno sliv vodonosnika Prigorskih izvora, a koja iznosi 133 L/s. Za napomenuti je da se radi o prosječnim vodnim bilancama koje, tijekom kritično sušnih godina, mogu poprimiti i višestruko niže vrijednosti.

6. ZAKLJUČAK

Temeljem kratkotrajnog hidrogeološkog i hidrološkog monitoringa na priljevnim područjima izvorišta u Loboru i Prigorcu djelomično su prikupljeni osnovni podaci za ocjenu globalne bilance voda na ovom dijelu Ivanšćice. Temeljem tih podataka provedena je analiza hidrodinamičkih odnosa u vodonosnicima koji se prostiru na južnim i sjevernim padinama ovog dijela Ivanšćice. Provedena je i hidrološka analiza globalne vodne bilance analiziranih slivnih površina razmatranih izvorišta, temeljena na međuodnosima teoretskih bilančnih odnosa oborina i otjecanja.

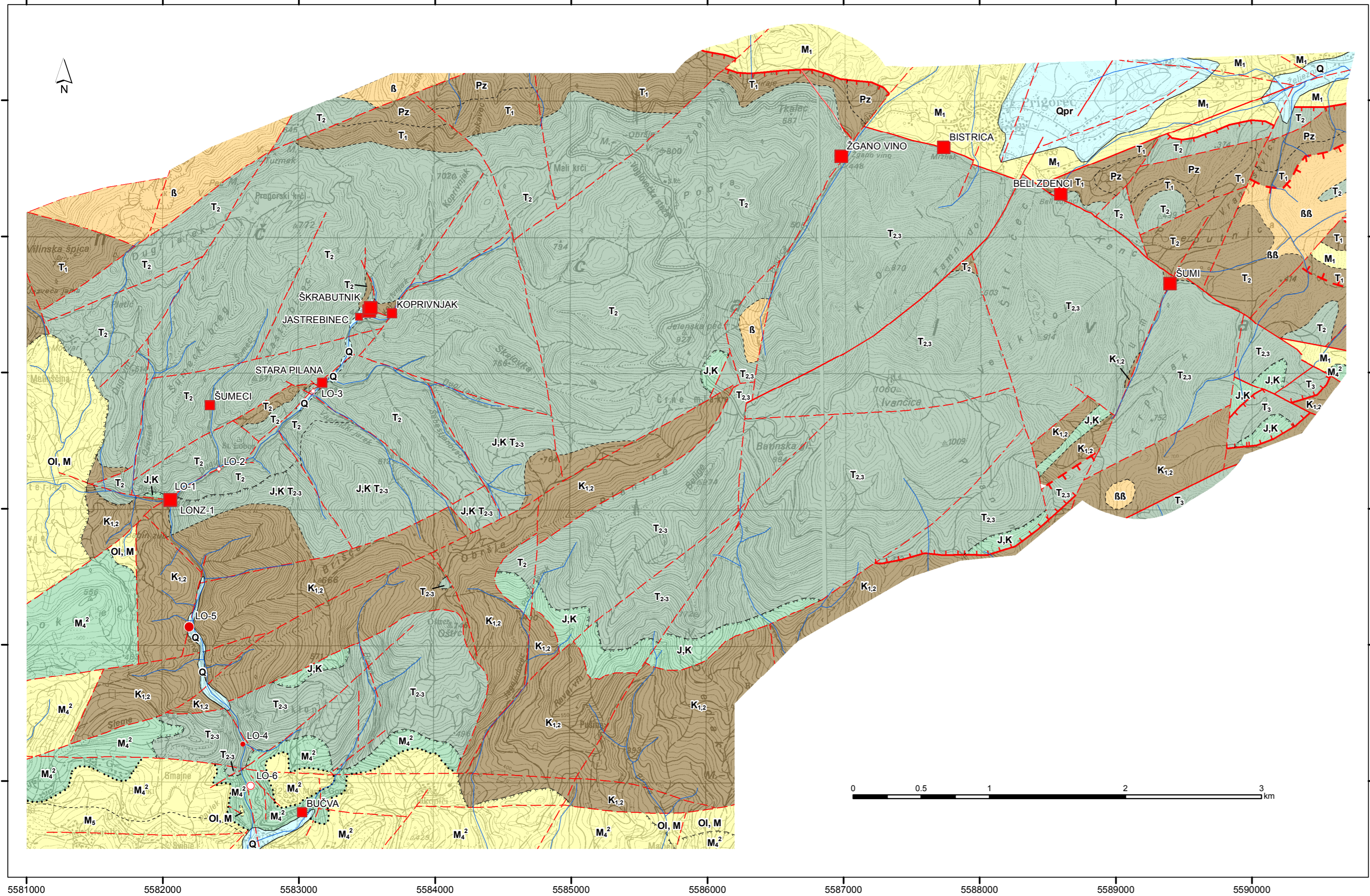
Rezultate prikazane u ovom izvješću treba tretirati kao preliminarne, jer nije bilo moguće na vrijeme prikupiti sve podatke potrebne za realizaciju ovog projekta u predviđenom roku. Osim toga, limnigraf na hidrološkoj postaji u Loboru nije u funkciji od studenog 2015. zbog kvara na instrumentu. S tim u vezi, a u svrhu definiranja globalne bilance podzemnih voda na ovom dijelu Ivanšćice predlaže se:

- a) nastaviti s praćenjem izdašnosti izvora na izvorištima u Loboru i Prigorcu, te količine oborina i temperature zraka na postavljenim meteorološkim postajama na sjevernoj i južnoj strani Ivanšćice;
- b) osposobiti limnigraf na hidrološkoj postaji u Loboru;
- c) uspostaviti kontinuirano praćenje protoka vodotoka Bistrica na sjevernoj strani Ivanšćice;
- d) uspostaviti kontinuirano praćenje zahvaćenih količina voda na izvorima Bistrica, Žgano vino, Beli zdenci i Šumi;
- e) pokusno-eksploatacijski zdenac Lo-5 uključiti u vodoopskrbni sustav s punim kapacitetom arteškog preljeva.

9. LITERATURA

- Bonacci, O. (1987): Karst hydrology. Berlin: Springer – Verlag.
- Crosco (1999): Izvješće o obavljenim radovima na istražnoj bušotini Lobor L-5. Crosco naftni servisi, Zagreb.
- DHMZ (2002): Meteorološka podloga za vodnogospodarsku osnovu Hrvatske (Voditelj zadatka: Gajić-Čapka, M.), Zagreb.
- Horvat, B., Rubinić, J. (2003): Primjena GIS-okruženja na procjenu otjecanja. U: Zborniku radova 3. Hrvatske konferencije o vodama „Hrvatske vode u 21. Stoljeću“ (ur. Gereš, D.), Hrvatske vode, Zagreb, 265-272.
- Horvat, B., Rubinić, J. (2006): Annual runoff estimate - an example of karstic aquifers in the transboundary region of Croatia and Slovenia, Hydrological Sciences Journal, 51(2). str. 314-324.
- Langbein, W.B. (1962): The Water Supply of Arid Valleys in Intermountain Regions In Relation to Climate, IAHS Bull., Vol.7/1.
- Larva, O., Marković, T. & Mraz, V. (2013): Krapinsko-zagorska županija – crpilište Lobor – Istražni radovi s prijedlogom elaborata zona sanitarne zaštite crpilišta Lobor. HGI, Zagreb.
- Larva, O., Marković, T. & Mraz, V. (2014): Krapinsko-zagorska županija – crpilište Lobor – Hidrogeološki istražni radovi sa ciljem utvrđivanja eksploatacijskih zaliha. HGI, Zagreb.
- Mraz, V. & Krsnik, M. (1998): Vodoistražni radovi Lobor – Oštrc. HGI, Zagreb, i IGH, Zagreb.
- Mraz, V., Marković, T. & Larva, O. (2007): Hidrogeološka istraživanja u cilju zaštite izvorišta na području Ivanščice (Varaždinska županija). Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- Mraz, V., Larva, O. & Marković, T. (2010): Hidrogeološki istražni radovi na području Juranščina – Belecgrad. HGI, Zagreb.
- Mraz, V., Larva, O. & Marković, T. (2010): Hidrogeološki istražni radovi na području Gornja Selnica – Mala Ivanščica. HGI, Zagreb.
- Pollak, Z. (1990): Studija hidrogeoloških odnosa uz određivanje zaštitnih zona izvorišta Belečka Selnica. Građevinski institut, Zagreb.
- Šimunić, A. (1992): Geološki odnosi središnjeg dijela Hrvatskog zagorja. Disertacija. RGN fakultet Sveuč. u Zagrebu, Inst. za geologiju i min sirovine.
- Šimunić, A., Pikija, M. i Hećimović, I.(1982): Osnovna geološka karta, List i Tumač Varaždin. Geološki zavod, Zagreb.
- Turc, L. (1954): Le bilan d'eau des sols, relation entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement, Troisièmes journées de l'hydraulique à Alger.
- Web izvori:
<https://geoportal.dgu.hr/>, studeni 2016.

PRILOZI



TUMAČ OZNAKA

GEOLOŠKE OZNAKE

- Stratigrfska pripadnost
- Normalna litostratigrfska granica
- Erozijsko-diskordantna granica
- Rasjed bez oznake karaktera (utvrđen)
- Reversni rasjed
- Pokriveni rasjed
- *Isprekidano, ako je nesigurno

VODNE GRAĐEVINE

- Aktivni bušeni zdenac
- Istražna bušotina
- ◇ Piezometar
- Stalni izvor slatke vode
- Crpilište javnog vodovoda

LITOLOŠKI SASTAV I STRATIGRAFSKA PRIPADNOST		HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA		OZNAKA
NAZIV I OPIS	STRATIGRAFSKA PRIPADNOST	POROZNOST	PROPUSNOST	
glina, silit, pijesak s kršjem i blokovima čvrstih stijena	Q	međuzrnska	slaba do vrlo slaba	
kršje, gromade stijena, pijesci, silt	Q _{pr}	međuzrnska	slaba do vrlo slaba	
lapori	M ₅	pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	
lapori, siliti, pijesci, pješčenjaci, gline	M ₄ ²	međuzrnska, pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	
breče, konglomerati, biogeni vapnenci, pješčenjaci, lapori	M ₄ ²	pukotinsko-kavernozna	slaba do osrednja	
pješčenjaci, lapori, pijesci, gline, šjunci, tufovi, ugljen	M ₁	međuzrnska, pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	
pješčenjaci, konglomerati, lapori, šjunci, gline	Ol, M	međuzrnska, pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	
pješčenjaci, šejlovi, rožnjaci, lapori, vapnenci	K _{1,2}	pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	
dijabazi, spilitizirani dijabazi, spiliti	ββ	pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	
vapnenci, šejlovi, rožnjaci	J, K	pukotinska	slaba do osrednja	
sitnozmatni vapnenci, dolomiti, dolomitne breče	T ₃	pukotinsko-kavernozna	osrednja do dobra	
dolomiti, dolomitne breče, gromade vapnenaca	T _{2,3}	pukotinsko-kavernozna	osrednja do dobra	
dolomiti, vapnenci i dolomitne breče	T ₂	pukotinsko-kavernozna	osrednja do dobra	
šejlovi, pješčenjaci, vapnenci, rožnjaci, tufovi	T ₂	pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	
bazalti i andezit bazalti	β	pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	
pješčenjaci, šejlovi, lapori vapnenci, dolomiti	T ₁	pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	
slabometamorfizirane grauvake, pješčenjaci, šejlovi	Pz	pukotinska	vrlo slaba do nepropusno	

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT - ZAGREB
HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT
 CROATIAN GEOLOGICAL SURVEY

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT - ZAGREB
 ZAVOD ZA HIDROGEOLOGIJU I INŽENJERSKU GEOLOGIJU

ZAVOD: **HGIG**
 DATUM: Prosinac, 2016.
 MJERILO: 1:25000
 PRILOG: 1

ODGOVORNI GEOLOG: Dr. sc. O. Larva, dipl.ing. geol.

AUTOR: Dr. sc. O. Larva, dipl.ing. geol. / V. Mraz, dipl.ing. geol.

SURADNIK: _____

DIGITALNA OBRADA: _____

ELABORAT: Krapinsko-zagorska županija - hidrogeološki i hidrološki monitoring na zapadnom dijelu Ivančice s ciljem difiniranja bilance i dinamike istjecanja podzemnih voda

NASLOV PRILOGA: Hidrogeološka karta prijevsnog područja izvorišta