

# Hidrogeološke i hidrokemijske značajke slivova izvorišta na području grada Jastrebarsko

---

Mesic, Lara

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:593328>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO – GEOLOŠKO – NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

HIDROGEOLOŠKE I HIDROKEMIJSKE ZNAČAJKE SLIVOVA IZVORIŠTA NA  
PODRUČJU GRADA JASTREBARSKO

Završni rad

Lara Mesic

GI 2128

Zagreb 2021.

## HIDROGEOLOŠKE I HIDROKEMIJSKE ZNAČAJKE SLIVOVA IZVORIŠTA NA PODRUČJU GRADA JASTREBARSKO

Lara Mesic

Završni rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

### Sažetak

U ovom su radu definirane geološke, hidrogeološke i hidrokemijske značajke jaskanskog vodonosnog sustava. Jedan od glavnih ciljeva završnog rada je analiza podataka o kakvoći sirove vode te analiza podataka iz nacionalnog monitoringa o kakvoći podzemne vode koja daje ocjenu ugroženosti podzemne vode. Za svaki je podsustav odabran niz parametara čije koncentracije prelaze referentne vrijednosti, maksimalno dopuštene koncentracije (MDK) definirane Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17), odnosno granične vrijednosti definirane Uredbom o standardu kakvoće voda (NN br. 96/19). Mikrobiološki, kemijski i indikatorski parametri kakvoće podzemne vode uspoređeni su s MDK i graničnim vrijednostima odabranih parametara kakvoće. Na području istraživanja zabilježeno je nekoliko odstupanja vrijednosti odabranih parametara od referentnih vrijednosti, a većinom se radi o koliformnim bakterijama.

Ključne riječi: Grad Jastrebarsko, podsustav „Sveta Jana“, podsustav „Plešivica“, podsustavi „Slavetić“ i „Domagović“, sirova voda, podzemna voda, granična vrijednost, MDK vrijednost

Završni rad sadrži: 35 stranica, 6 slika, 11 tablica

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad pohranjen:

Mentor: Prof. dr. sc. Zoran Nakić

Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Zoran Nakić

Doc. dr. sc. Krešimir Pavlić

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

Datum obrane: 16.9.2021.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPIS VODOZAHVATNOGA OBJEKTA .....	2
2.1. Podsustav „Sveta Jana“ .....	2
2.2. Podsustav „Plešivica“ .....	2
2.3. Podsustavi „Domagović“ i „Slavetić“ .....	3
3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE NA ŠIREM JASKANSKOM PODRUČJU .....	4
3.1. Strukturno-tektonska građa.....	4
3.2. Litostratigrafski opis.....	7
4. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE NA ŠIREM JASKANSKOM PODRUČJU .....	10
5. HIDROLOŠKE ZNAČAJKE SLIVOVA NA JUŽNIM OBRONCIMA SAMOBORSKOG GORJA I PLEŠIVICE .....	15
6. PODACI O KAKVOĆI VODE .....	18
6.1. Podaci o kakvoći vode za podsustav „Sveta Jana“ .....	22
6.2. Podaci o kakvoći vode za podsustav „Plešivica“ .....	25
6.3. Podaci o kakvoći vode za podsustav „Domagović“ i „Slavetić“ .....	28
6.4. Izvori onečišćenja na području istraživanja.....	31
7. ZAKLJUČAK.....	33
8. LITERATURA .....	34
8.1. Objavljeni radovi .....	34
8.2. Studije, elaborati .....	34
8.3. Zakonski propisi .....	35

## POPIS SLIKA

Slika 3-1 Interpretacija navlačnih odnosa u Samoborskom gorju i u jugozapadnom dijelu Medvednice (preuzeto iz Tomljenović, 2002., prema Šikić et al., 1978, 1979 i Šikić, 1995) ....	5
Slika 3-2 Interpretacija navlačnih odnosa u Samoborskom gorju (prema Herak, 1999) .....	6
Slika 4-2 Shematizirana hidrogeološka karta s naznačenim trasama hidrogeoloških profila (Nakić et al., 2008) .....	12
Slika 4-3 Hidrogeološki profil A-A' (preuzeto iz Dragičević et al., 1997., djelomično preuređeno Nakić et al., 2008).....	13
Slika 4-4 Hidrogeološki profil B-B' (preuzeto iz Pival, 1999., djelomično preuređeno Nakić et al., 2008).....	13
Slika 5-1 Uzvodna pregrada na Stiski uz ogradu izvorišta "Hrašće" (Nakić et al., 2008) .....	15

## POPIS TABLICA

Tablica 4-1 Podjela stijena s obzirom na propusnost (Nakić et al., 2008) .....	10
Tablica 5-1 Glavne značajke slivova Stiske, Žumberačke rijeke, Bojanščaka i Sopotnjaka do profila u kojima se nalaze navedeni zahvati (Nakić et al., 2008).....	17
Tablica 6-1. Klasifikacija mikrobioloških parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17).....	19
Tablica 6-2 Klasifikacija kemijskih parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17).....	20
Tablica 6-3 Klasifikacija indikatorskih parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17).....	21
Tablica 6-4 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće sirove vode izvorišta u okviru podsustava „Sveta Jana“ .....	22
Tablica 6-5 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće podzemne vode izvorišta u okviru podsustava „Sveta Jana“ .....	24
Tablica 6-6 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće sirove vode izvorišta u okviru podsustava „Plešivica“ .....	26
Tablica 6-7 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće podzemne vode izvorišta u okviru podsustava „Plešivica“ .....	27
Tablica 6-8 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće sirove vode izvorišta u okviru podsustava „Domagović“ i „Slavetić“ .....	29
Tablica 6-9 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće sirove vode izvorišta u okviru podsustava „Domagović“ i „Slavetić“ .....	30

## 1. UVOD

Područje istraživanja ovog rada su izvorišta na području Grada Jastrebarskog koji se nalazi u središnjoj Hrvatskoj, u zapadnom dijelu Zagrebačke županije, između Karlovca i Zagreba. Sa svojom okolicom, koju čine 59 naselja, u Jastrebarskom živi gotovo 16 000 stanovnika. Grad se opskrbljuje vodom sa jugoistočnih obronka Plešivice koja obiluje dovoljnim kapacitetima vode za potrebe grada i njegove okolice.

Vodoopskrba grada Jastrebarsko vrši se pomoću četiri podsustava: „Sveta Jana“, „Plešivica“, „Slavetić“ i „Domagović“. Podsustav „Sveta Jana“ temelji se na korištenju izvorišta: „Gornja Draga I“, „Gornja Draga II“, „Srednja Draga“, „Perlić Mlin“, „Prodin Dol I“ i „Prodin Dol II“. U podsustavu „Plešivica“ nalaze se izvorišta „Sopote I“, „Sopote II“, i „Sopote III“, a podsustavi „Slavetić“ i „Domagović“ koriste izvorište „Hrašće“.

Osnovni cilj ovog rada je definiranje geoloških, hidrogeoloških te hidrokemijskih značajki jaskanskog vodonosnog sustava. Analizirani su podaci o kakvoći sirove vode s promatranih izvorišta te je procijenjena ugroženost kakvoće podzemne vode usporedbom kemijskih, fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja kakvoće podzemne vode s propisanim standardima kakvoće sirove vode i podzemnih voda, prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe*. (NN br. 125/17) i *Uredbi o standardu kakvoće vode* (NN. br. 96/2019).

## 2. OPIS VODOZAHVATNOGA OBJEKTA

### 2.1. Podsustav „Sveta Jana“

Po veličini i kapacitetu najveći je podsustav „Sveta Jana”. Izvorišta u njemu su: „Gornja Draga I“, „Gornja Draga II“, „Srednja Draga“, „Perlić Mlin“, „Prodin Dol I“ i „Prodin Dol II“. U sustavu se nalaze vodospremnici „Malunje” ( $V=100\text{ m}^3$ ), „Srednjak” ( $V=90\text{ m}^3$ ), i „Gović” ( $V=1000\text{ m}^3$ ). Povezan sa sustavom „Plešivica”, podsustav „Sveta Jana“ osigurava vodoopskrbu Jastebarskog, Donjeg Desinca i dijelom općine Klinča sela (Nakić et al., 2008).

Korištenjem izvorišta „Draga“, voda se cjevovodima dovodi do naseljenih mjesta tog područja, čime je riješena vodoopskrba mještana na području Svetojanskog prigorja. Nadalje, voda se transportira prema vodospremniku „Malunje“ kojom se opskrbljuju naselja Malunje, Hrastje i Črnilovec. Iz vodospremnika „Malunje“ puni se vodospremnik „Gović“. Od njega se voda cjevovodima transportira prema nižem dijelu grada gdje se nalazi i većina korisnika, a opskrbljuju se još i Cvetković i Čabdin. Povezanost podsustava „Plešivica“ i „Sveta Jana“ osigurana je cjevovodom od vodospremnika „Gović“ do vodospremnika „Zdihovo“. Vodoopskrba naselja Prodin Dol i Ivančići riješena je izvorištima „Prodin Dol I“ i „Prodin Dol II“, a cjevovodima je formirana veza s glavnim dobavnim sustavom (Nakić et al., 2008).

Izdašnost izvorišta „Gornja Draga I“ iznosi 3,40 l/s, izvorišta „Gornja Draga II“ 6,40 l/s, izvorišta „Srednja Draga“ 7,90 l/s, izvorišta „Perlić Mlin“ 14,00 l/s i izvorišta „Prodin Dol II“ 4 l/s (Nakić et al., 2008).

### 2.2. Podsustav „Plešivica“

Ovaj podsustav koristi tri izvorišta „Sopote I“, „Sopote II“, „Sopote III“ i sastoji se od 7 vodospremnika. Podsustav opskrbljuje vodom padine Plešivice (Plešivičko prigorje), a višak se vode otprema cjevovodom do vodospremnika „Zdihovo“ ( $V=600\text{ m}^3$ ). Od njega se voda račva na dva dijela: cjevovodom do Zdihovačke ulice u Jastrebarskom i cjevovodom do izlaza na staru Karlovačku cestu. Vodoopskrba naselja Vranov Dol i Donja Reka riješena je vezom na



cjevovod od izvorišta Sopote do vodospremnika „Zdihovo“. Vodospremnik „Pavlovčani“ ( $V=50 \text{ m}^3$ ) opskrbljuje istoimeno naselje iz kojeg trasa cjevovoda vodi prema naselju Breznik Plešivički ispred kojeg je izveden mali vodospremnik „Breznik“ ( $V=50 \text{ m}^3$ ) (Nakić et al., 2008).

Vodospremnikom „Prilipje“ koriste se mještani naselja Prilipje, Plešivica i Mlečenica. Na izlaznoj cijevi ovog vodospremnika započinje vodospremnik „Plešivica“ ( $V=150 \text{ m}^3$ ). Opskrbljuje više dijelove Prilipja te naselje Jurjevčani, a preko vodospremnika „Vlaškovec“ ( $V=50 \text{ m}^3$ ) osigurava se vodoopskrba istoimenog naselja i naselja Orešje Okičko. Od vodospremnika „Prilipje“ izveden je cjevovod sve do prekidne komore „Lipova Loza“ preko koje se voda otprema do vodospremnika „Zdihovo“ (Nakić et al., 2008).

Izvorišta „Sopote I“, „Sopote II“ i „Sopote III“ nalaze se u blizini potoka Sopotnjak. Izvedena su kao betonske kapitaže. Izdašnosti izvorišta su 3,1 l/s (Nakić et al., 2008).

### **2.3. Podsustavi „Domagović“ i „Slavetić“**

Ovi se podsustavi temelje na korištenju izvorišta „Hrašće“. U podsustavu „Domagović“, voda se iz izvorišta uvodi u dovodno-opskrbbni cjevovod, koji ide od naselja Hrašća do naselja Novaki Petrovinski. Iz tog naselja izveden je cjevovod do naselja Volavje, a od Volavja do Petrovine pa sve to naselja Celine. Od Novaka Petrovinskih priključen je cjevovod koji prolazi u staru Karlovačku cestu u smjeru sjevera do grada Jastrebarsko. Također, od tog naselja izgrađen je i cjevovod koji opskrbljuje naselje Domagović i cjevovod koji prolazi trasom sve do odvojka za Krašić. Njime je osigurana vodoopskrba naselja Izimje, Čeglje, Guci Draganički i Vukšin Šipak (Nakić et al., 2008).

Obuhvat podsustava „Slavetić“ su zapadni dijelovi grada Jastrebarsko koji graniče s Karlovačkom županijom. U ovaj se podsustav voda uvodi preko precrpne stanice, koja koristi vodu iz izvorišta „Hrašće“. Preko precrpne stanice voda se podiže do vodospremnika „Goljak“ ( $V=300 \text{ m}^3$ ). Iz tog se vodospremnika opskrbljuju naselja Goljak, Dragovanščak, Slavetić, Brebrovac, Benići i Gornja Kupčina. Izvorište „Hrašće“ nalazi se u blizini potoka Stiske (Nakić et al., 2008).

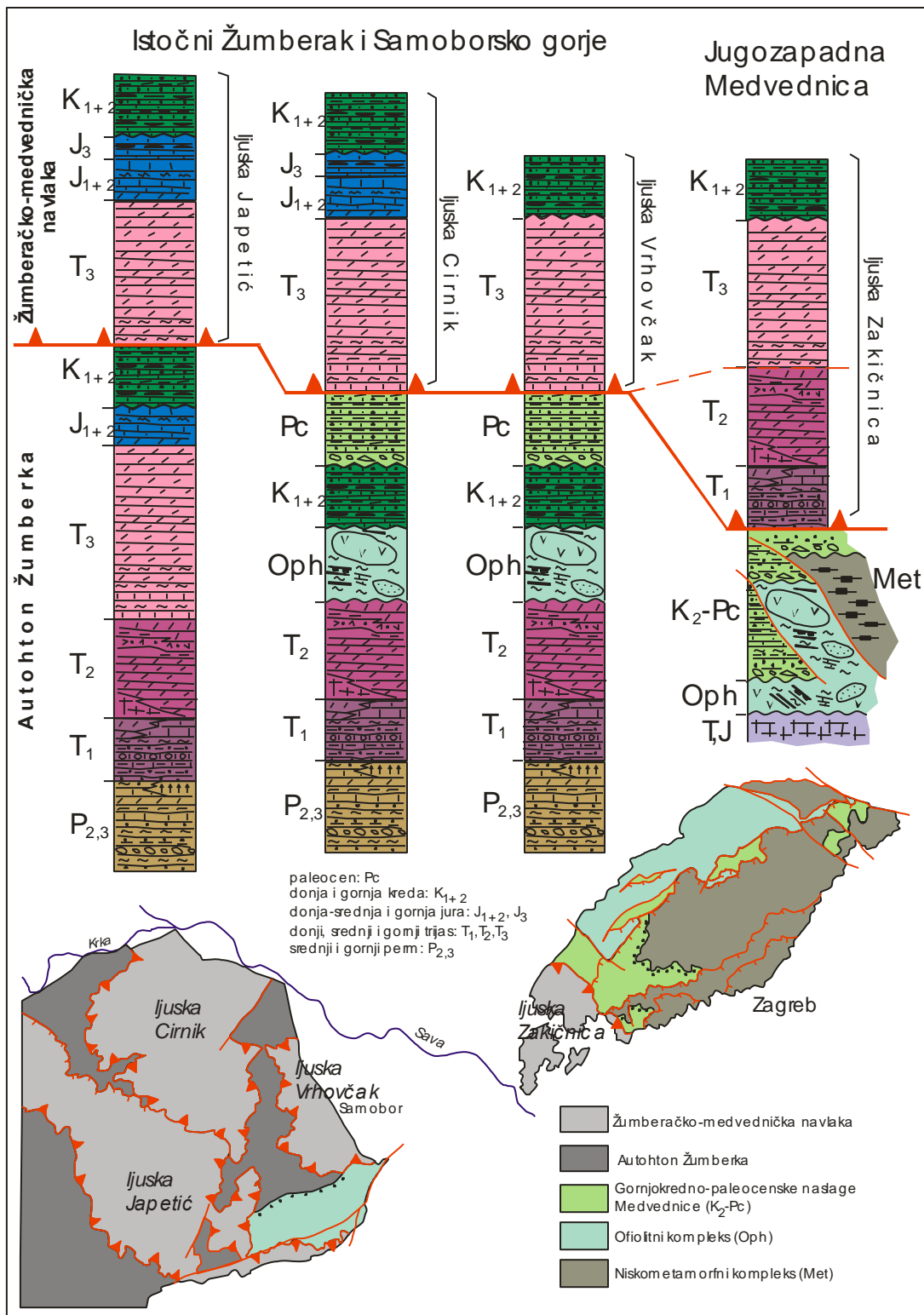
### 3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE NA ŠIREM JASKANSKOM PODRUČJU

Izvori na kojima se voda koristi za vodoopskrbu Jastrebarskog nalaze se na južnim obroncima Samoborskog gorja i Plešivice (Nakić et al., 2008). Kako bi se shvatila strukturna građa razmatranog područja, potrebno je objasniti strukturno-tektonske odnose na širem području od razmatranog, što podrazumijeva Žumberačko i Samoborsko gorje te jugozapadnu Medvednicu.

#### 3.1. Strukturno-tektonska građa

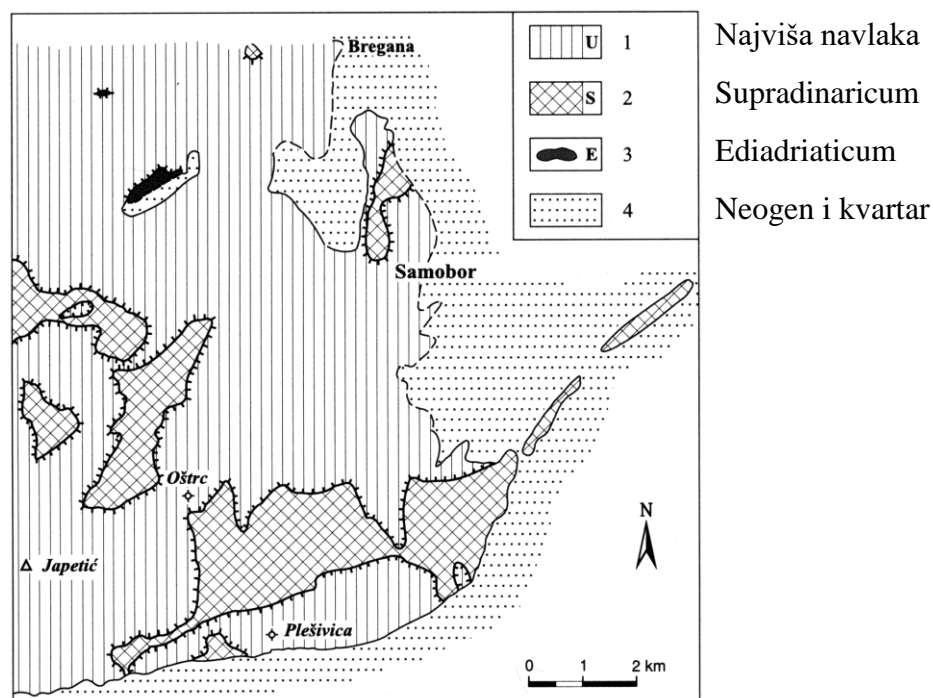
Strukturno-tektonski položaj Žumberka i Samoborskog gorja obilježen je složenim odnosima. To je područje kroz geološku prošlost bilo izloženo dinamičnim geotektonskim kretanjima (Frangen, 2013). Šikić et al. (1978, 1979) dijeli paleozojske i mezozojske naslage Samoborskog gorja (i jugozapadne Medvednice) u dvije tektonske jedinice. Prva je *autohton Žumberka*, zastupljena u središnjem dijelu Samoborskog gorja u čiji sastav ulaze tektonizirane stijene stvarane u razdoblju od srednjeg perma do paleogena. Tektonska jedinica *Žumberačko – medvednička navlaka* zastupljena je također u Samoborskom gorju te istočnom Žumberku. Navlaku čine sedimentne stijene trijasa, jure i krede, koje su tijekom savske orogenetske faze krajem paleogena u neogen navučene u smjeru juga-jugozapada preko *autohtona Žumberka* (Vujnović, 2010).

Primarno cjelovita navučena masa podijeljena je u četiri dijela (Japetić, Cirknik, Vrhovčak i Zakičnica) za koje se smatra da su prilikom navlačenja međusobno odvojene i translaticirane na različite udaljenosti, kako jedna u odnosu na drugu tako i u odnosu na podlogu navlake (Slika 3-1, Tomljenović, 2002).



Slika 3-1 Interpretacija navlačnih odnosa u Samoborskom gorju i u jugozapadnom dijelu Medvednice (preuzeto iz Tomljenović, 2002., prema Šikić et al., 1978, 1979 i Šikić, 1995)

Herak (1999) daje naglasak na navlačnu tektoniku u okviru strukturne građe Žumberka i Samoborskog gorja. Prema njemu, zapadni se dio razmatranog područja nalazi u kontaktu s Vanjskim Dinaridima (*Dinaricum*) i Unutrašnjih Dinarida (*Superdinaricum*). Herak (1999) daje prikaz u kojem dio *Najviše navlake* čine naslage paleozojske i trijaskе starosti (Slika 3-2). *Superdinaricum* izgrađuju naslage od lijasa do turona, a *Epiadrijatik* naslage stvarane od gornjeg trijasa do gornje krede (Nakić et al., 2008). Podvlačenje *Dinaricum*a pod *Superdinaricum* uzrokuje značajne deformacije (Vujnović, 2010).



Slika 3-2 Interpretacija navlačnih odnosa u Samoborskom gorju (prema Herak, 1999)

Tumač oznaka: 1) Najviša navlaka; 2) *Supradinaricum* (zajedno s mogućim izdancima *Dinaricum*); 3) Pelagičke naslage i formacije s pelagičnim utjecajem (*Epiadriaticum*); 4) Neogenski i kvartarni pokrov.

Tomljenović (2002) bilježi nekoliko deformacijskih događaja kroz geološku povijest u paleozojskim i mezozojskim naslagama Samoborskoga gorja, koji su rezultat recentni strukturni sklop.

Prvi deformacijski događaj iz razdoblja paleocen-eocen rezultirao je stvaranjem reversnih rasjeda, bora i pratećih struktura pružanja NNW s translacijom krovine prema WSW.

Drugi deformacijski događaj odnosi se na egenburško-otnangsku ekstenziju NE-SW, koje je rezultat stvaranje normalnih rasjeda NW pružanja.

Treći deformacijski događaj obuhvaća ekstenziju NW-SE i kompresiju NE-SW u razdoblju karpat(?) - baden - sarmat. Rezultat tog događaja su konjugirani normalni rasjedi i lijevi rasjedi NE pružanja te desni rasjedi NW pružanja.

Četvrti deformacijski događaj je kompresija N-S u razdoblju gornji pont-recentno, a posljedica toga je nastanak koljeničastih bora W pružanja.

U geološkoj građi Samoborskog gorja neogenske naslage izgrađuju njene rubne dijelove. Sedimenti koji se nalaze na južnom dijelu Samoborskog gorja su badenske, sarmatske, panonske i pontske starosti (Šikić et al., 1978, 1979).

### **3.2. Litostratigrafski opis**

Najstarije stijene su iz razdoblja srednjeg i gornjeg perma (**P<sub>2,3</sub>**). To su brečokonglomerati, konglomerati, pješčenjaci, siliti, šejlovi, vapnenci, dolomiti te gips. Mlađe naslage klastita u lateralnom i vertikalnom slijedu izmjenjuju se s tamnosivim vapnencima i dolomitima uz koje su vezane i pojave gipsa – anhidrita uočeni u rasjednoj zoni u sjevernom dijelu Plešivice te u dolini Rudarske i Lipovačke Gradne. Te naslage se nalaze se u podlozi Žumberačko – medvedničke navlake i čine Najvišu navlaku (Nakić et al., 2008).

Donji trijas (**T<sub>1</sub>**) sastoji se od ljubičasto-crvenih do zelenkastosivih pješčenjaka i silita s proslojcima vapnenaca u starijem dijelu (sajske naslage) koji prelaze u pločaste vapnence i dolomite (kampilske naslage). Donjotrijaske naslage na području Samoborskog gorja interpretirane su kao sastavni dio autohtona Žumberka, zajedno sa permskim naslagama (Nakić et al., 2008).

Srednjetrijaske naslage (**T<sub>2</sub>**) čine sivi gromadasti vapnenci, dolomitizirani vapnenci i dolomiti anizičke starosti (Nakić et al., 2008). Stijene ladiničke starosti su tamno uslojeni vapnenci, šejlovi, rožnjaci i piroklastiti (Vujnović, 2010).

Najzastupljeniji litostratigrafski član razmatranog područja je gornji trijas (**T<sub>3</sub>**), čije su naslage uglavnom su izgrađene od dolomita. U starijem dijelu tamnosivi dolomiti proslojeni su tamnosivim do crnim šejlovima (Vujnović, 2010). Dobro uslojeni Lipovec-vapnenci karničke starosti tamnosive su boje i otkriveni su sjeverozapadno od Japetića. Gornje naslage gornjeg trijasa čine stromatolitni dolomiti. Ove su naslage na području Samoborskog gorja samo dio Žumberačko-medvedničke navlake, a dijelom pripadaju autohtonu Žumberka (Nakić et al., 2008).

Naslage donje jure (**J<sub>1</sub>**) čine dobro uslojeni plitkomorski dolomiti i vapnenci, dolomitični vapnenci te vapnenci s rijetkim foraminiferama. U gornjem lijasu došlo je do razdvajanja trijasko – lijaske karbonatne platforme zbog čega je nastao dublji bazenski prostor. Tamo se nalaze pelagičke mikrite, biomikrite i rožnjake (Vujnović, 2010). Donjojurske naslage zabilježene su izvan slivnih područja kaptiranih izvora na površini (Nakić et al., 2008).

U gornjoj juri (**J<sub>3</sub>**) nastavlja se sedimentacija vapnenaca s rožnjacima i pelagičkim školjkašima (Vujnović, 2010). Jurske naslage jednim dijelom ulaze u sastav Žumberačko-medvedničke navlake, a jednim dijelom sastavni dio autohtona Žumberka. Vapnenci turbiditnih litofacijskih obilježja sastavni su dio Epiadrijatika koji je otkriven u Samoborskom gorju i istočnom dijelu Žumberka (Nakić et al., 2008).

Kredne naslage (**K<sub>1,2</sub>**) čine bazenski, pelagički i turbiditni sedimenti s izmjenama slojeva kalkrudita, kalkarenita i mikrita. Ove naslage sastavni su dio Superdinaridicuma (Nakić et al., 2008).

Gornjokredne naslage (**K<sub>2</sub>**) u mlađem dijelu čine vapnenačke breče i konglomerati iznad kojih dolazi serija sedimenata crvenosive do sive boje u kojoj su zastupljeni glinoviti lapori, kalkareniti i šejlovi. Oni se izmjenjuju s pločastim vapnencima i rožnjacima (Vujnović, 2010). Navedene naslage transgresivno naliježu na naslage gornjeg trijasa i pripadaju autohtonu Žumberka i Žumberačko-medvedničkoj navlaci (Nakić et al., 2008).

Paleocenske naslage (**Pc**) su na sačuvane na malim površinama u Samoborskom gorju. Donji dio zastupljen je rožnjačkim brečama i konglomeratima s valuticama centimetarskih i decimetarskih veličina. Na njima su taloženi sivi, smeđi i crveni lapori, siltiti i subgrauvakni pješčenjaci. Vršni, najmlađi dio čine konglomerati (Nakić et al., 2008).

Najstarije miocenske naslage jesu otnanške naslage zastupljene na površini Samoborskog gorja. Stariji dio otnanških naslaga su masivni konglomerati u izmjenama s pješčenjacima taloženim u aluvijalnim lepezama. Na njih slijede pelitni sedimenti, koji sadrže ugljen te ukazuju na taloženje u močvarnim područjima. Na ove se naslage nastavljaju slatkovodni vapnenci i lapori (Nakić et al., 2008).

Naslage donjeg badena sastavljene su od konglomerata, pješčenjaka i litotamnijskih vapnenaca (Nakić et al., 2008). Gornjobadenske naslage nalaze se na jugoistočnim padinama Samoborskog gorja, odnosno Plešivice. Predstavljaju ih breče, konglomerati, vapnenački pješčenjaci, litavci, litotamnijski vapnenci i vapnenački lapori. Oni su u transgresivnom kontaktu sa starijim naslagama (Vujnović, 2010).

Stijene donjeg sarmata su konkordantne na naslage gornjeg badena. Zastupljeni su lapori, glinoviti lapori te vapnenci koji su taloženi u uvjetima regresije (Nakić et al., 2008).

Na jugoistočnom dijelu Samoborskog gorja i Plešivice nalaze se sedimenti panona, koji naliježu konkordantno na donjosarmatske naslage, a diskordantno preko badenskih, krednih i trijaskih naslaga. Panonske naslage predstavljaju lapori sive boje s proslojcima sitnozrnastih pješčenjaka. U riječnim i jezerskim okolišima se iz bujičnih tokova talože šljunci i konglomerati (Nakić et al., 2008).

Naslage donjeg pontaa su izmjene sitnozrnastih pješčenjaka sive boje i siltitnih lapora. Na njih slijede gornjopontske naslage koje su zastupljene na većem području starije podine. Njih čine pjeskoviti lapori i gline koji prelaze u pijeske i siltove (Nakić et al., 2008).

Naslage pliokvartara (**Pl, Q**) naliježu diskordantno na starije naslage, a čine ih šljunci, konglomerati, pijesci te gline (Nakić et al., 2008).

#### 4. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE NA ŠIREM JASKANSKOM PODRUČJU

Stijene koje izgrađuju razmatrano područje prema hidrogeološkoj funkciji se mogu podijeliti u četiri skupine: nepropusne, slabopropusne, slabopropusne do propusne i propusne (tablica 4-1.) (Nakić et al., 2008).

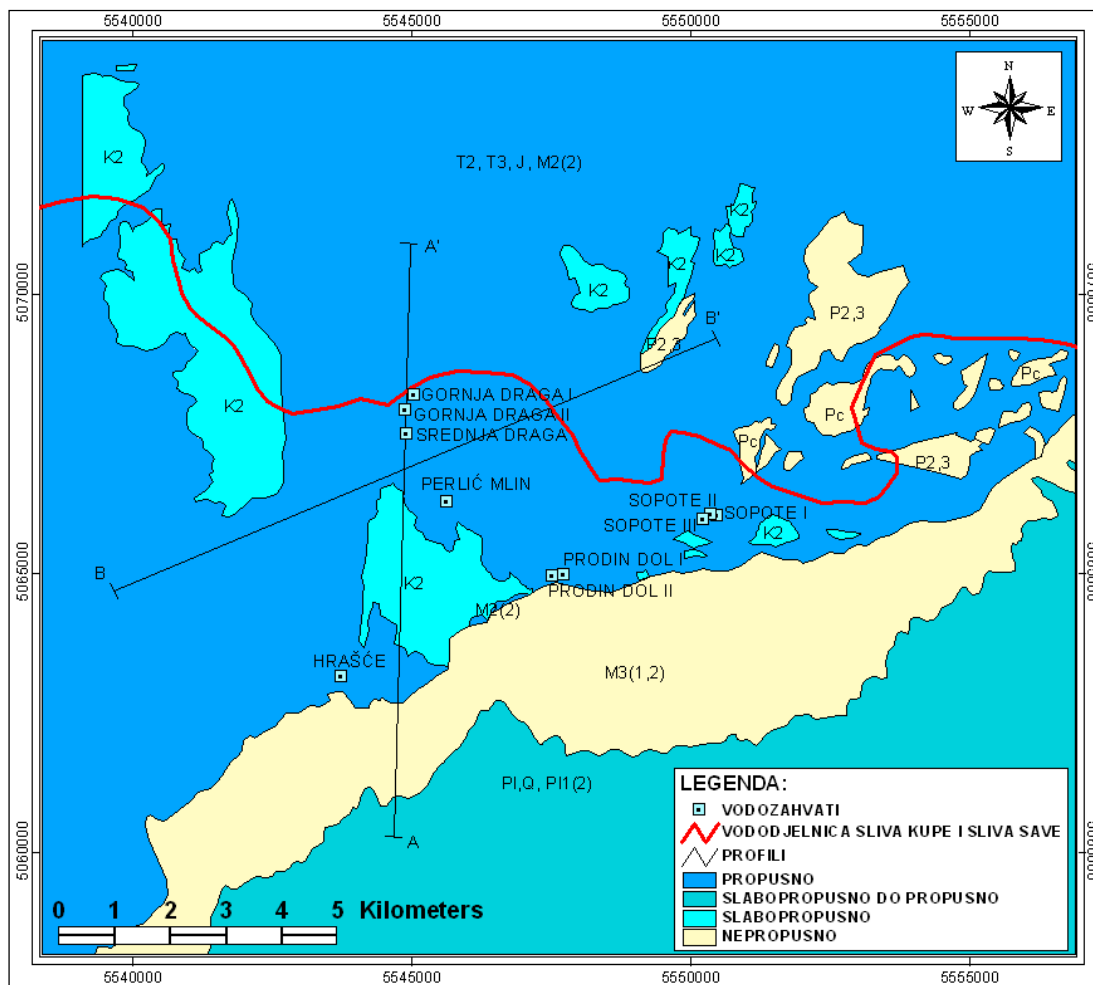
Tablica 4-1 Podjela stijena s obzirom na propusnost (Nakić et al., 2008)

Stratigrafska jedinica	Litološki opis	Propusnost
Perm ( $P_{2,3}$ )	brečokonglomerati, konglomerati, pješčenjaci, siltiti, šejlovi, vapnenci, dolomiti i gips	nepropusno
Donji trijas ( $T_1$ )	pješčenjaci, siltiti, pjeskoviti, ooidni, pločasti vapnenci, dolomiti	nepropusno
Srednji trijas ( $T_2$ )	pretežito raspucali i okršeni dolomiti	propusno
Gornji trijas ( $T_3$ )	pretežito raspucali i okršeni dolomiti	propusno
Jura ( $J$ )	Pretežito vapnenci i dolomiti	propusno
Kreda ( $K_{1,2}$ i $K_2$ )	vapnenci, pješčenjaci, šejlovi, rožnjaci, konglomerati, breče, lapori	slabopropusno
Paleocen ( $Pc$ )	lapori, siltiti, pješčenjaci, konglomerati, beče	nepropusno
Otnang-karpat ( $M_2^1$ )	konglomerati, pješčenjaci, vapnenci, lapori, proslojci gline i ugljena	slabopropusno do propusno
Baden ( $M_2^2$ )	konglomerati, breče, vapnenci	propusno
Sarmat, panon ( $M_3^{1,2}$ )	lapori, glinoviti vapnenci	nepropusno
Pont ( $Pl_1^2$ )	lapori, pješčenjaci, pijesci, gline	slabopropusno do propusno
Pliokvartar ( $PlQ$ )	pijesci, gline i šljunci	Slabopropusno do propusno

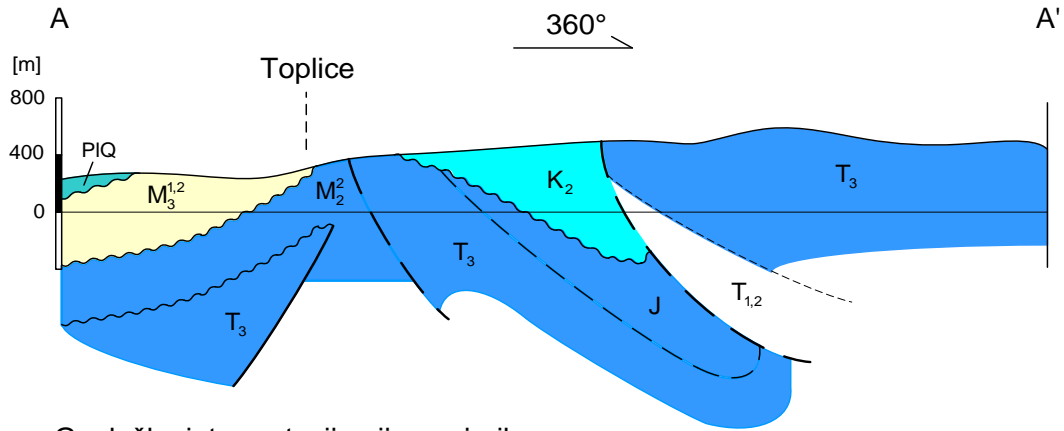


Karbonatne stijene izgrađuju većinu razmatranog terena te ih karakterizira pukotinska poroznost. Tektonski razlomljeni i dijelom okršeni, dolomiti gornjeg trijasa su dobro propusne stijene i vezani su za najznačajnije izvore uključene u vodoopskrbni sustav Jastrebarskog (Vujnović, 2010). Debljina ovih stijena je više stotina metara, čak i u slučajevima gdje je zbog tangencijalne tektonike došlo do podvostručenja (Slika 4-2, Slika 4-3) (Nakić et al., 2008).

Nepropusni ili slabopropusni vapnenci perma i donjeg trijasa nalaze se u podini dolomitnog vodonosnika u normalnom slijedu. U krovinskom krilu, na trijaskim dolomitima najčešće transgresivno naliježu gornjekredne naslage koje su po sastavu vapnenci te su u njima često razvijene vrtače. Taj dio krovine se smatra vodonosnikom koji s propusnim trijaskim dolomitima čini hidrogeološku cjelinu (Nakić et al., 2008). Poroznost ovog vodonosnika se procjenjuje na 5 do 25% (Dragičević et al., 1997). Na slici 4-1 prikazana je shematizirana hidrogeološka karta s ucrtanim hidrogeološkim profilima. Iz tih se profila vidi da karbonatne naslage čine složene geološke strukture, nalaze se na dubinama više od tisuću metara i zbog toga na većim dubinama ove naslage mogu sadržavati toplu vodu koja se pojavljuje na termomineralnim izvorima (Slika 4-2 i 4-3) (Nakić et al., 2008).

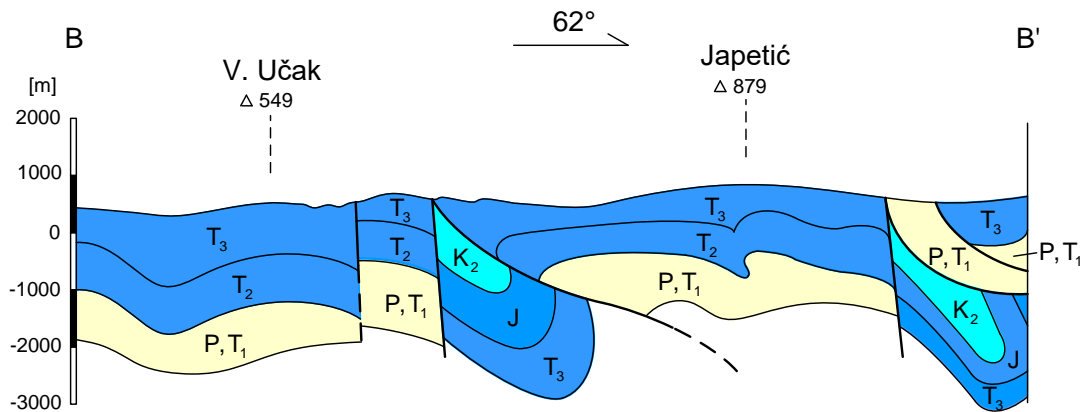


Slika 4-2 Shematizirana hidrogeološka karta s naznačenim trasama hidrogeoloških profila (Nakić et al., 2008)



Geološka interpretacija nije u mjerilu

Slika 4-3 Hidrogeološki profil A-A' (preuzeto iz Dragičević et al., 1997., djelomično preuređeno Nakić et al., 2008)



Geološka interpretacija nije u mjerilu

Slika 4-4 Hidrogeološki profil B-B' (preuzeto iz Pival, 1999., djelomično preuređeno Nakić et al., 2008)

Izvori koji se koriste za vodoopskrbu Jastrebarskog prema mjestu pojavljivanja mogu se podijeliti u dvije skupine (Nakić et al., 2008).

Prvoj skupini pripadaju izvori Hrašće-Jaševlje, Perlić Mlin, Draga Srednja, Draga Gornja I i II. Ti su izvori vezani za površine trijasnih stijena. Perlić Mlin je pukotinsko-uzlaznog tipa u dolomitima, izvori Draga Srednja i Draga Gornja pukotinsko-silaznog tipa u dolomitima, a Hrašće je razbijeno izvorište formirano u sekundarnom dolomitnom nanosu.

Izvori Prodin Dol I i II te Sopote 1, 2 i 3 pripadaju drugoj skupini izvora, koji se nalaze uz rasjed Slavetić – Plešivica. Karbonatne stijene su oštećene u tektonskim pokretima i u dodiru s nepropusnim naslagama čine puteve istjecanja podzemne vode (Nakić et al., 2008). Svi izvori koji pripadaju ovoj skupini, prema Delić (1990), su pukotinsko-silaznog tipa u dolomitima

## 5. HIDROLOŠKE ZNAČAJKE SLIVOVA NA JUŽNIM OBRONCIMA SAMOBORSKOG GORJA I PLEŠIVICE

U ovom su poglavlju opisani profili na vodotocima te njihove osnovne hidrološke značajke: oblik i površina sliva, pregrada te vegetacija na području profila (Nakić et al., 2008).

Sliv Stiske do profila „Hrašće“ izdužena je oblika, a najviši vrh je Zečak, prostrana livada iznad naselja Pavkovići, visine 795 m n.m. Potok Stiske protječe izvan ograde crpilišta „Hrašće“, a uz ogradu je na dva mjesta korito potoka pregrađeno. U prvoj pregradi izvedena su dva propusta promjera 80 i 60 cm, a u drugoj pregradi također dva propusta promjera 80 cm. Na slici 4. prikazana je pregrada na slivu Stiske uz ogradu izvorišta „Hrašće“. Širina korita u blizini izvorišta „Hrašće“ je oko 6 m, a širina dna je 20-2,5 m. (Nakić et al., 2008).



Slika 5-1 Uzvodna pregrada na Stiski uz ogradu izvorišta "Hrašće" (Nakić et al., 2008)

Izvorišta „Gornja Draga I“, „Gornja Draga II“, „Srednja Draga“ i „Perlić Mlin“ nalaze se na lijevoj obali Žumberačke rijeke. Japetić (879 m n.m.) je najviši vrh na slivu Žumberačka rijeka. Sliv Žumberačke rijeke do profila „Gornja Draga I“ je veličine  $A=3,63 \text{ km}^2$  i cijeli je pošumljen. Izvorište „Gornja Draga II“ smješteno oko 300 m nizvodno od profila uz izvorište

„Gornja Draga I“. Površina sliva Žumberačke rijeke do profila „Gornja Draga II“ je  $A=3,87$  km<sup>2</sup>. Budući da se zahvat nalazi oko 3 m iznad dna vodotoka, nema rizika od plavljenja kod pojave velikih voda. Izvorište „Srednja Draga“ nalazi se na lijevoj obali uz profil Žumberačke rijeke oko 450 m nizvodno od profila uz zahvat „Gornja Draga II“. Površina sliva Žumberačka rijeka do razmatranog profila „Srednja Draga“ je  $A=4,02$  km. Cijelom dužinom sliva nalazi se šuma. Zahvat „Perić Mlin“ smješten se na lijevoj obali uz profil na Žumberačkoj rijeci oko 3,1 km nizvodno od profila „Srednja Draga“. Površina sliva Žumberačke rijeke do profila „Perić Mlin“ je  $A=7,98$  km<sup>2</sup> i cijeli sliv je pošumljen (Nakić et al., 2008).

U gornjem dijelu sliva potoka Bojanščak, na lijevoj obali, nalazi se izvorište „Prodin Dol II“. Sliv Bojanščaka do razmatranog profila „Prodin Dol II“ veličine je  $A=0,99$  km<sup>2</sup> i obrašten je šumom. Veličina sliva potoka Bojanščak do zahvata „Prodin Dol I“ je  $A=0,23$  km<sup>2</sup> i cijeli sliv se nalazi u šumi. Na području ovog zahvata nalazi se korito povremenog vodotoka pa se zbog visinskog položaja zahvata u odnosu na njega procjenjuje da nema opasnosti od plavljenja u slučaju velikih voda (Nakić et al., 2008).

Zahvat „Sopote I“ udaljen je od zahvata „Sopote II“ za 120 m, a „Sopote II“ i „Sopote III“ nalaze se na međusobnoj udaljenosti oko 150 m. Navedeni se zahvati nalaze na lijevoj obali potoka Sopotnjaka. „Sopote I“ udaljen je 20-ak metara od vodotoka, a nalazi se 3 m iznad dna potoka, a veličina sliva Sopotnjaka do profila je  $A=1,00$  km<sup>2</sup>. Udaljenost „Sopote II“ i vodotoka iznosi oko 15 m i također je smješten 3 m iznad njegova dna, dok je veličina sliva do profila  $A=1,14$  km<sup>2</sup>. „Sopote III“ nalazi se 5 m od vodotoka i smješten je 4 m iznad njega, a veličina sliva do njega je  $A=1,24$  km<sup>2</sup> (Nakić et al., 2008).

Sinteza glavnih značajki slivova opisanih u ovom poglavlju mogu se vidjeti u tablici 5-1. Oznake korištene u tablici su:

- $A$  (km<sup>2</sup>) – veličina sliva
- $L$  (km) – duljina glavnog vodotoka
- $H_{max}$  (m n.m.) – kota najvišeg vrha na slivu
- $H$  (m n.m.) – kota protjecajnog profila

Tablica 5-1 Glavne značajke slivova Stiske, Žumberačke rijeke, Bojanščaka i Sopotnjaka do profila u kojima se nalaze navedeni zahvati (Nakić et al., 2008)

Redni broj	Vodotok	Profil (zahvat)	A (km <sup>3</sup> )	L (km)	H <sub>max</sub> (m n.m.)	H (m n.m.)
1	Stiske	„Hrašće“	6,23	6,1	795	247
2	Žumberačka rijeka	„Gornja Draga I“	3,63	4,2	879	421
3	Žumberačka rijeka	„Gornja Draga II“	3,87	4,6	879	402
4	Žumberačka rijeka	„Srednja Draga“	4,02	5,1	879	385
5	Žumberačka rijeka	„Perlić Mlin“	7,98	8,2	879	344
6	Bojanščak	„Prodin Dol II“	0,99	2,1	832	345
7	pritok Bojanščaka	„Prodin Dol I“	0,23	1,0	630	325
8	Sopotnjak	„Sopote I“	1,00	2,0	710	447
9	Sopotnjak	„Sopote II“	1,14	2,1	710	437
10	Sopotnjak	„Sopote III“	1,24	2,3	710	401

## 6. PODACI O KAKVOĆI VODE

U ovom poglavlju analizirani su podaci o kakvoći sirove vode te podaci iz nacionalnog monitoringa kakvoće podzemne vode. Prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17) propisuju se parametri zdravstvene ispravnosti (mikrobiološki i kemijski), indikatorski parametri (mikrobiološki i kemijski) i parametri radioaktivnih tvari u vodi za ljudsku potrošnju. Iz tih propisanih, izdvojeni se pojedini parametri te se uspoređeni s MDK i graničnom vrijednošću. U *Uredbi o standardu kakvoće vode* (NN br. 96/2019), granične vrijednosti pokazatelja označavaju standard kakvoće podzemnih voda te su navedene granične vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari. Od odabranih parametara, granične vrijednosti postoje za kloride, sulfate i arsen. Podaci o sirovoj vodi s promatranih izvorišta uspoređeni su s MDK vrijednostima za pitke vode. Podzemne vode su prema Nakić et al. (2016) obrađivane po grupiranim tijelima. U ovom su poglavlju analizirani podaci iz nacionalnog monitoringa kakvoće podzemne vode koji prema pripadaju u grupirano tijelo podzemne vode Žumberak-Samoborsko gorje.

U tablicama 6-1, 6-2 i 6-3 navedeni su parametri klasificirani na: mikrobiološke pokazatelje, kemijske pokazatelje, indikatorske parametre prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17).



Tablica 6-1. Klasifikacija mikrobioloških parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17).

<b>Pokazatelji</b>	<b>Mjerna jedinica</b>	<b>MDK</b>
Escherichia coli (E. Coli)	broj/100ml	0
Enterokoki	broj/100ml	0
Clostridium perfringens (uključujući spore)	broj/100ml	0
Enterovirusi	broj/100ml	0

Pokazatelji u tablici imaju MKD vrijednost nula što znači da ne smiju biti prisutni u vodi.

Tablica 6-2 Klasifikacija kemijskih parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17).

<b>Pokazatelji</b>	<b>Jedinice</b>	<b>MDK</b>
Akrilamid	µg/l	0,1
Antimon	µg/l	5
Arsen	µg/l	10
Benzen	µg/l	1
Benzo(a)piren	µg/l	0,01
Bor	mg/l	1
Bromati	µg/l	10
Kadmij	µg/l	5
Krom	µg/l	50
Bakar	mg/l	2
Cijanidi	µg/l	50
1,2-dikloreten	µg/l	3
Epiklorhidrin	µg/l	0,1
Fluoridi	mg/l	1,5
Olovo	µg/l	10
Živa	µg/l	1
Nikal	µg/l	20
Nitrati	mg/l	50
Nitriti	mg/l	0,5
Pesticidi	µg/l	0,1
Pesticidi ukupni	µg/l	0,5
PAH (policiklički aromatski ugljikovodici)	µg/l	0,1
Selen	µg/l	10
Suma tetrakloreten i trikloreten	µg/l	10
THM-ukupni	µg/l	100
Vinil klorid	µg/l	0,5
Kloriti	µg/l	400
Klorati	µg/l	400
Otopljeni ozon	µg/l	50

Tablica 6-3 Klasifikacija indikatorskih parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17).

<b>Pokazatelji</b>	<b>Jedinice</b>	<b>M.D.K.</b>
Aluminij	µg/l	200
Amonij	mg/l	0,5
Barij	µg/l	700
Berilij	µg/l	
Boja	mg/PtCo skale	20
Cink	µg/l	3000
Detergenti anionski	µg/l	200
neionski	µg/l	200
Fenoli (ukupni)	µg/l	
Fosfati	µgP/l	300
Kalcij	mg/l	
Kalij	mg/l	12
Kloridi	mg/l	250
Kobalt	µg/l	
Koncentracija vodikovih iona	pH jedinica	6,5-9,5
Magnezij	mg/l	
Mangan	µg/l	50
Ugljikovodici	µg/l	50
Miris		bez
Mutnoća	NTU	4
Natrij	mg/l	200
Okus		bez
Silikati	mg/l	50
Slobodni rezidualni klor	mg/l	0,5
Srebro	µg/l	10
Sulfati	mg/l	250
TOC	mg/l	Bez značajnih promjena
Ukupna tvrdoća	CaCO <sub>3</sub>	
Ukupne suspenzije	mg/l	10
Utrošak KMnO <sub>4</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	5
Vanadij	V µg/l	5
Vodikov sulfid	mg/l	0,05
Vodljivost	µS/cm /20 °C	2500
Željezo	µg/l	200
Broj kolonija 22°C	Broj/1ml	100
Broj kolonija 36°C	Broj/1ml	100
Ukupni koliformi	Broj/100ml	0
Pseudomonas aeruginosa	Broj/100ml	0

## 6.1. Podaci o kakvoći vode za podsustav „Sveta Jana“

Na izvorištima u podsustavu „Sveta Jana“ provedena je statistička analiza za određivanje osnovnih pokazatelja kakvoće sirove vode na temelju podataka provedenih u razdoblju od 2013. do 2017. te analiza podataka iz nacionalnog monitoringa kakvoće podzemne vode u razdoblju od 2007. do 2016. godine

U tablici 6-4 prikazani su izabrani parametri s osnovnim karakteristikama te vrijednostima koji pokazuju kemijsko stanje sirove vode. Izabrani parametri su kalij, kloridi, mangan, natrij, nitrati, željezo, ukupni koliformi te Escherichia coli. Osim samih pokazatelja, u tablici su navedene vrijednosti značajki tih parametara te pripadajuće MDK vrijednosti.

Tablica 6-4 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće sirove vode izvorišta u okviru podsustava „Sveta Jana“

Pokazatelj	Broj analiza (N)	Srednja vrijednost (x)	Minimum (min)	Maksimum (max)	MDK*
Escherichia coli (broj/100ml)	15	0,73	0	<b>6</b>	0
Kalij (mg/l)	15	0,45	0,4	0,5	12
Kloridi (mg/l)	15	1,58	0,5	2	
Mangan (µg/l)	15	0,8	0,25	10,6	50
Nitrati (mg/l)	15	2,94	2,1	4,9	50
Željezo (µg/l)	15	3,6	1	16,1	200
Ukupni koliformi (broj/100ml)	15	2,6	0	<b>14</b>	0

\* MDK prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17).

Iz navedene se tablice primjećuje kako pojedini parametri koji su pokazatelji kakvoće sirove vode na izvorištima u podsustavu „Sveta Jana“ nisu u skladu s propisanim vrijednostima parametara iz *Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17) odnosno prelaze MDK. Na lokaciji izvorišta „Perlić Mlin“ u jednom je uzorku vode utvrđena pojava koliformnih bakterija te *Escherichie coli*. Kod izvorišta „Gornja Draga“ u dvije analize vode uočena pojava koliformnih bakterija te prisutnost *Escherichie coli* u jednoj od tih analiza. Pojava ovih bakterija ukazuje na fekalno zagađenje. Ostali parametri odgovaraju propisanim odredbama.

U tablici 6-5 prikazane su vrijednosti izabranih parametara i njihovih značajki, koji su pokazatelji kemijskog stanja podzemne vode. Provedena je statistička analiza kakvoće vode u izvorištima podsustava „Sveta Jana“. Izabrani parametri su: mangan, željezo, kloridi, sulfati, nitrati, *Escherichia coli* te koliformne bakterije.

Tablica 6-5 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće podzemne vode izvorišta u okviru podsustava „Sveta Jana“

Pokazatelj	Broj analiza (N)	Srednja vrijednost (X)	Minimum (min)	Maksimum (max)	Standardna devijacija	MDK *	Granična vrijednost **
Mangan (µg/l)	16	0,31	0,25	0,7	0,14	50	-
Željezo (µg/l)	16	12	2,5	95,5	21,9	200	-
Kloridi (mg/l)	16	1,21	0,5	2,1	0,39	250	250
Sulfati (mg/l)	16	5,47	2	7,3	1,35	250	250
Nitrati (mg/l)	16	0,72	0,3	1	0,21	50	-
Escherichia coli (broj/100ml)	16	<b>1,25</b>	0	<b>14</b>	3,59	0	-
Koliformne bakterije (broj/100ml)	16	<b>7,25</b>	0	<b>74</b>	18,15	0	-

\* MDK prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17)

\*\* Granična vrijednost prema *Uredbi o standardu kakvoći vode* (NN br. 96/19)

Tablica pokazuje kako određeni parametri nisu u skladu s odredbama propisanim u *Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17). U dva su uzorka vode utvrđene pojave *Escherichie coli* te

koliformnih bakterija kao indikatori fekalnog zagađenja. Pojave su izmjerene u rujnu i kolovozu 2016. godine, a u studenom ove bakterije više nisu zabilježene. Ostali parametri odgovaraju odredbama. Maksimalna vrijednost željeza blago je povišena, no ne prelazi MDK vrijednost. Povišena koncentracija željeza vjerojatno je posljedica otapanja karbonata, koji sadrži primjese željeznih oksida ili hidroksida.

## **6.2. Podaci o kakvoći vode za podsustav „Plešivica“**

U ovom podsustavu su izvorišta „Sopote I“, „Sopote II“ i „Sopote III“. Provedena je statistička analiza za određivanje osnovnih pokazatelja kakvoće sirove vode na temelju podataka provedenih u razdoblju od 2013. do 2017. te analiza podataka iz nacionalnog monitoringa kakvoće podzemne vode u razdoblju od 2007. do 2016. godine.

U tablici 6-6 prikazani su izabrani parametri sa osnovnim karakteristikama te vrijednostima koji pokazuju kemijsko stanje sirove vode. Izabrani parametri su: kalij, kloridi, mangan, natrij, nitrati, željezo, Escherichia coli i koliformne bakterije.

Tablica 6-6 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće sirove vode izvorišta u okviru podsustava „Plešivica“

<b>Pokazatelj</b>	<b>Broj analiza (N)</b>	<b>Srednja vrijednost (X)</b>	<b>Minimum (min)</b>	<b>Maksimum (max)</b>	<b>MDK*</b>
Kalij (µg/l)	7	0,5	0,4	0,5	12
Kloridi (mg/l)	7	3,35	0,25	1,8	250
Mangan (µg/l)	7	0,32	0,25	0,5	50
Natrij (mg/l)	7	0,45	0,35	0,9	200
Nitrati (mg/l)	7	4,14	1,2	6,7	50
Željezo (µg/l)	7	2,07	1	2,5	200
Ecsherichia coli (broj/100ml)	7	0	0	0	0
Koliformne bakterije (broj/100ml)	7	0	0	0	0

\* MDK prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17)

Iz dane tablice uočava se kako je kakvoća vode na izvorištima „Sopote I“, „Sopote II“ te „Sopote III“ u cijelosti u skladu s odredbama prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17).

U tablici 6-7 prikazane su vrijednosti pojedinih značajki odabranih parametara, koji su pokazatelji kemijskog stanja podzemne vode. Provedena je statistička analiza kakvoće vode u trima izvorištima podsustava „Plešivica“. Izabrani parametri su: mangan, željezo, kloridi, sulfati, nitrati, Ecsherichia coli i koliformne bakterije.



Tablica 6-7 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće podzemne vode izvorišta u okviru podsustava „Plešivica“

Pokazatelj	Broj analiza (N)	Srednja vrijednost (X)	Minimum (min)	Maksimum (max)	Standardna devijacija	MD K *	Granična vrijednost **
Mangan (µg/l)	8	0,41	0,25	0,6	0,23	50	-
Željezo (µg/l)	8	9,85	2,5	21,3	7,35	200	-
Kloridi (mg/l)	8	1,18	0,5	1,6	0,29	250	250
Sulfati (mg/l)	8	8,31	4	10,5	1,95	250	250
Nitrati (mg/l)	8	1,03	0,7	1,4	0,28	50	-
Escherichia coli (broj/100ml)	8	<b>2,75</b>	0	<b>22</b>	0,23	0	-
Koliformne bakterije (broj/100ml)	8	0	0	0	0	0	-

\* MDK prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17)

\*\* Granična vrijednost prema *Uredbi o standardu kakvoći vode* (NN br. 96/19).

U svibnju 2016. godine na izvorištu „Sopote I“ utvrđena je pojava bakterije *Escherichia coli* kao moguća posljedica odvoda fekalnih voda u naseljima u kojima nije izgrađena kanalizacijska mreža. Ostali parametri su u skladu prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu*

*vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17) i Uredbi o standardu kakvoće voda (NN br. 96/19).*

### **6.3. Podaci o kakvoći vode za podsustav „Domagović“ i „Slavetić“**

Navedeni se sustavi temelje na korištenju izvorišta „Hrašće“. Provedena je statistička analiza za određivanje osnovnih pokazatelja kakvoće sirove vode na temelju podataka provedenih u razdoblju od 2013. do 2017. te analiza podataka iz nacionalnog monitoringa kakvoće podzemne vode u razdoblju od 2007. do 2016. godine.

Tablica 6-8 prikazuje izabrane parametre sa osnovnim karakteristikama te vrijednostima koji pokazuju kemijsko i mikrobiološko stanje sirove vode. Provedene su četiri analize, a parametri korišteni u tablici su: kalij, kloridi, mangan, natrij, nitrati, željezo, *Escherichia coli* i koliformne bakterije.

Tablica 6-8 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće sirove vode izvorišta u okviru podsustava „Domagović“ i „Slavetić“

<b>Pokazatelj</b>	<b>Broj analiza (N)</b>	<b>Srednja vrijednost (X)</b>	<b>Minimum (min)</b>	<b>Maksimum (max)</b>	<b>MDK *</b>
Kalij (µg/l)	4	0,45	0,4	0,5	12
Kloridi (mg/l)	4	1,5	1,2	1,8	250
Mangan (µg/l)	4	0,31	0,25	0,5	50
Natrij (mg/l)	4	0,62	0,4	1	200
Nitrati (mg/l)	4	1,65	0,25	2,5	50
Željezo (µg/l)	4	2,12	1	2,5	200
Escherichia coli (broj/100ml)	4	0	0	0	0
Koliformne bakterije (broj/100ml)	4	0	0	0	0

\* MDK prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17)

Iz dane se tablice uočava kako je kakvoća vode na izvorištu „Hrašće“ u cijelosti u skladu s odredbama prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17).

U tablici 6-9 prikazane su vrijednosti pojedinih značajki odabranih parametara, koji su pokazatelji kemijskog stanja podzemne vode. Provedena je statistička analiza kakvoće vode na izvorištu „Hrašća“. Izabrani parametri su: nitrati, arsen, mangan, željezo, kloridi, sulfati, Escherichia coli i koliformne bakterije.

Tablica 6-9 Osnovni statistički pokazatelji stanja kakvoće sirove vode izvorišta u okviru podsustava „Domagović“ i „Slavetić“

Pokazatelj	Br. analiza (N)	Srednja vrijednost (X)	Minimum (min)	Maksimum (max)	Standardna devijacija	MDK *	Grafična vrijednost **
Nitrati (mg/l)	26	0,39	0,1	0,6	0,14	50	-
Koliformne bakterije (broj/100ml)	24	1,58	0	<b>16</b>	3,42	0	-
Kloridi (mg/l)	26	1,66	0,5	5,54	0,96	250	250
Sulfati (mg/l)	26	6,68	0,5	9,7	1,5	250	-
Arsen (µg/l)	26	0,86	0,5	7,5	1,34	10	10
Mangan (µg/l)	26	11,66	0,25	<b>63,8</b>	42,64	50	-
Željezo (µg/l)	26	11,34	0,5	100	19,74	200	-
Escherichia coli (broj/100ml)	26	0	0	0	0	0	-

\* MDK prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17)

\*\* Grafična vrijednost prema Uredbi o standardu kakvoći vode (NN br. 96/19).

Iz dane se tablice uočava da koncentracije pojedinih parametara premašuju MDK vrijednost prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17). U travnju 2008. godine izmjerena je koncentracija mangana koja prelazi MDK vrijednost. U nekoliko uzetih uzorka koncentracije arsena i željeza su povećane, ali ne prelaze MDK vrijednost. U studenom 2007. godine zabilježena je pojava koliformnih bakterija i *Escherichie coli* u uzorcima vode te ukazuje na fekalno onečišćenje. Povišena koncentracija mangana i željeza vjerojatno je posljedica otapanja karbonata, koji sadrži primjese željeznih i manganskih oksida ili hidroksida. Pretpostavlja se da je mikrobiološko onečišćenje uzrokovala divlja životinja ili je izvor onečišćenja otpadna voda iz septičkih jama.

#### **6.4. Izvori onečišćenja na području istraživanja**

Izvori onečišćenja dijele se na aktivne i potencijalne. Za aktivne izvore sa sigurnošću se može dokazati da emitiraju zagađivalo u podzemlje, dok kod potencijalnih izvora onečišćenja do emisije dolazi uslijed havarija, kvarova ili nepažnje. (Nakić et al., 2008).

U okviru podsustava „Sveta Jana“ razlikuju se nekoliko aktivnih te potencijalnih izvora onečišćenja. U kamenolomu dolomita Rožić proizvodi se industrijski kamen te transport kamionima kiperima. Minerske aktivnosti mogu znatno poremetiti drenažne sustave u slivu izvorišta „Perlić Mlin“. Potencijalnu opasnost za kakvoću podzemne vode predstavlja proizvodnja kamenih francija te transport kamionima u slučaju izlivanja goriva ili ulja iz strojeva, motora i alata. Kamioni za transport kamena iz kamenoloma dolomita prolaze uz cestu na kojoj se nekad nalazilo tovilište divljih svinja, koje je izravno ugrožavalo kakvoću podzemne vode. Prostor tovilišta nije bio uređen niti su lovci imali dozvolu od nadležnih institucija pa je on maknut. Ta neasfaltirana cesta prolazi uz sva izvorišta, a nema uređen sustav oborinskih voda niti separatore ulja i masti pa pripada potencijalnim izvorima onečišćenja (Nakić et al., 2008).

Glavni izvori onečišćenja izvorišta „Sopote I“, „Sopote II“, i „Sopote III“ jesu septičke jame iz domaćinstva u naselju Prekrižje Plešivičko i lokalne ceste koje vodi do istog naselja.

Budući da u naselju Prekrižje Plešivičko ne postoji kanalizacijska mreža, odvodnja fekalnih i oborinskih voda riješena je gradnjom septičkih jama koje znatno utječu na zagađenje podzemne vode (Nakić et al., 2008).

Aktivni i potencijalni izvori onečišćenja u podsustavima „Slavetić“ i „Domagović“ su: male poljoprivredne površine na maloj udaljenosti od izvorišta, septičke jame te neasfaltirane ceste. Na poljoprivrednoj površini u blizini izvorišta „Hrašće“ zagađenje tla i podzemne vode može se odvijati gnojenjem te primjenom pesticida i zaštitnih sredstava pa se poljoprivredna aktivnost smatra najvećim potencijalnim onečišćivačem. Odvodnja fekalnih i oborinskih voda u naseljima Tihočaj i Paljugi riješena je izgradnjom septičkih jama koje zagađuju podzemne vode. Lokalna cesta koja vodi od naselja Paljugi do naselja Tihočaj nema sustav odvodnje oborinskih voda pa se svrstava u linijske onečišćivače (Nakić et al., 2008).

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom su radu opisane geološke, hidrogeološke i hidrokemijske značajke slivova izvorišta na području grada Jastrebarsko te analizirani podaci o kakvoći sirove i podzemne vode.

Izvorišta na promatranom području vezana su uz krške vodonosnike, dolomite srednjeg i gornjeg trijasa. Šire područje istraživanja karakterizirano je složenim strukturno-tektonskim odnosima u kojima je naglasak na navlačnu tektoniku.

Vodoopskrba grada Jastrebarsko vrši se putem četiri podsustava: „Sveta Jana“, „Plešivica“, „Slavetić“ i „Domagović“. Za svaki je podsustav provedena statistička analiza za određivanje osnovnih pokazatelja kakvoće sirove vode te analiza podataka iz nacionalnog monitoringa kakvoće podzemne vode za ocjenu ugroženosti podzemne vode.

U vodi sva četiri podsustava zabilježene su povećane koncentracije koliformnih bakterija i *Escherichie coli* koje prelaze MDK vrijednost prema *Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17). Prisutnost ovih bakterija u vodi ponajprije je posljedica nepostojanja kanalizacijske mreže u pojedinim naseljima. Sve se otpadne vode iz poljoprivrednih domaćinstava nekontrolirano upuštaju u podzemlje što pogoršava kakvoću podzemnih voda. Također, kod tih se naselja nalaze neasfaltirane ceste koje nemaju uređen sustav odvodnje oborinskih voda što također smanjuje kakvoću vode.

U vodi podsustava „Domagović“ i „Slavetić“ zabilježene su koncentracije mangana koje premašuju MDK vrijednost te povišene koncentracije željeza. Vjerojatni uzrok povišenih vrijednosti mangana i željeza u vodi je otapanje karbonatnih stijena koje sadrže željezne i manganske okside i hidrokside. Povišene koncentracije mangana u vodi mogu se javiti uslijed utjecaja prekomjerne primjene umjetnih gnojiva koje sadrže mangan kao mikronutrijent, međutim to nije previše vjerojatno zbog slabe naseljenosti ovoga područja i neznatne poljoprivredne aktivnosti u slivovima promatranih izvorišta.

## **8. LITERATURA**

### **8.1. Objavljeni radovi**

Frangen, T. (2013): Određivanje značajki krškoga vodonosnika na području jugozapadnog Žumberka kvantitativnim trasiranjem u različitim hidrološkim uvjetima. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Herak, M. (1999): Tectonic Interrelation of the Dinarides and the Southern Apls. Geol. Croat., 52/1, 83-98, Zagreb.

Pival, M. (1999): Izvori gorskih vodonosnika Žumberka i Samoborske gore. Diplomski rad. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Šikić, K., Basch O. & Šimunić A. (1978): Osnovna geološka karta M 1:100 000, list Zagreb L 33-80, Inst. Geol. Istraž., Zagreb (1972), Sav. geol. zav., Beograd.

Šikić, K., Basch O. & Šimunić A. (1979): Osnovna geološka karta M 1:100 000, Tumač za list Zagreb L 33-80, Inst. Geol. Istraž., Zagreb (1972), Sav. geol. zav., Beograd.

Tomljenović, B. (2002): Strukturne značajke Medvednice i Samoborskog gorja. Doktorska diertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Vujnović, T. (2010): Hidrogeološke značajke parka prirode Žumberak-Samoborsko gorje. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

### **8.2. Studije, elaborati**

Delić, D. (1990): Studija korištenja i zaštite izvorišta u okviru vodoopskrbnog sustava općine Jastrebarsko. Komunalno poduzeće Jastrebarsko.

Dragičević, I., Blašković, I., Mayer, D., Žugaj, R. i Tomljenović B. (1997): Gorski i prigorski vodonosnici sjeverne Hrvatske, izvješće o radovima u 1997. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.



Nakić, Z., Bačani A., Žugaj R., Posavec K. (2008): Elaborat zaštitnih zona izvorišta na području grada Jastrebarsko. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Nakić, Z., Bačani A., Parlov J., Duić Ž., Perković D., Kovač, Z., Tumara, D., Mijatović, I., Špoljarić, D., Ugrina, I., Stanek, D., Slavinić, P. (2016): Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske. Studija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

### **8.3. Zakonski propisi**

Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/2017)

Uredba o standardu kakvoće voda (NN br. 96/2019)



KLASA: 602-04/21-01/106  
URBROJ: 251-70-14-21-2  
U Zagrebu, 9.9.2021.

Lara Mesic, studentica

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/106, URBROJ: 251-70-14-21-1 od 23.4.2021. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

### HIDROGEOLOŠKE I HIDROKEMIJSKE ZNAČAJKE SLIVOVA IZVORIŠTA NA PODRUČJU GRADA JASTREBARSKO

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Prof. dr. sc. Zoran Nakić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj:

(potpis)

Prof. dr. sc. Zoran Nakić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko  
Ružičić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i  
studente:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor  
Kuhinek

(titula, ime i prezime)