



Sveučilište u Zagrebu  
**RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET**

**Studija**

***„DEFINIRANJE TRENDOVA I OCJENA STANJA PODZEMNIH VODA NA  
PODRUČJU PANONSKOG DIJELA HRVATSKE“***

**Zagreb, 2016.**

**PROJEKTNI ZADATAK:**

**Studija „Definiranje trendova i ocjena stanja  
podzemnih voda na području panonskog dijela  
Hrvatske“**

**UGOVOR:**

<b>Evid. broj:</b>	<b>OP 2015/ 24</b>
<b>Klasa (RGNF):</b>	<b>303-02/15-01/90</b>
<b>Urbroj (RGNF):</b>	<b>251-70-01-15-5</b>
<b>Klasa (HRVATSKE VODE):</b>	<b>325-01/15-10/107</b>
<b>Urbroj (HRVATSKE VODE):</b>	<b>374-1-6-15-8</b>
<b>Datum:</b>	<b>28.8.2015.</b>

**NARUČITELJ:**

**HRVATSKE VODE**

**IZVRŠITELJ:**

**Sveučilište u Zagrebu, RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI  
FAKULTET**

**OVLAŠTENIK NARUČITELJA:**

**Želimir Pekaš, dipl. ing.**

**VODITELJ IZRADE STUDIJE**

**Prof. dr. sc. Zoran Nakić**

**DEKAN RGNF-a**

**Prof. dr. sc. Zoran Nakić**

**U izradi Studije sudjelovali su sljedeći autori:**

**Sveučilište u Zagrebu, RUDARSKO-  
GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET**

**Prof. dr. sc. Zoran Nakić, dipl.ing.geol.**

**Prof. dr. sc. Andrea Bačani, dipl.ing.geol**

**Doc. dr. sc. Jelena Parlov, dipl.ing.geol.**

**Doc. dr. sc. Željko Duić, dipl.ing.geol.**

**Doc. dr. sc. Dario Perković, dipl.ing.geol.**

**Zoran Kovač, mag.ing.geol.**

**Dražen Tumara, univ.bacc.ing.geol.**

**Ivona Mijatović, univ.bacc.ing.geol.**

Vanjski suradnik

**Dr. sc. Drago Špoljarić, dipl.ing.math.**

**Dr. sc. Ivo Ugrina, dipl.ing.math.**

**David Stanek, dipl.ing. math.**

**Petra Slavinić, mag.geol.**

## 1. Uvod

## Sadržaj

1. Uvod .....	1-1
---------------	-----

## 1. Uvod

Prema ugovoru (Hrvatske vode - KLASA: 325-01/15-10/107; URBROJ: 374-1-6-15-8 od 24.8.2015. godine i RGNF – KLASA: 303-02/15-01/90; URBROJ: 251-70-01-15-5 od 28.8.2015. godine) Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu izradio je studiju pod nazivom: „Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske“.

Sukladno projektnome zadatku (Hrvatske vode (lipanj 2015.): „PROGRAM - definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske“), načinjeno je sljedeće:

- Izrađen je prijedlog nacionalne metodologije delineacije, karakterizacije i grupiranja tijela podzemne vode, koja su izgrađena od vodonosnika s međuzrnskom poroznosti, u panonskom dijelu Republike Hrvatske;
- Napravljena je analiza osnovnih i grupiranih tijela podzemne vode iz prvoga Plana upravljanja vodnim područjima te prijedlog izmjena i dopuna za drugi Plan;
- Izrađeni su konceptualni modeli grupiranih tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske, s jasno definiranim područjima napajanja, toka podzemne vode i područja istjecanja;
- Napravljena je analiza usklađenosti postojećih monitoringa podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske (nacionalnih monitoringa razina i kakvoće podzemnih voda i monitoringa sirove vode koji se provode na crpilištima i izvorištima za javnu vodoopskrbu) sa zahtjevima EU direktiva i u odnosu na konceptualne modele tijela podzemnih voda;
- Izrađen je prijedlog nadzornoga monitoringa kemijskog i količinskog stanja te prijedlog operativnoga monitoringa kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske;
- Napravljena je analiza usklađenosti prijedloga nadzornih monitoringa količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske s monitorinzima podzemnih voda prijavljenih Europskoj komisiji;
- Izrađen je prijedlog nacionalne metodologije ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske, koja uključuje i prijedlog

metodologija određivanja graničnih (engl. threshold) i pozadinskih (engl. background) vrijednosti kemijskih parametara;

- Određene su granične (engl. threshold) i pozadinske (engl. background) vrijednosti kemijskih parametara u podzemnim vodama panonskoga dijela Republike Hrvatske;
- Izrađen je prijedlog nacionalne metodologije utvrđivanja statistički značajnog trenda i točke promjene trenda;
- Napravljena je analiza značajnih i stalnih trendova onečišćivala u podzemnim vodama i razina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske;
- Načinjena je ocjena kemijskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske;
- Izrađen je prijedlog nacionalne metodologije ocjene količinskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske;
- Načinjena je ocjena količinskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske;
- Izrađen je prijedlog nacionalne metodologije procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskog stanja za tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske;
- Napravljena je analiza opterećenja i utjecaja ljudskih djelatnosti na podzemne vode iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja;
- Načinjena je procjena rizika od nepostizanja dobrog količinskoga i kemijskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima u panonskom dijelu Republike Hrvatske;
- Napravljena je daljnja karakterizacija grupa tijela podzemne vode u riziku od nepostizanja dobrog kemijskoga stanja podzemnih voda;
- Izrađene su preporuke za provedbu mjera i aktivnosti za potrebe pripreme narednoga Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno zahtjevima iz projektnoga zadatka, sastavni dio ove studije jest CD na kojem se nalaze digitalni podaci u sljedećem obliku:

- Izvještaj strukturiran po poglavljima u pdf formatu, koji sadrži tekstualni i grafički dio (prilozi) formatiran kao u uvezenom primjerku;
- Tekstualni dio izvještaja, strukturiran po poglavljima u .docx formatu;
- Grafički dio sa svim podacima u GIS formatu (s pridruženim atributnim podacima), georeferenciranim u projekcijski koordinatni sustav HTRS96/TM.

## 2. Metodologija delineacije, karakterizacije i grupiranja tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske



## Sadržaj

2. Metodologija delineacije, karakterizacije i grupiranja tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske.....	2-1
---	-----

## 2. Metodologija delineacije, karakterizacije i grupiranja tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske

Prema izvješću Europske komisije *Sava River Basin Management Plan* (EU, 2013) kriteriji za delineaciju su u različitim zemljama, koje pripadaju slivu Save, bili različiti zbog različitih geoloških i hidrogeoloških uvjeta i raspoloživih podataka o prirodnim uvjetima i pritiscima. No ipak, sve su zemlje poštivale hijerarhijski pristup (podzemna voda→vodonosnik →vodno tijelo), koji je bio preporučan CIS vodičem br. 2 (Identification of Water Bodies, EC, Luxembourg, 2003) Tri glavna kriterija za delineaciju vodnih tijela u Savskom bazenu bila su: geološki tip (1), topografska razvodnica sliva (2) i antropogeni pritisci (3).

Delineacija vodnih tijela u Sloveniji je bazirana na značaju vodonosnika/vodonosnog sustava, procjeni antropogenog pritiska, količini tečenja između pojedinih vodnih tijela, kao i sličnosti u kakvoći podzemne vode (Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda, Uradni List Republike Slovenije st. 63/2005).

U Bosni i Hercegovini je delineacija vodnih tijela s krškim vodonosnicima provedena temeljem hidrogeoloških značajki i hidrogeološke funkcije stijenske mase, te uvažavanjem granica bazena određenih na temelju trasiranja. U području s vodonosnicima međuzrnske poroznosti temelj za delineaciju vodnih tijela su bile geološke i hidrogeološke granice.

U Srbiji su osnovni kriteriji za delineaciju bili geološka karakterizacija stijena, hidrogeološke granice i količine crpljenja (količinski pritisak).

U Crnoj Gori su grupirana vodna tijela na razini riječnog bazena, tj. granice između vodnih tijela su granice između riječnih bazena. U slivu Save to su riječni bazeni Pive, Tare, Četine i Lima.

U Dravskom bazenu Mađarska je provela delineaciju analizom geoloških struktura, vrste poroznosti i temperature vode (Jochá-Edelényi et al., 2005).

Delineacija i inicijalna karakterizacija vodnih tijela u Hrvatskoj provedena je temeljem analize geološke građe terena (listostratigrafske jedinice i struktarno-tektonski odnosi) (1), vrste poroznosti (međuzrnska, pukotinska, pukotinsko-kavernozna) (2), geokemijskog sastava vodonosnika (silikatni, karbonatni) (3), hidrogeoloških značajki (propusnost, hidraulička vodljivost i transmisivnost vodonosnika) (4), krovinskih naslaga vodonosnika (5), smjerova tečenja podzemnih voda (6), izdašnosti izvora i zdenaca (7), napajanja podzemnih voda (8), odnosa s površinskim tokovima (9), analize položaja vodnog tijela unutar riječnih slivova

definiranih u okviru Vodnogospodarske osnove RH (10), te zahtjeva Okvirne Direktive o Vodama (ODV - 2000/60/EZ) da se označe sva tijela podzemnih voda koja se koriste ili bi se u budućnosti mogla koristiti za zahvaćanje vode namijenjene ljudskoj potrošnji, a koja osiguravaju u prosjeku više od 10 m<sup>3</sup>/dan (11).

U Hrvatskoj je inicijalnom karakterizacijom izdvojeno 363 vodnih tijela u Crnomorskom slivu, od toga 316 u panonskom dijelu, a ostatak na krškom dijelu Hrvatske (Brkić et al., 2005). Sva vodna tijela su svrstana u kategoriju jednog vodonosnika u vertikalnom razrezu. Posebno su izdvojena dva dublja vodonosnika međuzrnske poroznosti, od čega se jedan nalazi na varaždinskom, a drugi na zagrebačkom području. Nizvodno od ova dva dublja vodonosnika, dublji vodonosni slojevi nisu izdvajani zbog toga što se povećava broj slabopropusnih prašinasto-glinovitih međuslojeva koji cjelokupni vodonosni sustav dijele na znatan broj tanjih vodonosnika koji zapravo nisu istraženi.

S obzirom na hidrogeološke značajke pojedinih područja vodonosnici su u okviru inicijalne karakterizacije razvrstani u kategorije primarnih, sekundarnih i neproduktivnih vodonosnika.

U primarne (osnovne) vodonosnike ubrajaju se:

- Kvarterni vodonosnici međuzrnske poroznosti u dolinama rijeka Drave i Save visokih hidrauličkih svojstava iz kojih se odvija glavina javne vodoopskrbe u sjevernoj Hrvatskoj ili su planirani za vodoopskrbu (dravski vodonosnik, vodonosnik na zagrebačkom području, konusni nanosi desnih pritoka rijeke Save, aluvijalni vodonosnik na karlovačkom području).
- Karbonatni vodonosnici pukotinsko-kavernozne poroznosti i visoke propusnosti u zonama visokog krša u slivovima rijeka Kupe i Une, iz kojih podzemna voda istječe na izvorima velikih izdašnosti.

U sekundarne vodonosnike ubrajaju se:

- kvartarni vodonosnici međuzrnske poroznosti u slivovima rijeka Drave i Save nešto nižih hidrauličkih svojstava koji se koriste za vodoopskrbu, a izdašnosti izvorišta su u pravilu manja od 20 l/s.
- Karbonatni (trijaski) vodonosnici pukotinske poroznosti i osrednje propusnosti u području sjeverne Hrvatske (Zagorsko i Slavonsko gorje, Žumberačko-Samoborsko gorje, Medvednica).

- Karbonatni vodonosnici pukotinsko-kavernozne poroznosti u zonama plitkog krša u slivovima rijeke Kupe, praktički bez značajnijih izvora.

U neproduktivne vodonosnike ubrajaju se stijene koje ne mogu dati količine veće od 5 l/s a to su:

- Neogenske naslage (izmjena lapora, praha, glina, pijesaka, mjestimice karbonata).
- Kvartarne naslage niskih hidrauličkih svojstava i/ili malih debljina.
- Metamorfne stijene (propusne samo plitko ispod površine terena).

Budući da se prema ODV monitoring podzemnih voda mora uspostaviti u svakom izdvojenom tijelu podzemne vode, što je praktički nepotrebno s obzirom na mogućnost korištenja i onečišćenja podzemnih voda, a što u konačnici iziskuje i velika financijska sredstva, vodna tijela izdvojena inicijalnom karakterizacijom su grupirana.

Grupiranje vodnih tijela u panonskom dijelu Hrvatske provedeno je na temelju sličnosti u pogledu hidrogeoloških značajki vodonosnika i opće sheme „napajanje – tok podzemne vode – istjecanje“ (Brkić et al., 2009). Na taj je način izdvojeno dvadeset (20) vodnih tijela u Crnomorskom slivu, od toga 15 u panonskom dijelu Hrvatske od kojih osam (8) sadrže vodonosnike međuzrnske poroznosti, u šest (6) prevladavaju vodonosnici međuzrnske poroznosti, a znatno manje vodonosnici pukotinske poroznosti i jedno (1) vodno tijelo ima vodonosnik isključivo pukotinske do pukotinsko-kavernozne poroznosti. Grupirana vodna tijela u vertikalnom razrezu nisu izdvajana.

Prema preporukama CIS vodiča br. 2 (Identification of Water Bodies, EC, Luxembourg, 2003.) i UK Technical Advisory Group (UKTAG) on the Water Framework Directive (2012) količinsko i kemijsko stanje svakog pojedinog vodnog tijela mora biti homogeno, ili dobro ili loše. Ukoliko dođe do promjene stanja nekog dijela vodnog tijela, granice u skladu s tim treba revidirati. Delineacija vodnih tijela je iterativni postupak i za svaki novi ciklus plana upravljanja vodnim područjima moguće je granice vodnih tijela dorađivati s ciljem što točnije procjene stanja i definiranja potrebnih mjera za postizanje dobrog stanja.

Prema Okvirnoj direktivi o vodama (2000/60/EC, Anex II) za sva osnovna ili grupirana vodna tijela koja su u riziku od nepostizanja dobrog količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda, potrebno je provesti daljnju karakterizaciju u cilju točnije procjene značenja tog rizika i definiranja potrebnog programa mjera.

Daljnja karakterizacija predviđa opis sljedećih značajki:

- geološke značajke tijela podzemne vode (prostiranje i vrstu geoloških jedinica),
- hidrogeološke značajke tijela podzemne vode (hidraulička vodljivost, poroznost, hidrauličke granice),
- značajke krovinskih naslaga i tla (debljina, poroznost, hidraulička vodljivost, apsorpcijska svojstva),
- površinske vode i ekosustavi povezani s tijelom podzemne vode,
- procjena smjera i količine tečenja između površinske i podzemne vode,
- prosječno godišnje obnavljanje podzemnih voda za dugogodišnje razdoblje,
- kakvoća podzemne vode uključivo i specifikaciju antropogenog utjecaja.

3. Analiza osnovnih i grupiranih tijela podzemne vode iz prvog  
Plana upravljanja vodnim područjima i prijedlog izmjena i  
dopuna za drugi Plan

## Sadržaj

3. Analiza osnovnih i grupiranih tijela podzemne vode iz prvog Plana upravljanja vodnim područjima i prijedlog izmjena i dopuna za drugi Plan .....	3-1
---	-----

### 3. Analiza osnovnih i grupiranih tijela podzemne vode iz prvog Plana upravljanja vodnim područjima i prijedlog izmjena i dopuna za drugi Plan

Prvim Planom upravljanja vodnim područjima u panonskom dijelu Hrvatske izdvojeno je 316 osnovnih vodnih tijela i 15 grupiranih vodnih tijela. Prostorni smještaj grupiranih vodnih tijela prikazan je na Prilogu 1, a njihovi osnovni podaci u Tablici 3.1.

Tablica 3.1 Osnovni podaci o grupiranim tijelima podzemnih voda

Kod	Ime tijela podzemnih voda	Površina (km <sup>2</sup> )	Poroznost	Državna pripadnost tijela podzemnih voda
HRCDGI-18	MEĐIMURJE	746,83	međuzrnska	HR/SL, HU
HRCDGI-19	VARAŽDINSKO PODRUČJE	402,11	međuzrnska	HR/SL
HRCDGI-20	SLIV BEDNJE	724,92	dominantno međuzrnska	HR/SL
HRCDGI-21	LEGRAD - SLATINA	2.370,58	međuzrnska	HR/HU
HRCDGI-22	NOVO VIRJE	97,30	međuzrnska	HR/HU
HRCDGI-23	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	5.010,97	dominantno međuzrnska	HR/HU, SRB
HRCSGI-24	SLIV SUTLE I KRAPINE	1.405,99	dominantno međuzrnska	HR/SL
HRCSGN-25	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	5.188,11	dominantno međuzrnska	HR
HRCSGN-26	SLIV ORLJAVE	1.575,64	dominantno međuzrnska	HR
HRCSGI-27	ZAGREB	987,91	međuzrnska	HR/SL
HRCSGI-28	LEKENIK - LUŽANI	3.445,60	međuzrnska	HR/BIH
HRCSGI-29	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE	3.329,40	međuzrnska	HR/BIH, SRB
HRCSGI-30	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	443,47	pukotinska do pukotinsko-kavernozna	HR/SL
HRCSGI-31	DONJI TOK KUPE	2871,41	dominantno međuzrnska	HR
HRCSGI-32	DONJI TOK UNE	540,78	dominantno međuzrnska	HR/BIH

Analizom osnovnih i grupiranih tijela podzemne vode u svrhu izrade prijedloga i dopuna za drugi Plan zaključeno je da je u prvom Planu izdvajanje provedeno dobro i u skladu s preporukama ODV te da izmjene nisu potrebne. Jedini izuzetak ovog zaključka je osnovno



vodno tijelo HR204 unutar grupiranog vodnog tijela Zagreb, koje je u lošem kemijskom stanju s visokom razinom pouzdanosti (vidi poglavlje 12). Međutim, loše kemijsko stanje se odnosi samo na dio tog osnovnog vodnog tijela, pri čemu se onečišćenje ne širi i ne ugrožava dobro kemijsko stanje ostatka tog tijela, niti površinske vode povezane s podzemnim vodama, odnosno ekosustave ovisne o podzemnim vodama. Stoga se predlaže da se osnovno vodno tijelo HR204 podijeli u dva osnovna vodna tijela HR204 koje je u lošem kemijskom stanju i HR204/1 koje je dobrom kemijskom stanju. Ovakav postupak je u skladu s preporukama Europske komisije (2003) i UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive (2012).

#### 4. Konceptualni modeli grupiranih tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

## Sadržaj

4. Konceptualni modeli grupiranih tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .	4-1
4.1. Međimurje .....	4-1
4.1.1. Geografske značajke .....	4-1
4.1.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-1
4.1.3. Prirodna ranjivost .....	4-2
4.1.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-3
4.2. Varaždinsko područje.....	4-6
4.2.1. Geografske značajke .....	4-6
4.2.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-6
4.2.3. Prirodna ranjivost .....	4-7
4.2.4. Geološke i hidrogeološke značajke.....	4-8
4.3. Sliv Bednje .....	4-11
4.3.1. Geografske značajke .....	4-11
4.3.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-12
4.3.3. Prirodna ranjivost .....	4-13
4.3.4. Geološke i hidrogeološke značajke.....	4-14
4.4. Legrad - Slatina.....	4-16
4.4.1. Geografske značajke .....	4-16
4.4.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-17
4.4.3. Prirodna ranjivost .....	4-18
4.4.4. Geološke i hidrogeološke značajke.....	4-19
4.5. Novo Virje.....	4-22
4.5.1. Geografske značajke .....	4-22
4.5.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-22
4.5.3. Prirodna ranjivost .....	4-24
4.5.4. Geološke i hidrogeološke značajke.....	4-25

4.6. Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava .....	4-27
4.6.1. Geografske značajke .....	4-27
4.6.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-27
4.6.3. Prirodna ranjivost .....	4-28
4.6.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-30
4.7. Sliv Sutle i Krapine .....	4-33
4.7.1. Geografske značajke .....	4-33
4.7.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-34
4.7.3. Prirodna ranjivost .....	4-35
4.7.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-36
4.8. Sliv Lonja – Ilova – Pakra .....	4-37
4.8.1. Geografske značajke .....	4-37
4.8.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-38
4.8.3. Prirodna ranjivost .....	4-39
4.8.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-40
4.9. Sliv Orljave .....	4-41
4.9.1. Geografske značajke .....	4-41
4.9.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-42
4.9.3. Prirodna ranjivost .....	4-43
4.9.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-44
4.10. Zagreb .....	4-45
4.10.1. Geografske značajke .....	4-45
4.10.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-46
4.10.3. Prirodna ranjivost .....	4-47
4.10.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-48
4.11. Lekenik – Lužani .....	4-51
4.11.1. Geografske značajke .....	4-51
4.11.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-51

4.11.3. Prirodna ranjivost .....	4-53
4.11.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-54
4.12. Istočna Slavonija – sliv Save .....	4-56
4.12.1. Geografske značajke .....	4-56
4.12.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-56
4.12.3. Prirodna ranjivost .....	4-57
4.12.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-58
4.13. Žumberak – Samoborsko gorje .....	4-61
4.13.1. Geografske značajke .....	4-61
4.13.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-61
4.13.3. Prirodna ranjivost .....	4-63
4.13.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-64
4.14. Donji tok Kupe .....	4-66
4.14.1. Geografske značajke .....	4-66
4.14.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-66
4.14.3. Prirodna ranjivost .....	4-67
4.14.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-68
4.15. Donji tok Une .....	4-71
4.15.1. Geografske značajke .....	4-71
4.15.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-71
4.15.3. Prirodna ranjivost .....	4-72
4.15.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-73
4.16. Zaključno o konceptualnim modelima .....	4-75

## 4. Konceptualni modeli grupiranih tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

### 4.1. Međimurje

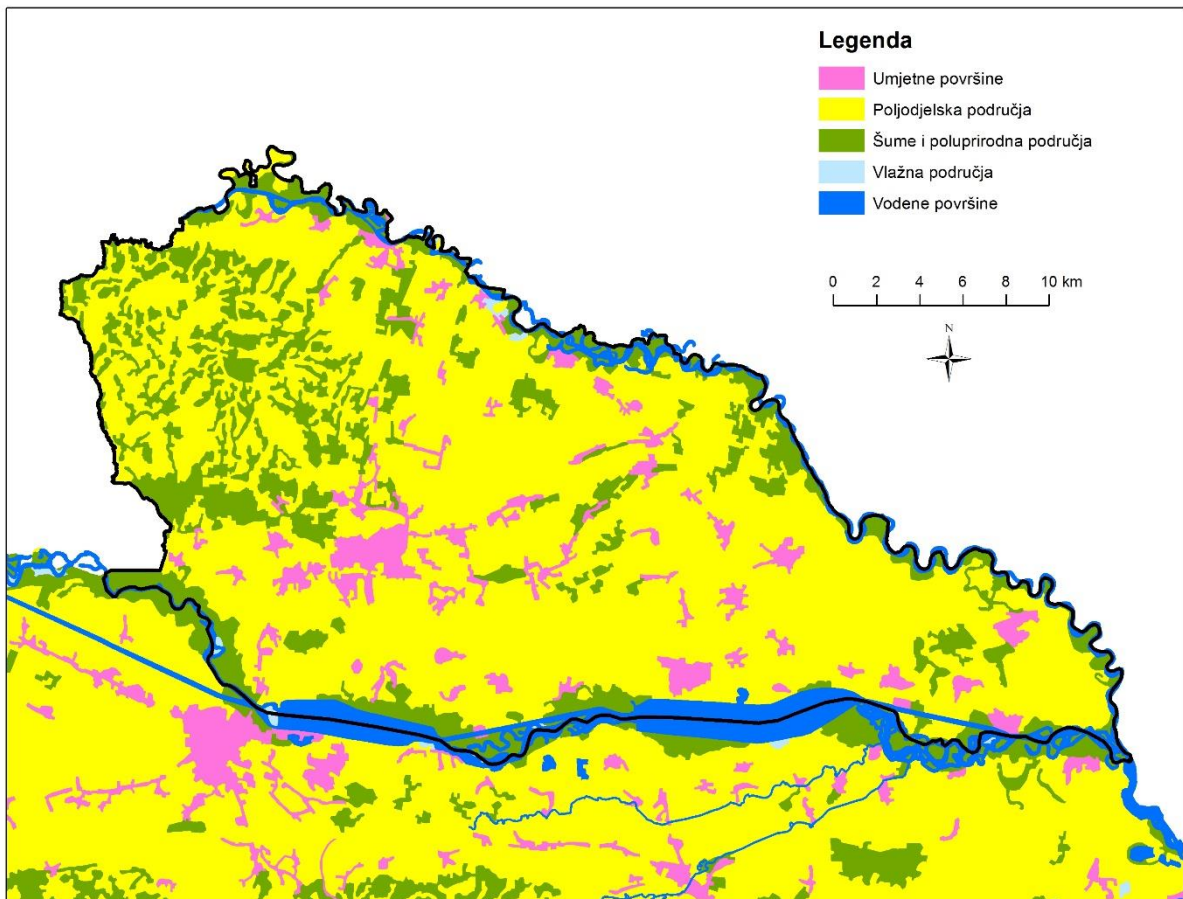
#### 4.1.1. Geografske značajke

Područje Međimurja smješteno je u međurječju Mure i Drave, a na zapadu je omeđeno državnom granicom s Republikom Slovenijom. Obuhvaća površinu od 746,83 km<sup>2</sup>. Godišnja količina oborina u razdoblju 2008.-2014. je 872,1 mm, a srednja godišnja temperatura zraka je 11,3°C. Gotovo cjelokupan prostor Međimurja prirodno je omeđeno područje i čini jedinstvenu hidrografsku cjelinu. Nalazi se na dodiru dviju velikih geomorfoloških cjelina, Panonske nizine i Istočnih Alpa. Stoga se i u morfološkom smislu razlikuju dva osnovna tipa reljefa: brežuljkasti u gornjem Međimurju i nizinski u donjem Međimurju. U hidrogeološkom smislu značajno je donje Međimurje koje predstavlja prostor aluvijalnih dolina blago nagnut prema istoku, u smjeru otjecanja glavnih vodotoka Drave i Mure (Posavec & Mustač, 2009).

#### 4.1.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (Agencija za zaštitu okoliša – AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.1 prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Međimurje, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.1.

Vidljivo je kako je većina površine predstavljena poljodjelskim i šumskim područjima. Manji dio površine zauzimaju i umjetna odnosno urbana područja te vodene površine. Urbani i poljoprivredni dio vodnog tijela opterećen je različitim vrstama onečišćivala.



Slika 4.1. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Međimurje (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.1. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Međimurje

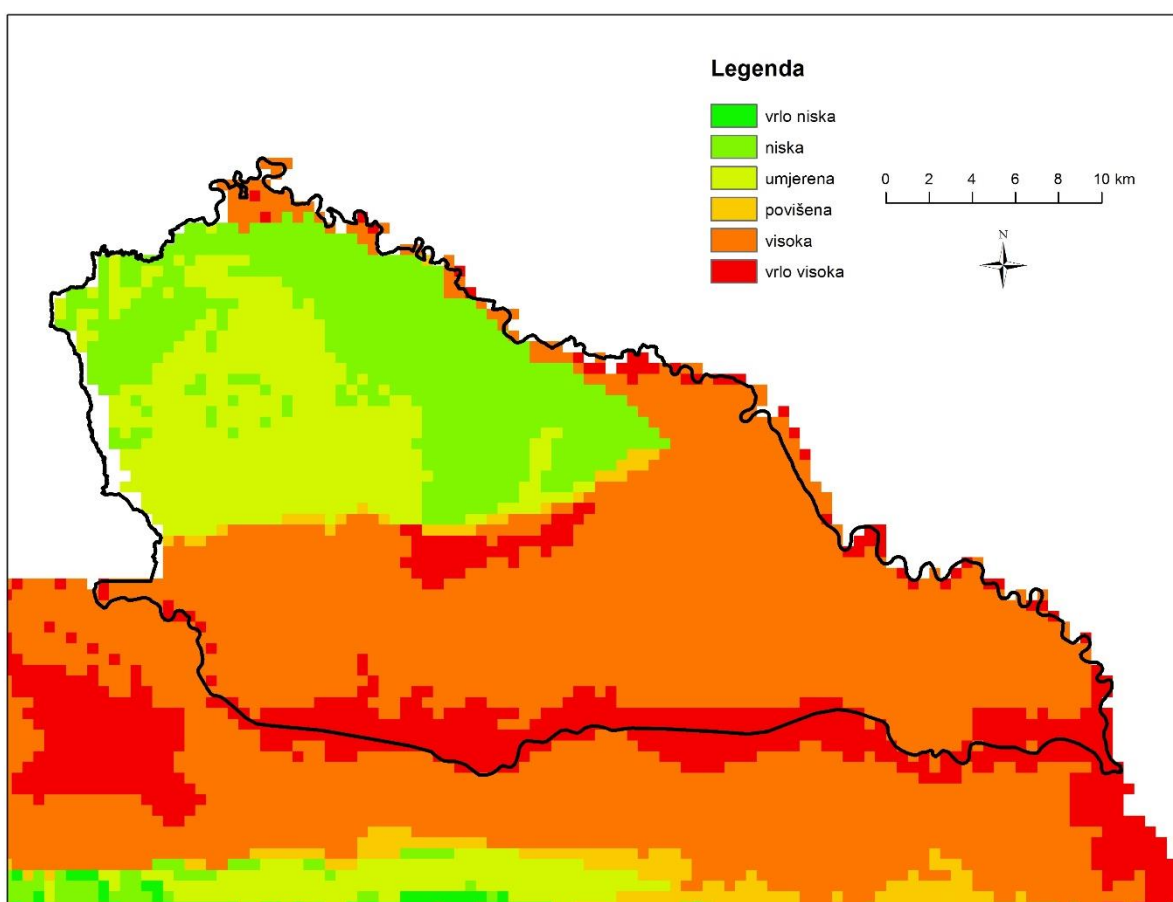
Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	7,0
Poljodjelska područja	69,3
Šume i poluprirodna područja	20,0
Vlažna područja	0,3
Vodene površine	3,4

#### 4.1.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.2 i na Slici 4.2 prikazana je prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Međimurje. Vidljivo je da najveći dio vodnog tijela ima visoku prirodnu ranjivost.

Tablica 4.2. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Međimurje

Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	-
Niska	19,9
Umjerena	17,0
Povišena	1,0
Visoka	51,6
Vrlo visoka	10,5



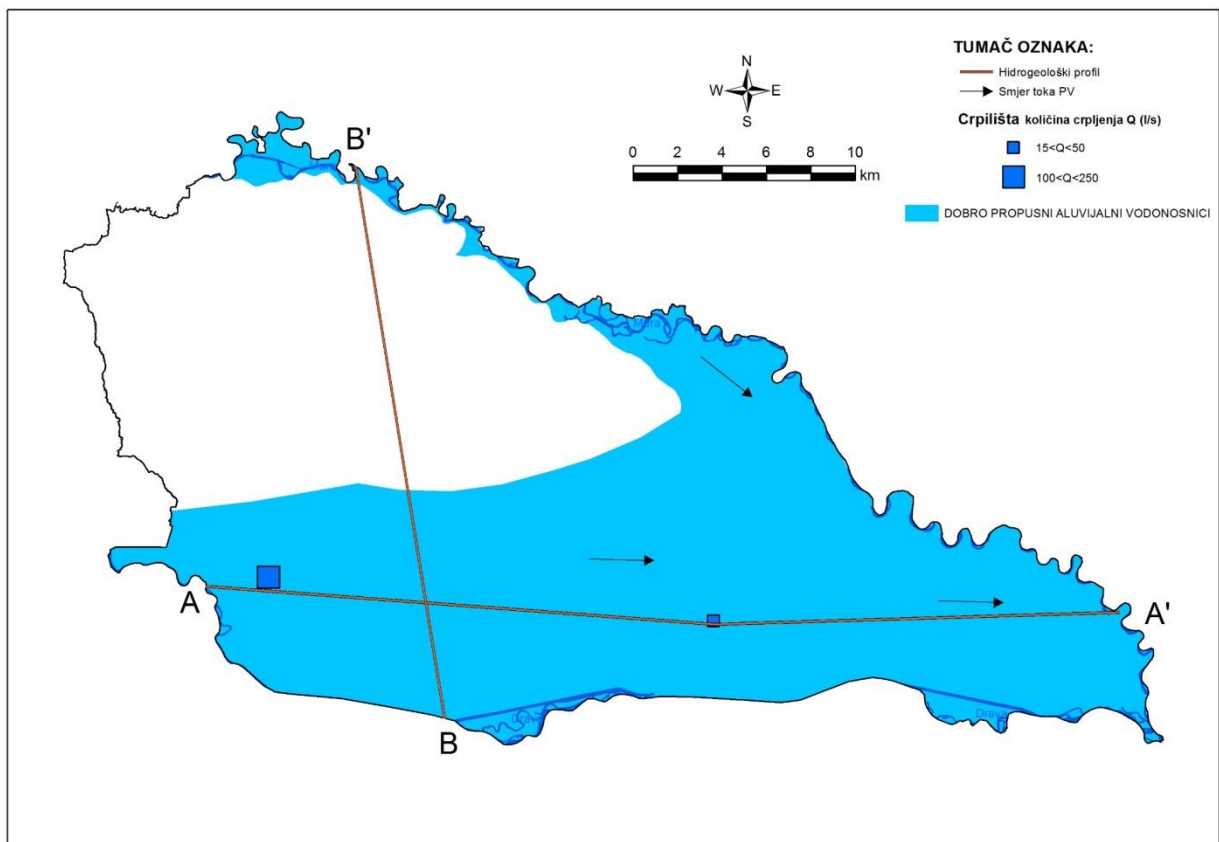
Slika 4.2. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Međimurje na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.1.4. Geološke i hidrogeološke značajke

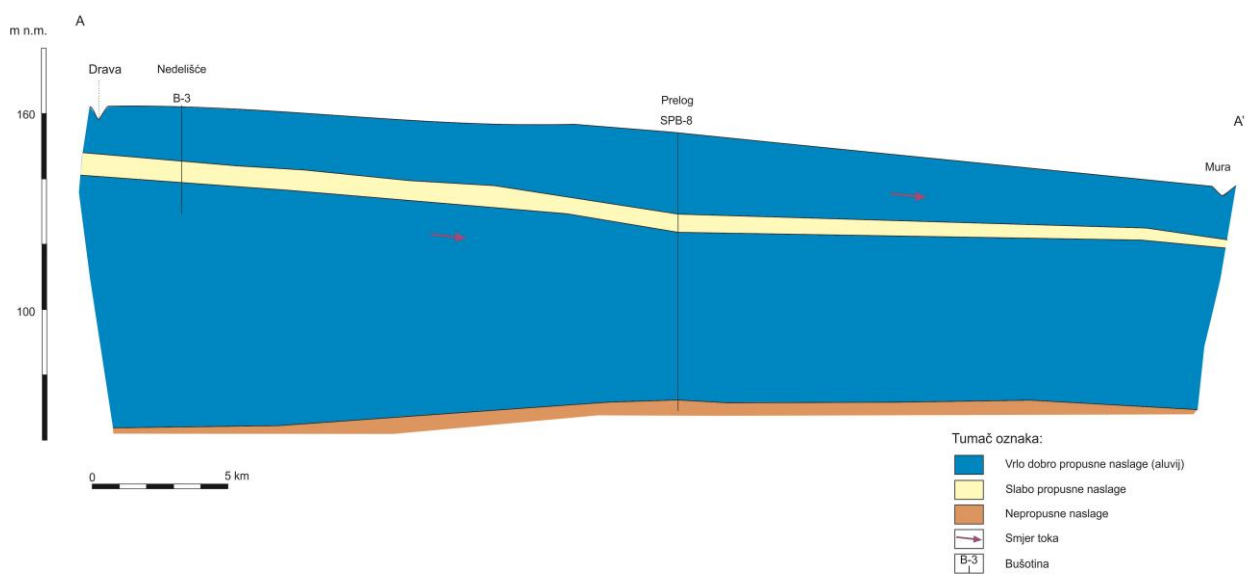
Sustav podzemnih voda iz kojeg se zahvaća voda na vodocrpilištima Nedelišće, Prelog i Sveta Marija čine kvartarne šljunkovito-pjeskovite naslage. Njihova je maksimalna debljina jugozapadno od Preloga gdje premašuje vrijednosti 100 m. U konceptualnom smislu



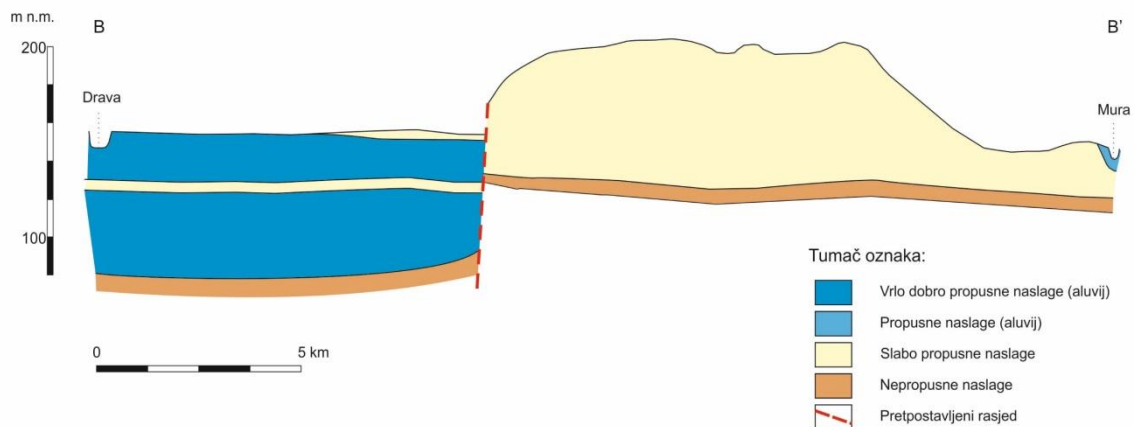
hidrogeološki sustav čine dva vodonosna sloja koja su odijeljena slabopropusnim međuslojem (Slika 4.3, 4.4 i 4.5).



Slika 4.3. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika u grupiranom vodnom tijelu Međimurje



Slika 4.4. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Međimurje



Slika 4.5. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Međimurje

Krovinu vodonosnog sustava čini humus i prašinasto-glinovito-pjeskovite naslage čija se debljina na području Međimurja kreće od 0,5 do 4 m, a najčešće 1 do 2 m. Hidraulička vodljivost krovine kreće se od 10 m/dan (tamo gdje je praktički nema) do  $10^{-4}$  m/dan. Prvi vodonosni sloj sastoji se od šljunkovito-pjeskovitih naslaga koje na području Nedelišća zaliježu do prosječne dubine 20 m, na području Preloga 36 m, a na području Sv. Marije 32 m. Vrijednosti hidrauličke vodljivosti određene na temelju pokusnog crpljenja na području Nedelišća iznose 180 m/dan, a na području Preloga 590 do 690 m/dan. Prema Urumović et al. (1990), vrijednosti hidrauličke vodljivosti vodonosnog sustava tog područja kreću se od oko 300 m/dan u zapadnom dijelu do 100 m/dan u istočnom dijelu, a u rubnim se dijelovima smanjuju zbog veće prisutnosti sitnije frakcije.

Slabopropusni međusloj sastoji se od gline i praha u različitim omjerima, a debljine je do 5 m. Hidraulička vodljivost određivana u edometru na uzorcima uzetim iz bušotina za potrebe HE Čakovec i HE Dubrava iznosi  $10^{-4}$  do  $10^{-6}$  m/dan. Drugi vodonosni sloj sastoji se od šljunaka i pijesaka s više sitnozrnatijeg materijala. Dubina zalijeganja drugog vodonosnog sloja je 35 m na području Nedelišća, 90 m kod Preloga i oko 60 m kod Sv. Marije. Vrijednosti hidrauličke vodljivosti određene na temelju pokusnog crpljenja na području Nedelišća iznose od 9 do 12 m/dan, a koeficijent uskladištenja  $5 \times 10^{-4}$  do  $5 \times 10^{-5}$ . Na području Preloga vrijednost hidrauličke vodljivosti određena je na temelju pokusnog crpljenja i iznosi 0,095 do 0,285 m/dan. Na području HE Dubrava hidraulička vodljivost iznosi 173 m/dan, a uskladištenje  $3 \times 10^{-4}$  (Miletić et al., 1996). Podina vodonosnog sustava sastoji se od gline, praha i lapora.

Hidraulička vodljivost na lokaciji HE Dubrava određivana na uzorcima u edometru iznosi  $10^{-6}$  do  $10^{-7}$  m/dan (Posavec & Mustač, 2009).

## 4.2. Varaždinsko područje

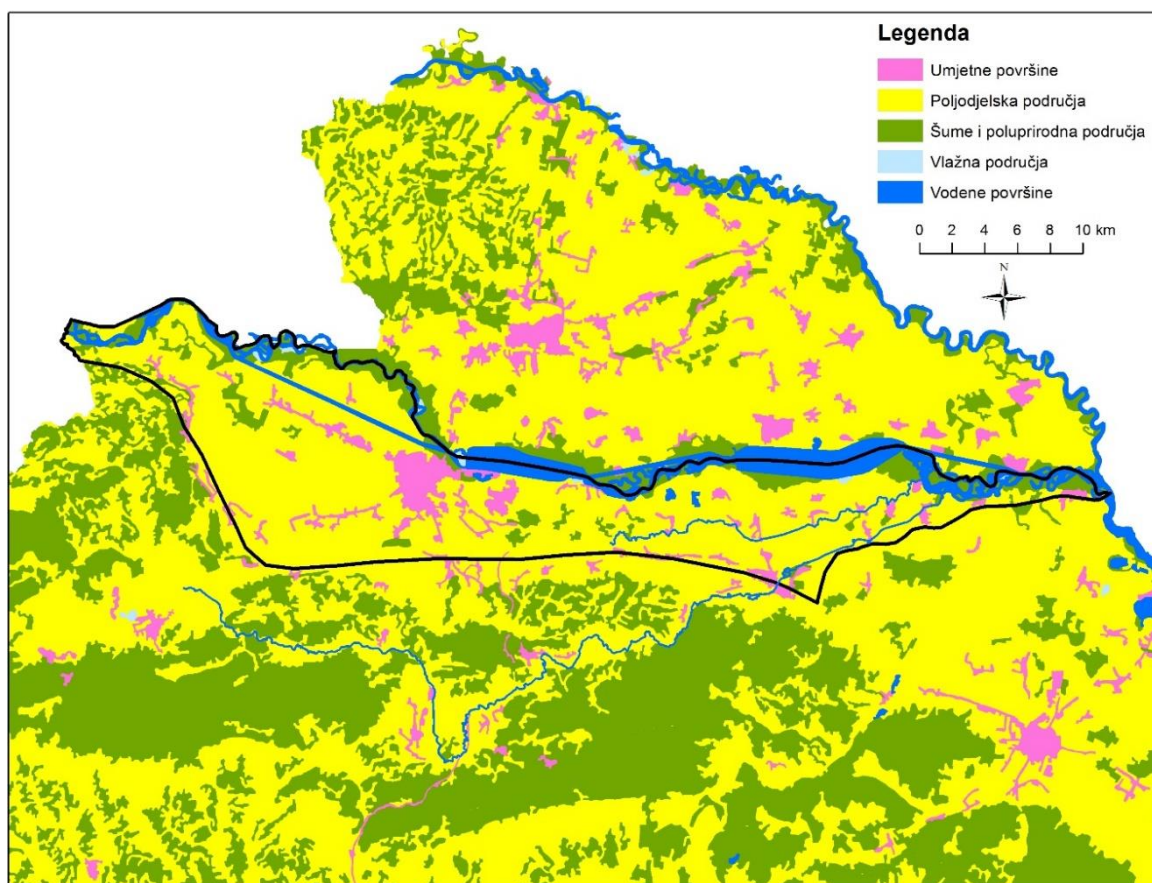
### 4.2.1. Geografske značajke

Uzvodno od sutoka Drave i Mure širi se prostrana varaždinska ravnica u kojoj su istaložene naslage šljunka i pijeska debljine do preko 100 m, pa je formiran freatski vodonosnika značajan za lokalnu i regionalnu vodoopskrbu. Dravska dolina u širem varaždinskom području geotektonski pripada Varaždinskom bazenu kao južnom, rubnom djelu tzv. Murske depresije. Istočna granica ovih tektonskih uleknina je Legradski prag koji odvaja Mursku od Dravske depresije. U ovom području je i najveći gradijent rijeke Drave na njenom toku kroz Hrvatsku pa je bilo izvodivo načiniti tri vodne stube na ukupno 60 km toka rijeke Drave od granice Slovenije i Hrvatske do ušća rijeke Mure. Područje vodnog tijela Varaždin obuhvaća površinu od 402,11 km<sup>2</sup> Godišnja količina oborina u razdoblju 2008.-2014. je 1000,9 mm, a srednja godišnje temperatura zraka je 11,5°C.

### 4.2.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.6 prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Varaždin, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.3.

Vidljivo je kako je većina površine predstavljena poljodjelskim i šumskim područjima. Manji dio površine zauzimaju i umjetna odnosno urbana područja te vodene površine. Urbani i poljoprivredni dio vodnog tijela opterećen je različitim vrstama onečišćivala.



Slika 4.6. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Varaždin (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.3. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Varaždin

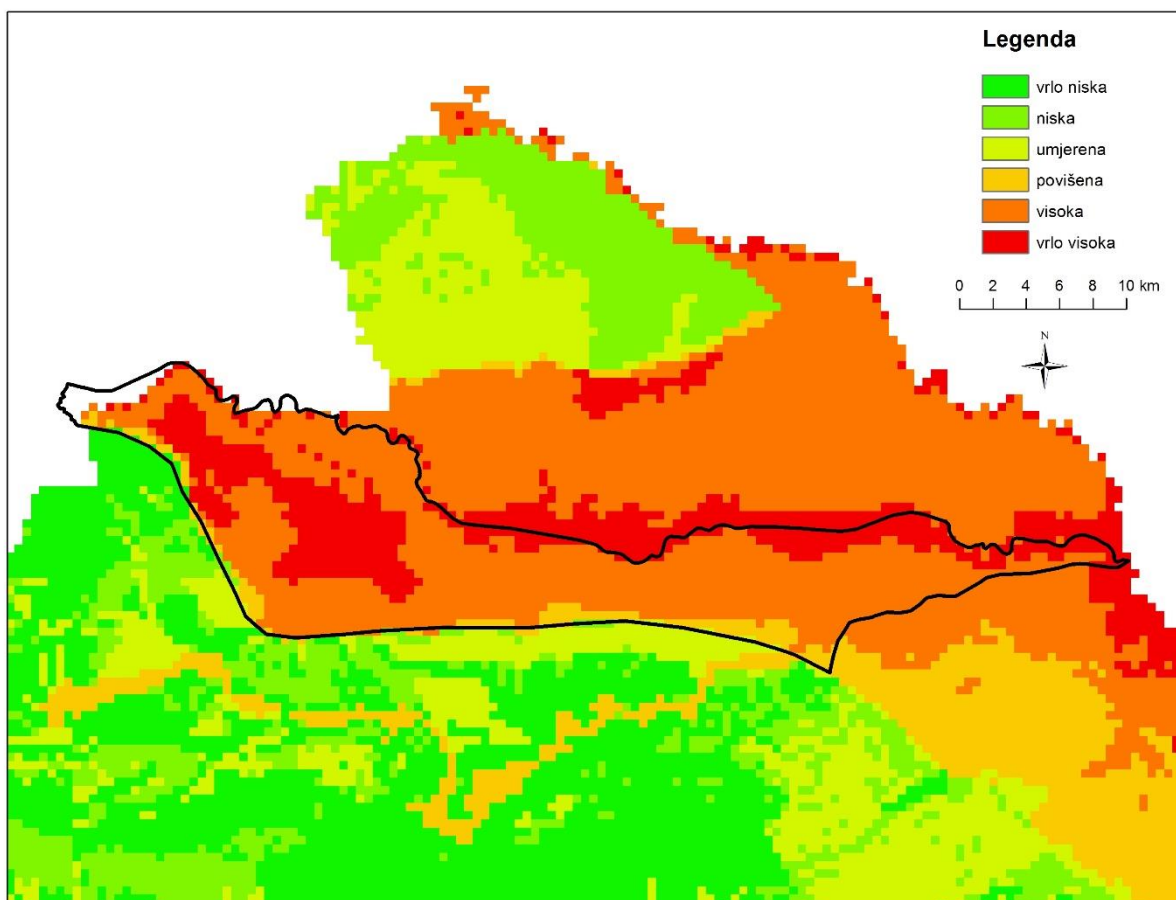
Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	8,9
Poljodjelska područja	71,0
Šume i poluprirodna područja	13,0
Vlažna područja	0,7
Vodene površine	6,4

#### 4.2.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.4. i na Slici 4.7. prikazana je prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Varaždin. Vidljivo je da najveći dio vodnog tijela ima visoku prirodnu ranjivost uz naglasak da je preko 25% u kategoriji vrlo visoke ranjivosti.

Tablica 4.4. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Varaždin

Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	0,6
Niska	0,3
Umjerena	0,1
Povišena	5,5
Visoka	66,3
Vrlo visoka	27,2



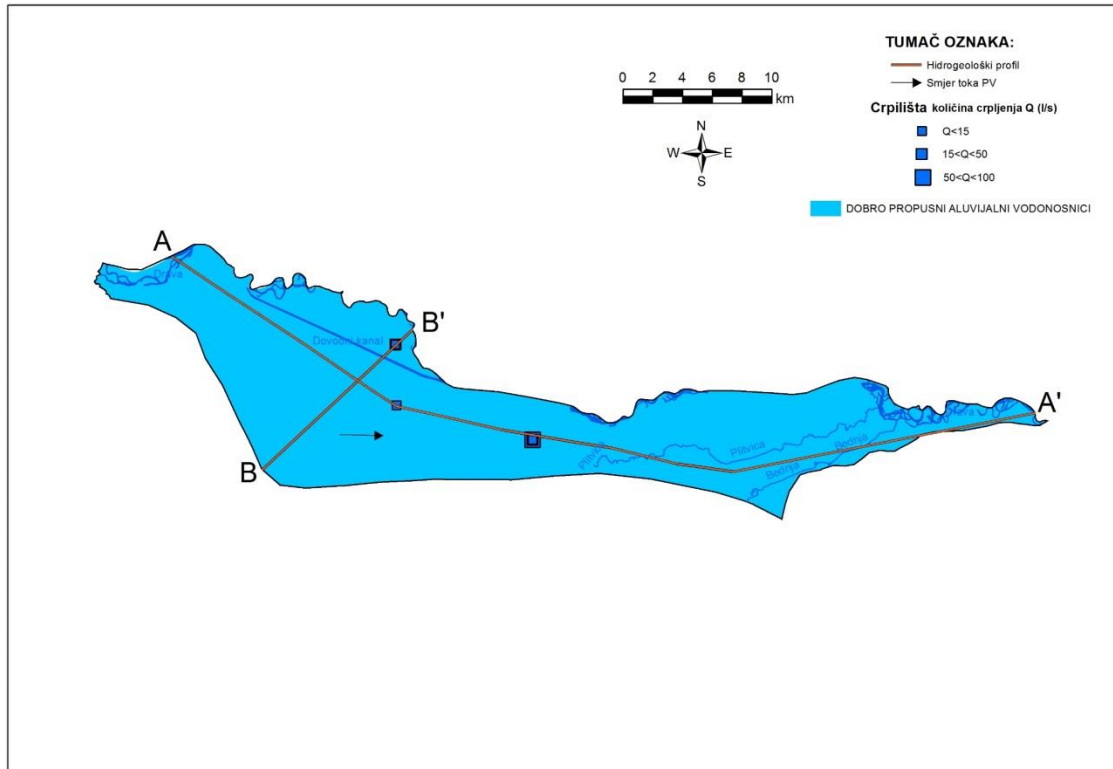
Slika.4.7. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Varaždin na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.2.4. Geološke i hidrogeološke značajke

Tijekom kvartara, a posebice njegovoga gornjega dijela u varaždinskom dijelu bazena pretežito su taloženi šljunci krupnih valutica s različitim postotkom pijeska, a debljina im premašuje 100 m. Istovremeno uz jugoistočni rub legradskoga praga nastaje naglo spuštanje rubnog dijela dravske depresije koju također zapunjavaju šljunci i pijesci, ali se veličina i udjel

valutica šljunka smanjuje, povećava se sadržaj pijeska, a sve više se talože slojevi sitnoklastičnih naslaga.

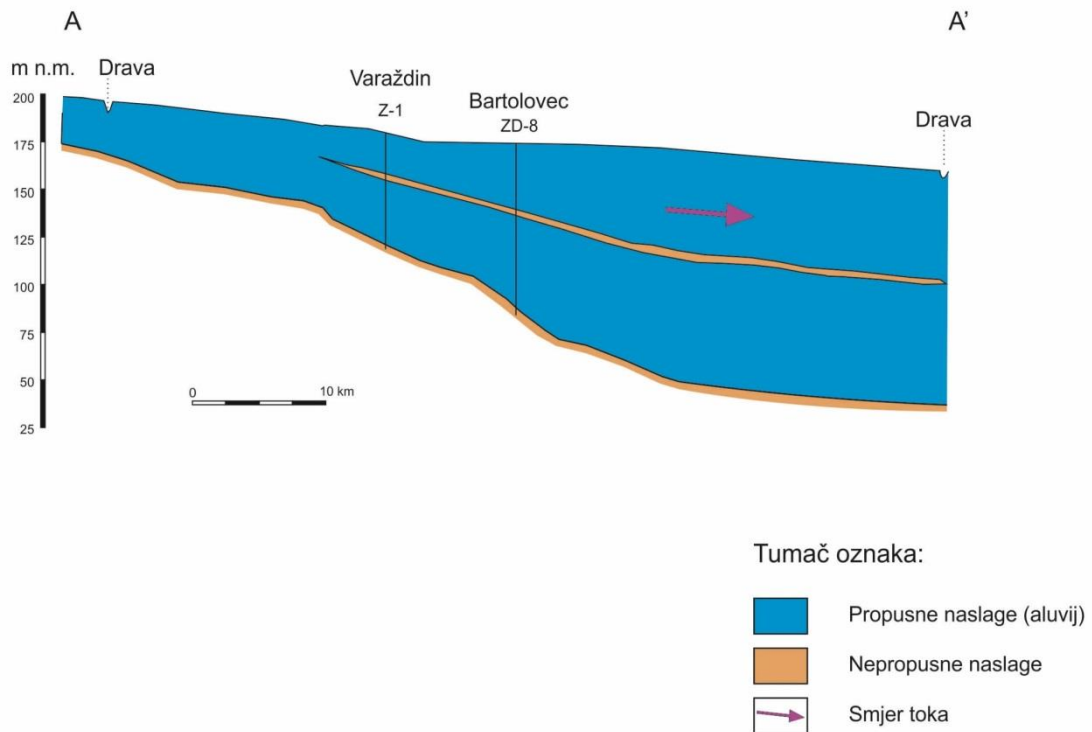
Naslage šljunka i pijeska istaložene u prostranoj Dravskoj dolini Varaždinskoga bazena uvjetovali su formiranje Varaždinskoga vodonosnika. Generalni smjer toka je od zapada prema istoku (Slika 4.8).



Slika 4.8. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika u grupiranom vodnom tijelu Varaždin

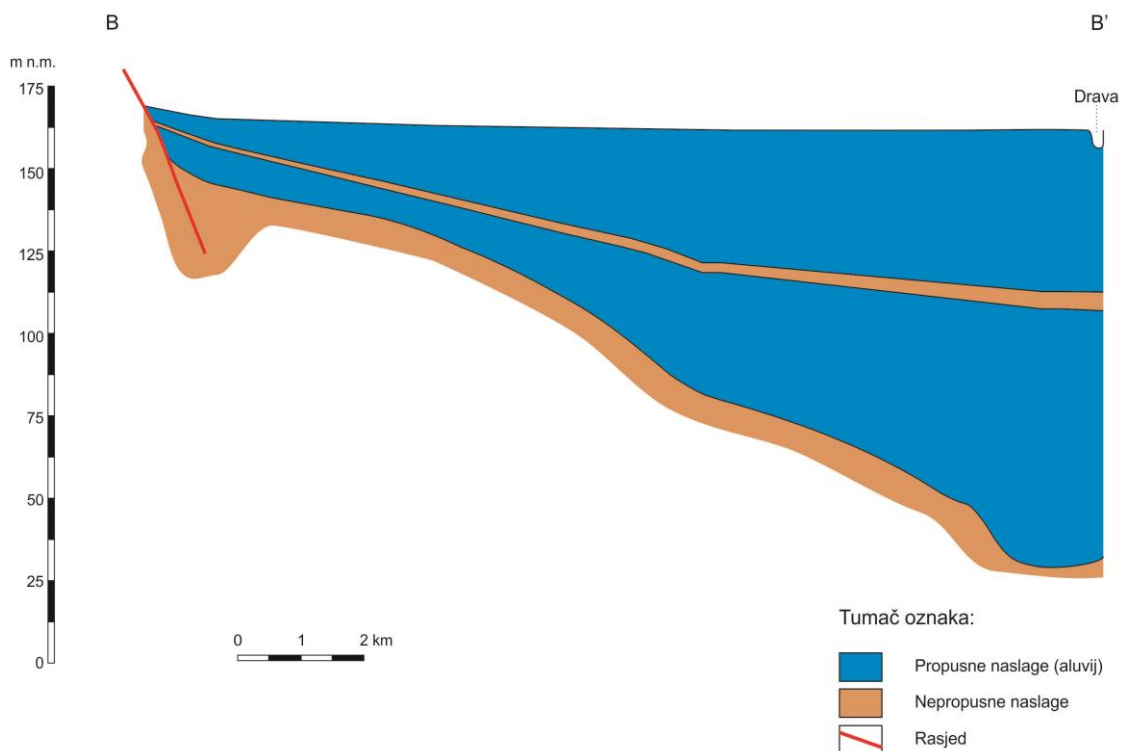
Šljunčane naslage su vjerojatno srednjo i gornjopleistocenske i holocenske starosti. U njima se rijetko pojavljuju sitnije frakcije (glina, prah i prašinski pijesak) i to uglavnom kao tanke leće i proslojci. Vodonosnik je izdužen približno paralelno generalnom tijeku rijeke Drave, a debljina mu se povećava od zapada prema istoku. Bočne granice vodonosnika su uz rub okolnoga prigorja i u pravilu su rasjedne. Debljina vodonosnika je najmanja u zapadnim predjelima gdje šljunčane kvartarne naslage prekrivaju utonulu antiklinalu. Struktura vodonosnika je ovdje asimetrična u odnosu na podinske naslage. Debljina vodonosnika uz rijeku Drave iznosi samo 5 m, pa korito rijeke presijeca cijelu debljinu vodonosnika. Prema zapadu debljina šljunčanih naslaga se povećava, pa je u području crpilišta Varaždin oko 70 m, u području crpilišta Bartolovec 100 m, a u središnjem dijelu depresije debljina kvartarnih

šljunčanih naslaga premašuje 120 m. U podlozi su nabušeni glina, prah i prašinsti pijesak (Slika 4.9 i 4.10).



Slika 4.9. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Varaždin

U granulometrijskom sastavu vodonosnih naslaga dominiraju valutice šljunka s različitim postotkom pijeska. Općenito se može reći da idući od zapada prema istoku u prosjeku se postupno smanjuje veličina valutica i zrna pijeska, međutim ima i lokalnih odstupanja. Pojava leća naslaga gline i praha vrlo je rijetka, no u regionalnom smislu važna je pojava proslojka gline, praha i prašinstoga pijeska, koji je nabušen u brojnim bušotinama širega područja Varaždina. Debljina mu nije velika, rijetko premašuje 5 m debljine, ponegdje je čak tanji od 1 m, no u pravilu mu se debljina kreće od 2 do 6 m. U nekim predjelima ovaj glinoviti sloj uklinjuje, međutim u svakom slučaju jamačno se radi o značajnom regionalnom diskontinuitetu uvjeta taloženja i može se reći da je formiran polupropusni međusloj regionalnog protezanja i da taj sloj dijeli šljunčani vodonosnik u dva vodonosna sloja.



Slika 4.10. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Varaždin

Gornji vodonosnik je otvoren i debljina mu malo gdje prelazi 50 m te je znatno ujednačenija nego kod donjega sloja. Hidraulička vodljivost gornjega vodonosnoga sloja je približno u rasponu od 1 do 4 mm/s, a donjega poluzatvorenog vodonosnika oko 1 mm/s. Koeficijent procjeđivanja kroz polupropusni sloj između gornjega i donjega sloja iznosi oko  $10^{-3}$  dan<sup>-1</sup>. U krovini vodonosnika pojavljuje se tanki pokrivač izgrađen od praha, gline i prašinstog pijeska. U većem dijelu obuhvaćenog područja debljina pokrivača je manja od 0,5 m. Često i izostaje, pa se u tankom humusu pojavljuje obilje valutica šljunka. Takvi se tereni lokalno zovu prudi. Povećane debljine pokrivača su u pravilu lokalnog karaktera, a ne premašuju 5 m.

### 4.3. Sliv Bednje

#### 4.3.1. Geografske značajke

Područje grupiranog vodnog tijela Bednje površine 724,92 km<sup>2</sup> morfološki je obilježeno blagim brežuljcima, prosječnih nadmorskih visina od 300 do 400 metara. Između tih brežuljaka se ističu uski i dugački gorski nizovi, koji se protežu od zapadne granice sa Slovenijom do

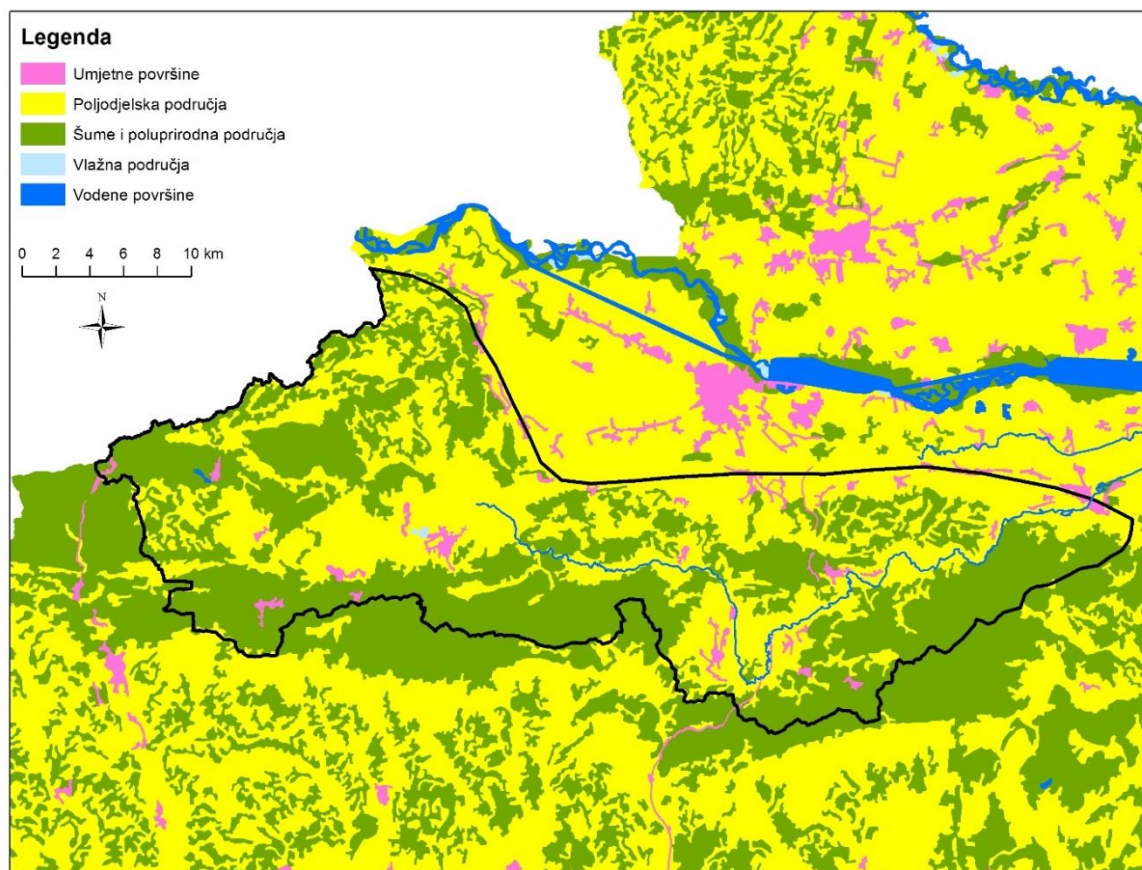


Podravine. U hidrografskoj mreži dominira vodotok Bednja. Klimatski ima obilježja umjerene kontinentalne klime središnje Hrvatske. Sa sjeverozapada Alpama je zaštićena od utjecaja Atlantske klime, a s juga, k Dinaridima od utjecaja sredozemne klime. Godišnja količina oborina u razdoblju 2008.-2014. je 992,3 mm, a srednja godišnje temperatura zraka je 10,4°C.

#### 4.3.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.11 prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Bednja, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.5.

Vidljivo je kako je većina površine predstavljena poljodjelskim i šumskim područjima. Mali dio površine zauzimaju umjetna odnosno urbana područja. Urbani i poljoprivredni dio vodnog tijela opterećen je različitim vrstama onečišćivala.



Slika 4.11. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Bednja (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.5. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Bednja

<b>Pokrov zemljišta</b>	<b>%</b>
Umjetne površine	2,6
Poljodjelska područja	45,5
Šume i poluprirodna područja	51,7
Vlažna područja	0,1

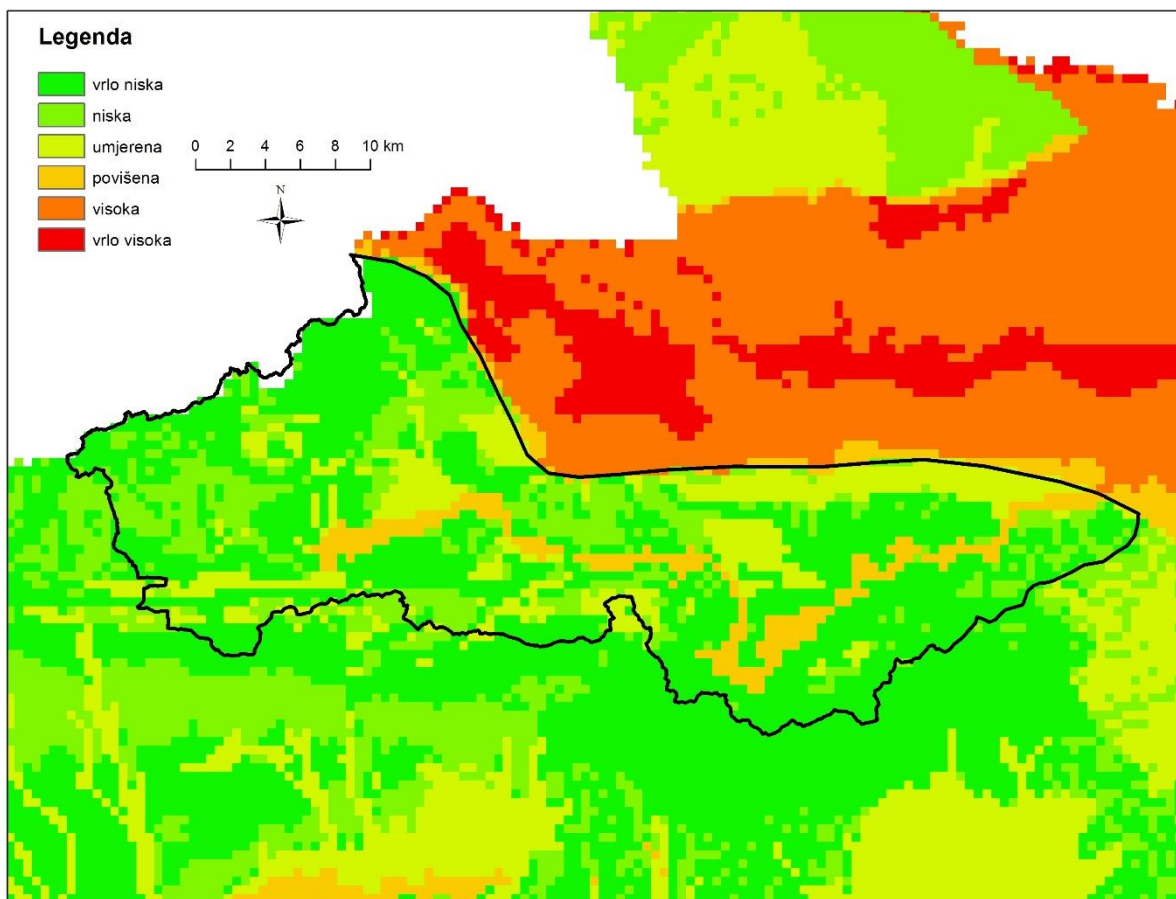
#### 4.3.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.6 i na Slici 4.12 prikazana je prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Bednja.

Tablica 4.6. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Bednja

<b>Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela</b>	<b>%</b>
Vrlo niska	52,1
Niska	21,8
Umjerena	17,9
Povišena	8,3
Visoka	-
Vrlo visoka	-

Vidljivo je da najveći dio vodnog tijela ima vrlo nisku prirodnu ranjivost uz naglasak da nema područja s visokom ili vrlo visokom ranjivosti.

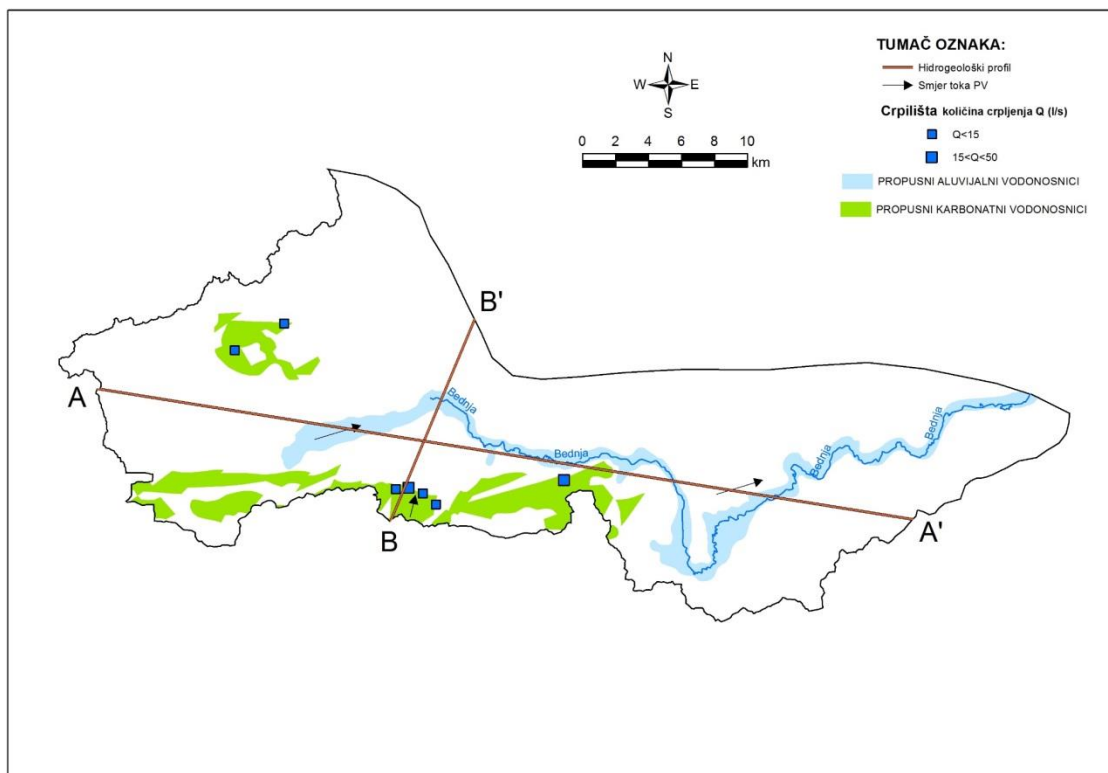


Slika 4.12. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Bednja na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

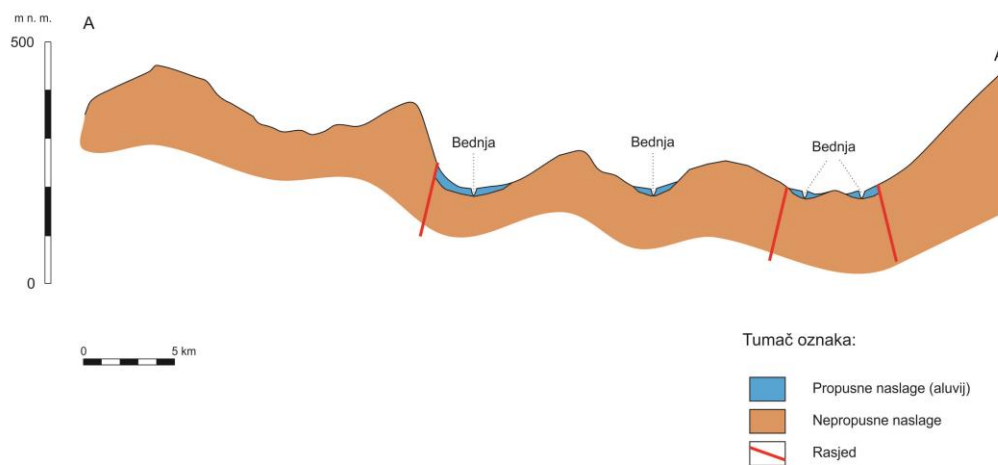
#### 4.3.4. Geološke i hidrogeološke značajke

Na području grupiranog vodnog tijela Bednja stijene su prema hidrogeološkim značajkama svrstane u tri skupine: karbonatne stijene dobre propusnosti ( $T_3$  i  $M_4^2$ ) i osrednje propusnosti ( $T_2$ ), zatim nevezane kvartarne i pliokvartarne stijene dobre propusnosti (Q (a, pr, l)) i slabe propusnosti (PI), te klastične i karbonatne stijene slabopropusne do nepropusne ( $M_6$ ,  $M_5^1$ ,  $K_{1,2}$ ,  $T_1$ ) (Dragičević, 2014). Generalni tok podzemne vode prati smjer toka rijeke Bednje (Slika 4.13).

Također, tok podzemne vode u regionalnom mjerilu kontrolira recentni strukturni sklop odnosno rasjedi i geološke strukture. Mogu se razlikovati aluvijalni vodonosnici s primarnom poroznošću vezani uz vodotok Bednje kao i vodonosnici sekundarne poroznosti razvijeni u karbonatnim stijenama (Slika 4.14 i 4.15).



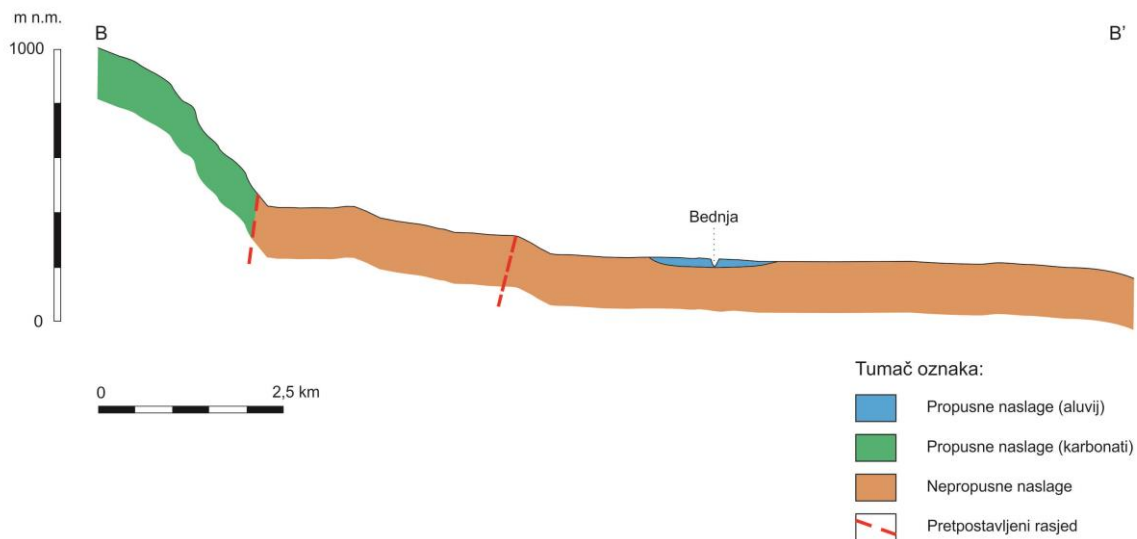
Slika 4.13. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika u grupiranom vodnom tijelu Bednja



Slika 4.14. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Bednja

Debljina trijaskog dolomitno-vapnenačkog vodonosnika u razmatranom području procjenjuje se na više stotina metara (Šimunić et al., 1982; Aničić & Juriša, 1983). Bore i rasjedi te rasjedne zone velikih dimenzija (dm, hm, km) daju temeljna strukturalna obilježja ovom

vodonosniku. Odnos ovog vodonosnika prema izolatorskim stijenskim kompleksima vrlo je zamršen (Dragičević, 2014).



Slika 4.15. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Bednja

Vrijednosti efektivne poroznosti karbonatnih propusnih stijena procijenjene su promatranjem izdanaka u kamenolomima na 3 do 25% (Dragičević et al., 1997). Transmisivnost i hidraulička vodljivost, kao i neki drugi hidrogeološki parametri, za sada nisu dovoljno proučavani u istraživanom prostoru.

## 4.4. Legrad - Slatina

### 4.4.1. Geografske značajke

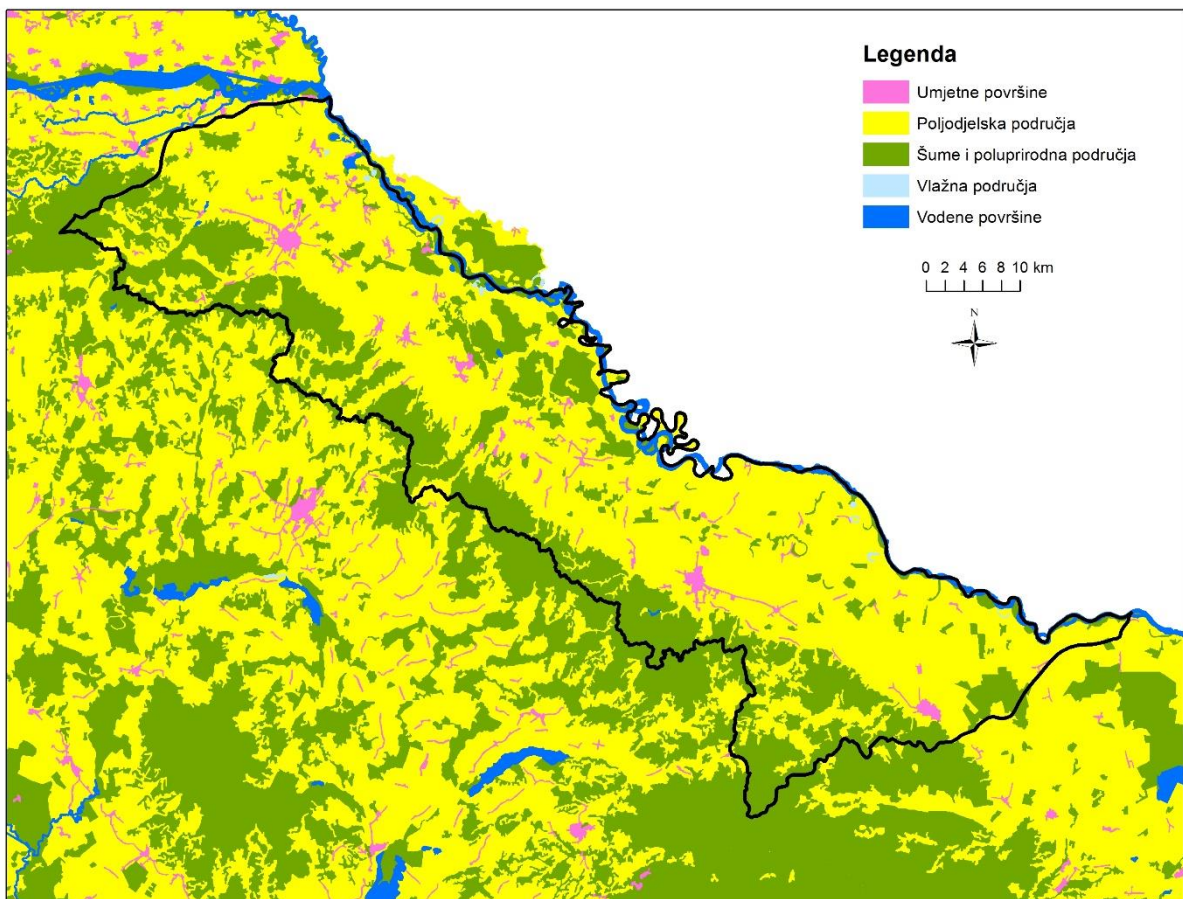
Ravničarski predjeli grupiranog vodnog tijela Legrad-Slatina morfološki ocrtavaju protezanje dravske depresije. U njoj su istaložene vrlo debele tercijarne i kvartarne naslage, a u njihovom vršnom dijelu pojavljuje se kvartarni vodonosni kompleks, u kojemu su nakupljene velike količine podzemnih voda i predstavljaju glavna izvorišta vodoopskrbe. U ujednačenom ravničarskom području ipak se naziru tragovi razvedenosti terena, a prema regionalnom morfološkom, a i hidrogeološkom značenju, mogu se izdvojiti dvije jedinice: nizinski predjeli pretežitog dijela dravske ravnice u kojima su uskladištene velike količine podzemnih voda (vodonosnici velike ukupne debljine) i područje rubne terase koje nemaju kontinuirano pružanje, a vjerojatno su i različite geneze, no zajednička im je manja debljina naslaga.

Grupirano vodno tijelo Legrad-Slatina obuhvaća površinu od 2.370,58 km<sup>2</sup>. Godišnja količina oborina u razdoblju 2008.-2014. je 856 mm, a srednja godišnje temperatura zraka je 11,1°C.

#### 4.4.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.16 prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Legrad-Slatina, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.7.

Vidljivo je kako je većina površine predstavljena poljodjelskim i šumskim područjima. Mali dio površine zauzimaju umjetna odnosno urbana područja. Urbani i poljoprivredni dio vodnog tijela opterećen je različitim vrstama onečišćivala.



Slika 4.16. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Legrad-Slatina (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.7. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Legrad-Slatina

<b>Pokrov zemljišta</b>	<b>%</b>
Umjetne površine	2,8
Poljodjelska područja	63,6
Šume i poluprirodna područja	32,3
Vlažna područja	0,2
Vodene površine	1,1

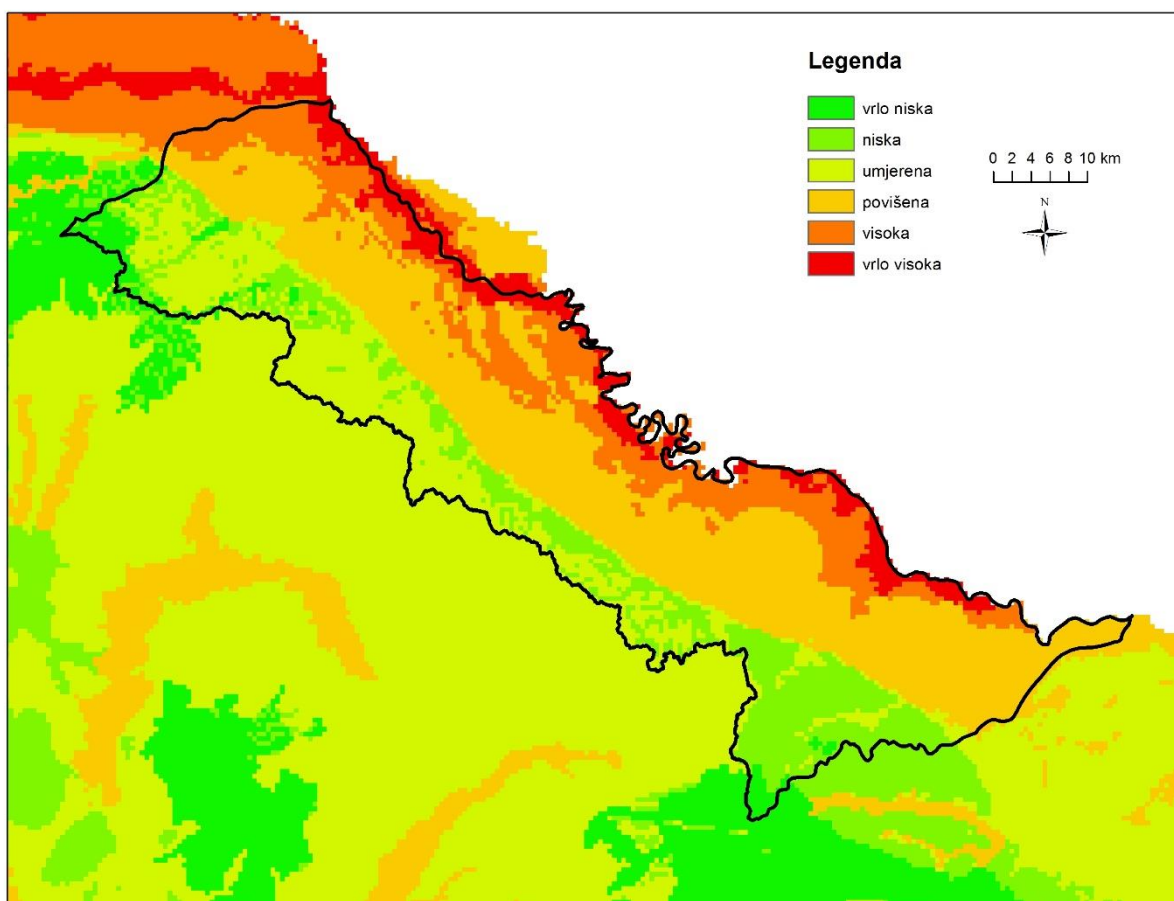
#### 4.4.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.8 i na Slici 4.17 prikazana je prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Legrad-Slatina.

Tablica 4.8. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Legrad-Slatina

<b>Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela</b>	<b>%</b>
Vrlo niska	2,6
Niska	15,7
Umjerena	18,0
Povišena	41,2
Visoka	16,4
Vrlo visoka	6,1

Vidljivo je da najveći dio vodnog tijela ima povišenu do visoku prirodnu ranjivost. Nešto više od 6% površine vodnog tijela ima vrlo visoku ranjivost.

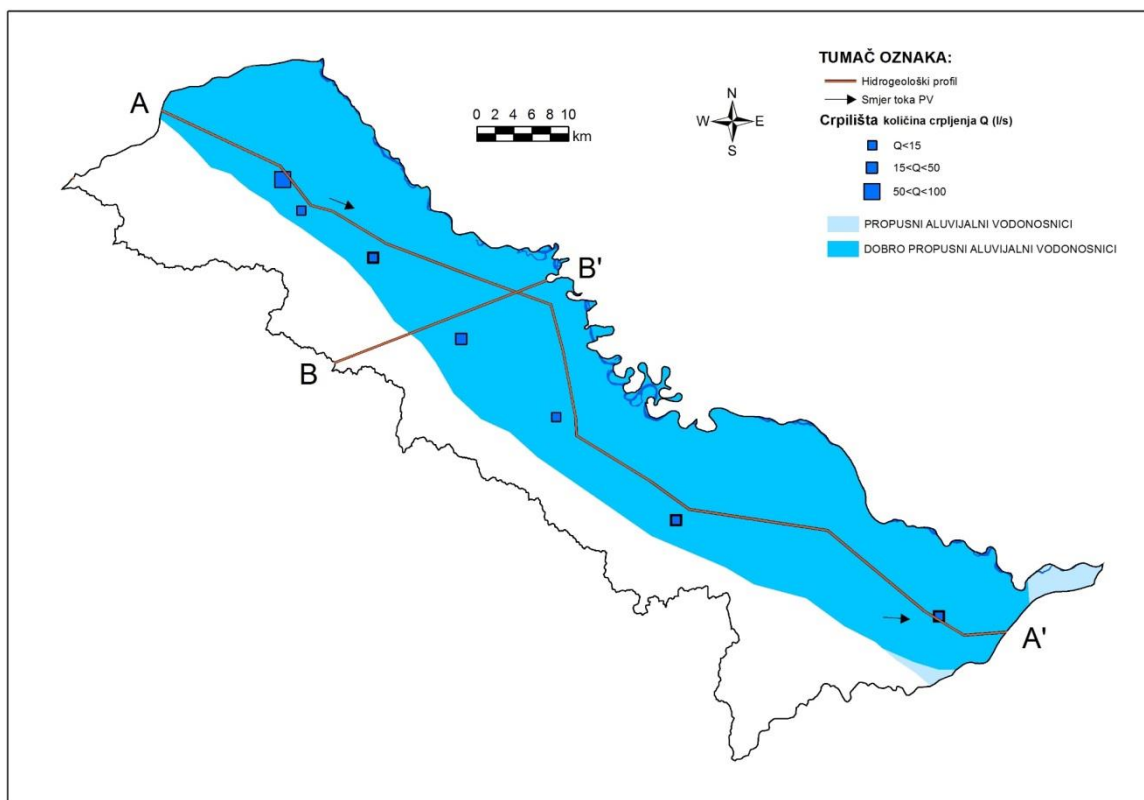


Slika 4.17. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Legrad-Slatina na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.4.4. Geološke i hidrogeološke značajke

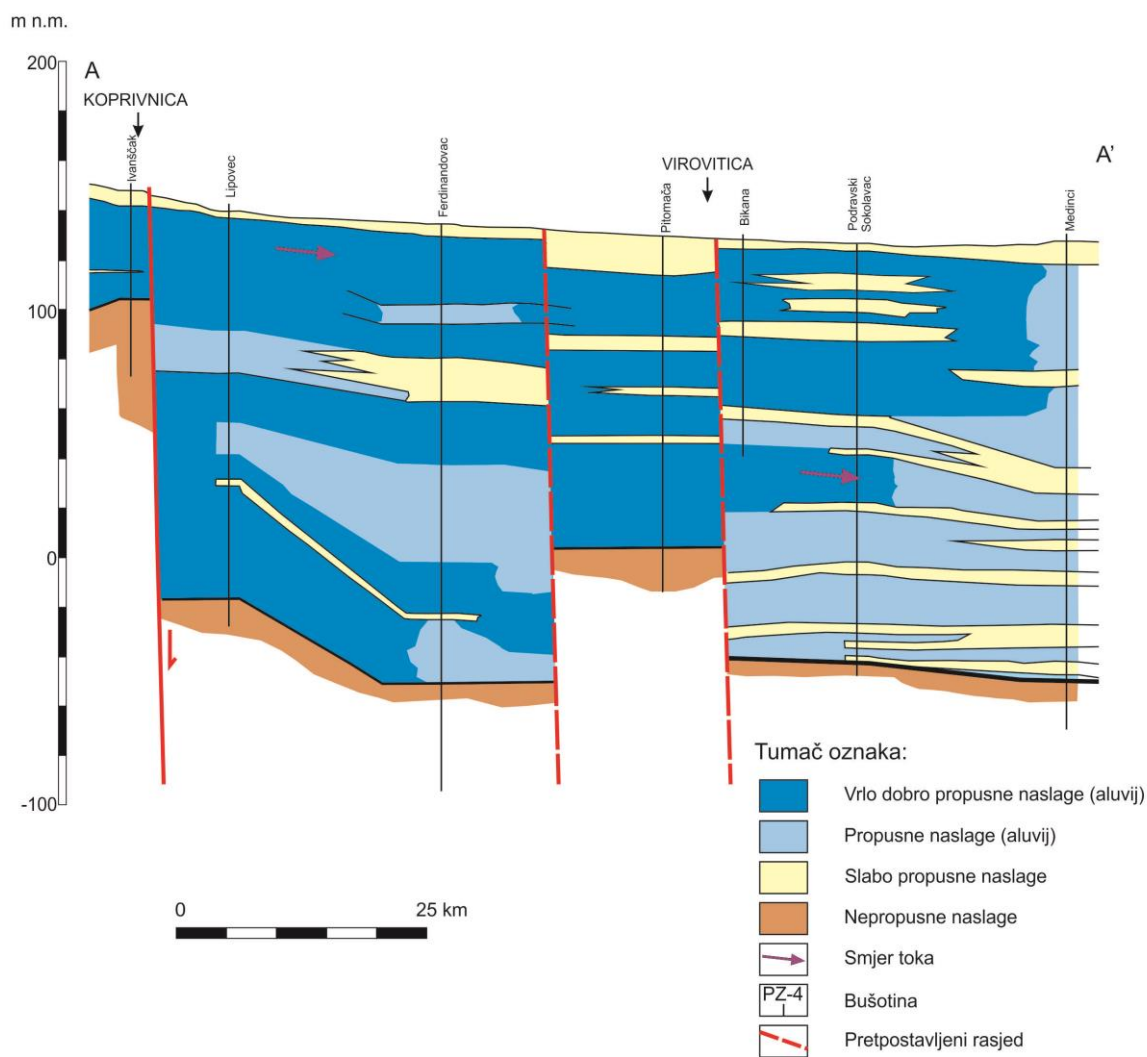
Područje vodnog tijela Legrad-Slatina izgrađuju dvije geotektonske jedinice s različitim geološkom građom i morfološkim obilježjima, što je rezultiralo i s izrazito različitim hidrogeološkim značajkama. To su: dravska depresija u kojoj je formiran debeli kvartarni aluvijalni vodonosni kompleks i dijelovi Bilogorskog i Papučkog gorja u kojima se rijetko pojavljuju vodonosnici i koji su u pravilu lokalnoga značaja. Generalni smjer toka je od sjeverozapada prema jugoistoku (Slika 4.18).





Slika 4.18. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika u grupiranom vodnom tijelu Legrad-Slatina

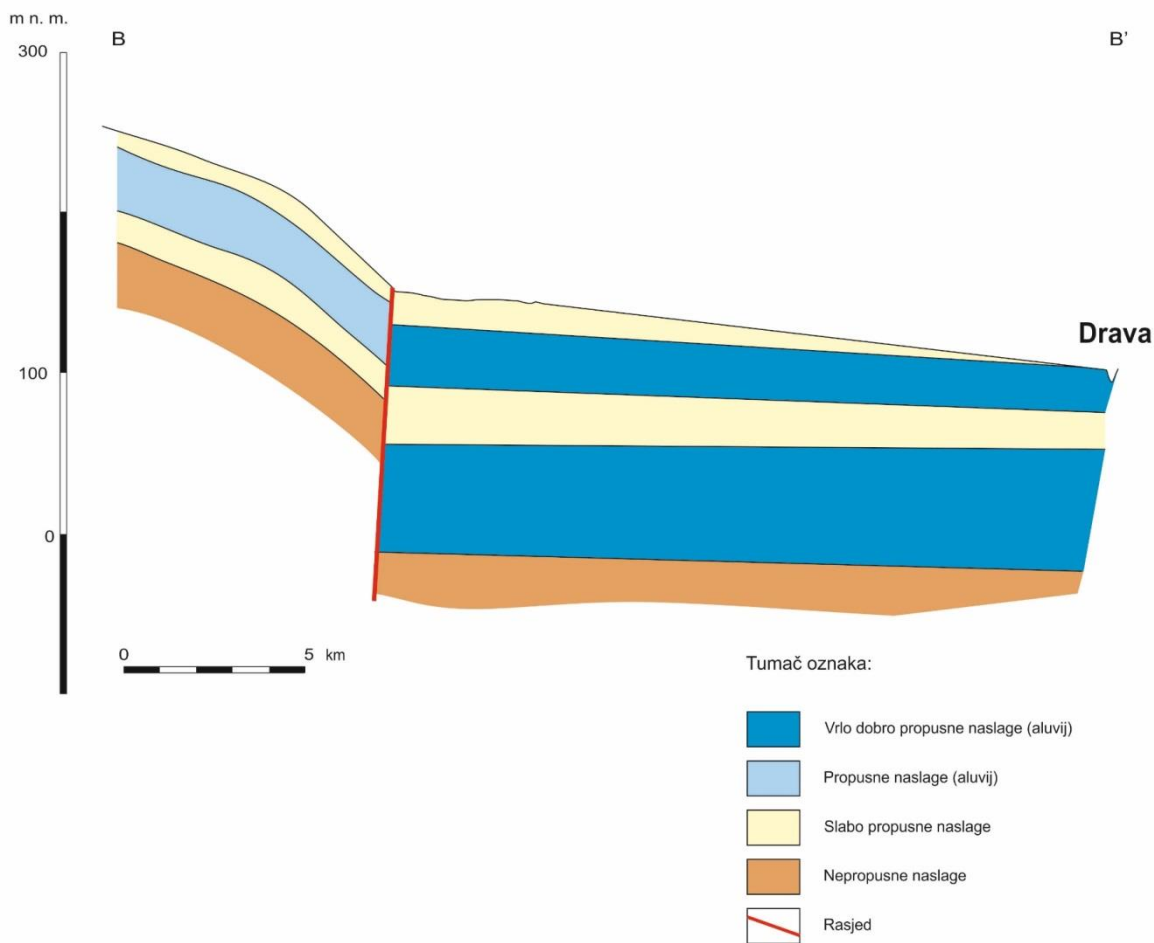
Površinski promatrano, geološka građa pridravske ravnice je vrlo jednolična, kako kronostratigrafski, jer su to sve najmlađe naslage koje pripadaju holocenu i najmlađem pleistocenu, tako i litološki jer su na površini uglavnom glina, prah i pijesak koji se pojavljuju u mješavini i izmjeni. Ipak, i površinski ima sustavnih diferencijacija, kako u morfološkom tako i u litostratigrafskom smislu, a u litološkoj diferencijaciji najmlađih naslaga mogu se zamijetiti i odrazi dubokih struktura, no njihov utjecaj pretežito je izražen u rubnim predjelima. Općenito je poznato da su u dravskoj depresiji istaložene debele naslage kvartara i tercijara, koje su bogate podzemnim vodama. Za potrebe vodoopskrbe zanimljiv je samo najgornji dio ovog vodonosnog kompleksa (Slika 4.19 i 4.20). To je aluvijalni vodonosnik heterogene litološke građe, a obuhvaća naslage od površine terena do regionalnog repera Q' (Urumović et al., 1976). Debljina tih naslaga u nekim središnjim predjelima prelazi 200 m. U litološkom sastavu aluvijalnog vodonosnika pojavljuje se pijesak i šljunak, koji izgrađuju propusne slojeve, te prah i glina koji izgrađuju polupropusne slojeve. Pojava šljunka dominira u svim zapadnim i južnim terasastim predjelima, a u istočnim predjelima prevladavaju srednjo i krupnozrnati pijesci.



Slika 4.19. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Legrad-Slatina

Vrijednosti hidrogeoloških parametara kvartarnoga vodonosnika istraživani su na pojedinim crpilištima u području srednje Podravine. Koristeći starije, a i najnovije analize, mogu se kao karakteristične vrijednosti parametara vodonosnika navesti iznosi: hidraulička vodljivost vodonosnika  $K=15-150$  m/dan i koeficijent uskladištenja vodonosnika  $S=0,1-2 \cdot 10^{-3}$ .

Vodonosni kompleks je u pravilu pokriven slabopropusnim naslagama, koje su obično izgrađene od močvarnih i kopnenih prapora. Kopneni prapori u pravilu prekrivaju pozitivne strukture, a močvarni su istaloženi u ulekninama. Česta je pojava da kopneni prapori mjestimice prekrivaju močvarne prapore. Pokrovne naslage su izgrađene od praha, gline i praškastoga pijeska. Debljina im je vrlo raznolika, a osim toga rašireni su facijalni prijelazi pojedinih tvorevina (Urumović et al., 2006).



Slika 4.20. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Legrad-Slatina

## 4.5. Novo Virje

### 4.5.1. Geografske značajke

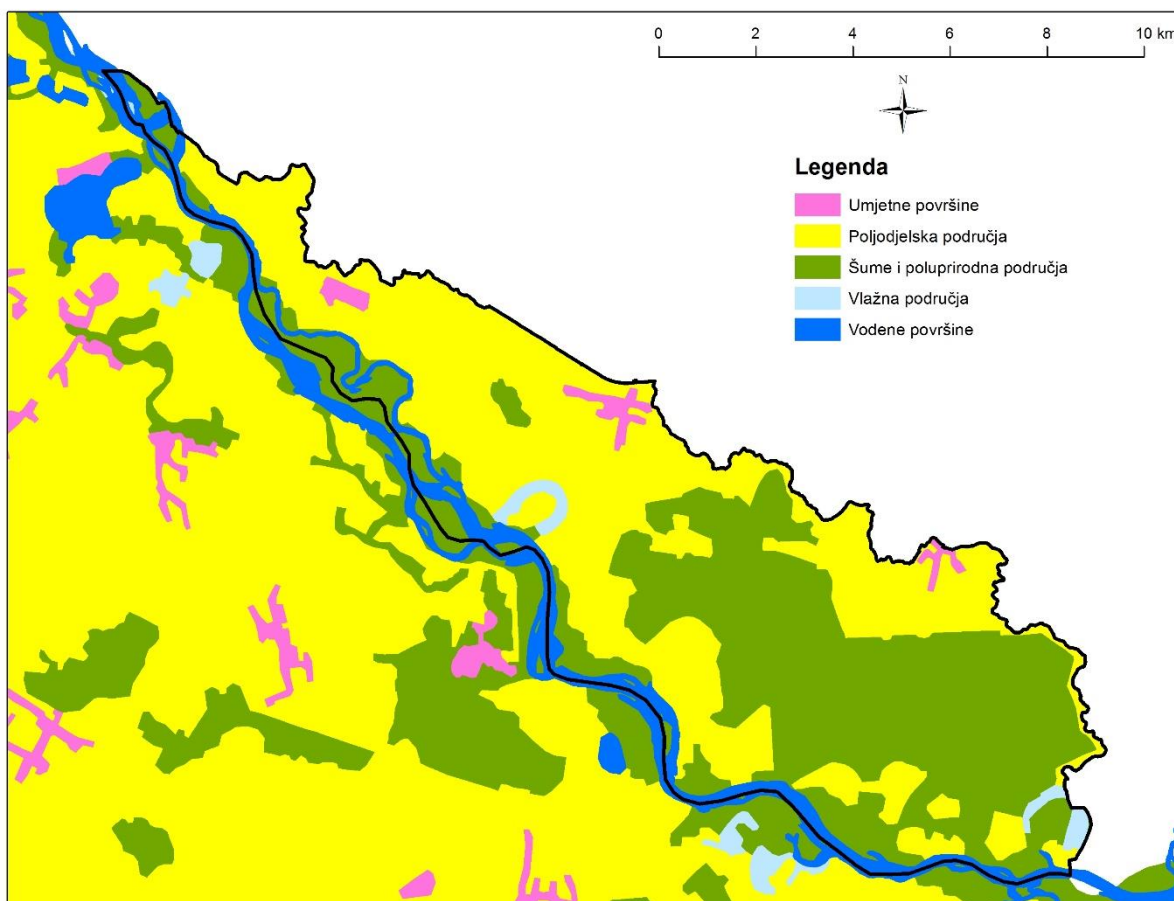
Grupirano vodno tijelo Novo Virje obuhvaća lijevu obalu rijeke Drave između Legrada i Novog Virja. Sjeverna granica je državna granica s Mađarskom. Obuhvaća površinu od 97,30 km<sup>2</sup>. Godišnja količina oborina u razdoblju 2008.-2014. je 849,7 mm, a srednja godišnje temperatura zraka je 11,6°C. U cijelosti je zastupljena dravskim šljunkovito-pjeskovitim vodonosnikom.

### 4.5.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu

načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.21 prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Legrad-Slatina, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.9.

Vidljivo je kako je većina površine predstavljena poljodjelskim i šumskim područjima. Mali dio površine zauzimaju umjetna odnosno urbana područja, dok je nešto veći postotak vodenih površina. Urbani i poljoprivredni dio vodnog tijela opterećen je različitim vrstama onečišćivala.



Slika 4.21. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Novo Virje (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.9. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Novo Virje

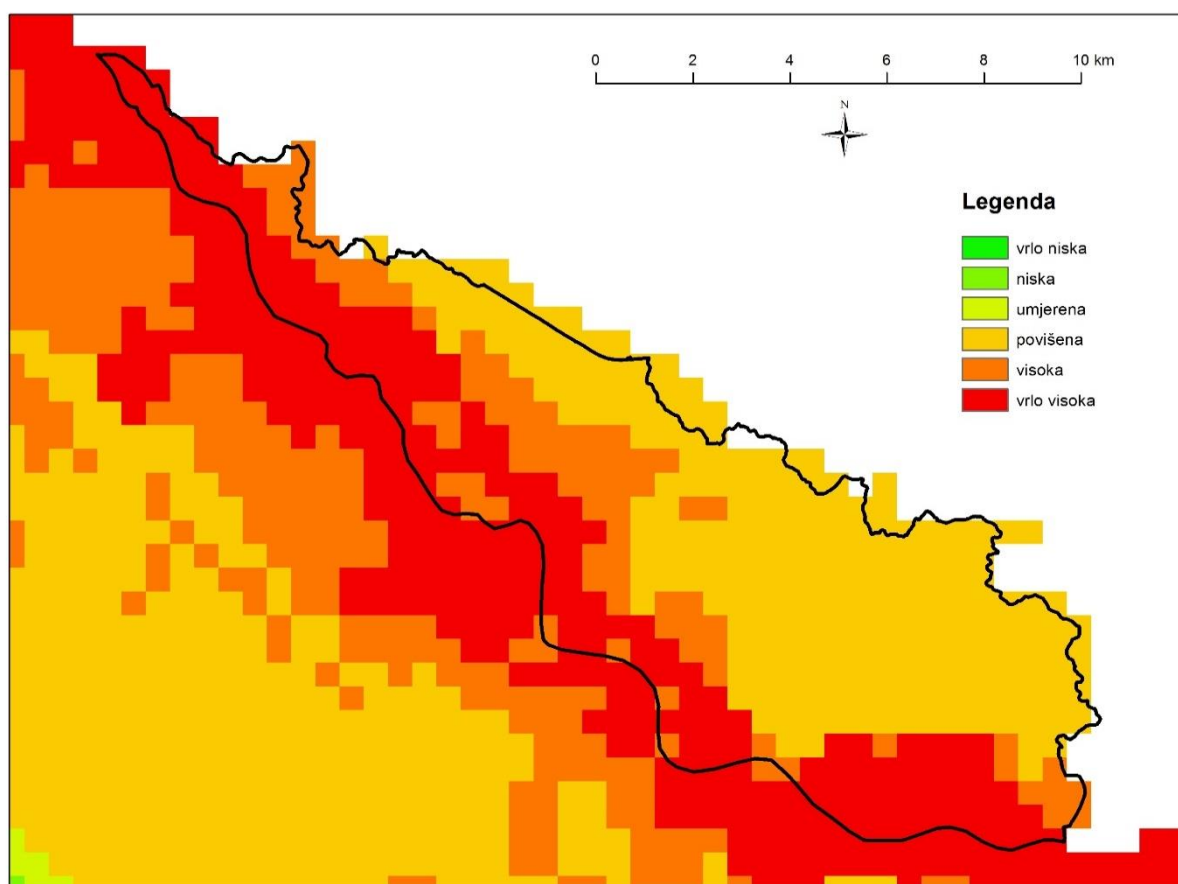
Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	1,5
Poljodjelska područja	47,3
Šume i poluprirodna područja	46,5
Vlažna područja	1,5
Vodene površine	3,1

### 4.5.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.10 i na Slici 4.22 prikazana je prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Novo Virje.

Tablica 4.10. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Novo Virje

Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	-
Niska	-
Umjerena	-
Povišena	48,8
Visoka	19,4
Vrlo visoka	31,8

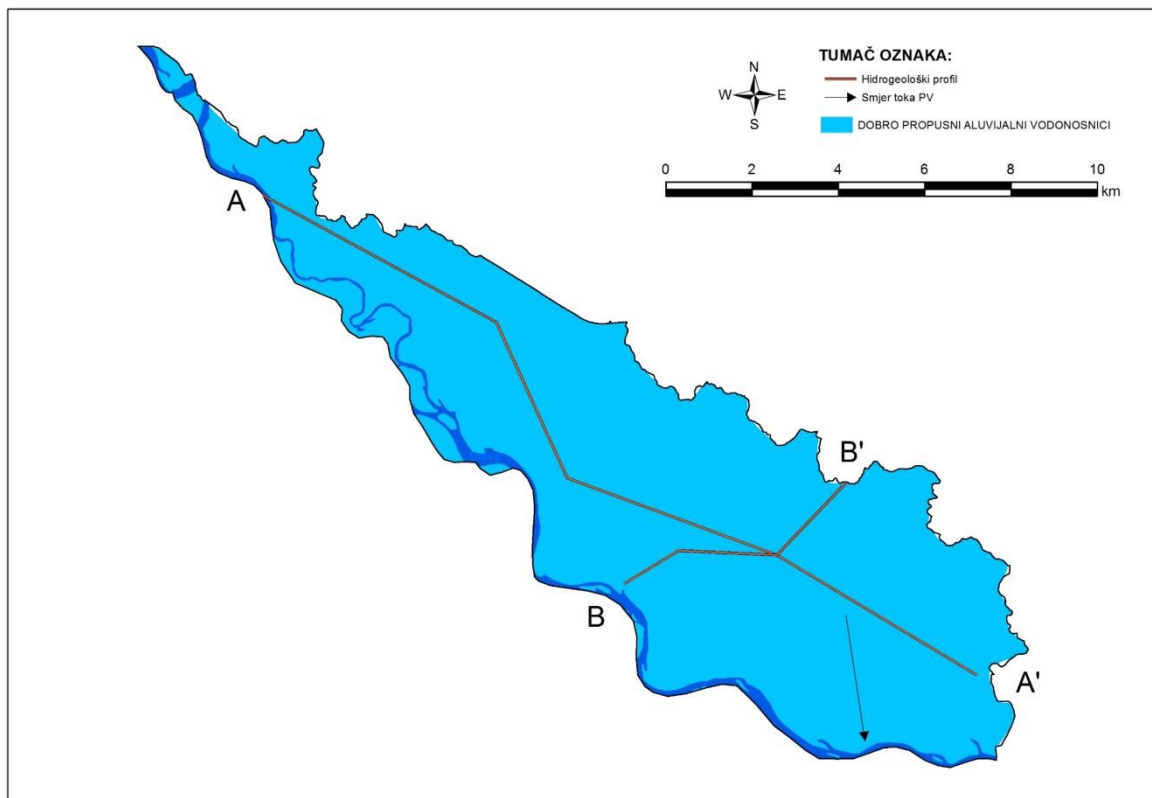


Slika 4.22. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Novo Virje na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

Vidljivo je da najveći dio vodnog tijela ima povišenu prirodnu ranjivost, a zapaža se i veliki dio površine vodnog tijela (preko 30 %) koji ima vrlo visoku ranjivost.

#### 4.5.4. Geološke i hidrogeološke značajke

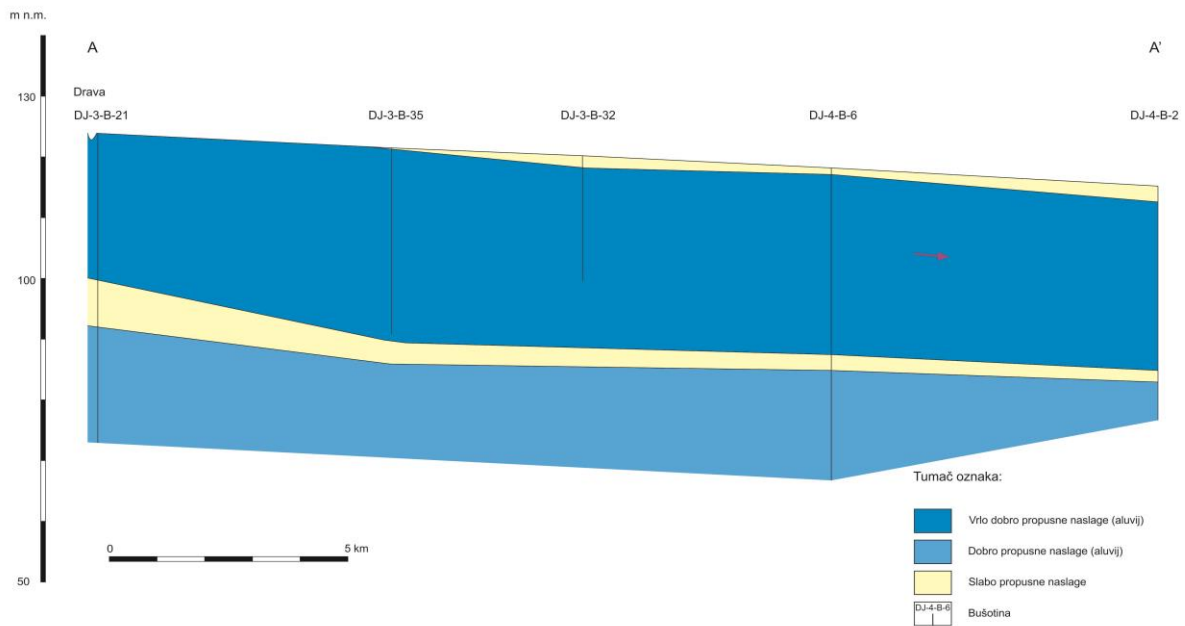
Površinski promatrano geološka građa vodnog tijela Novo Virje je vrlo jednolična kako kronostratigrafski, jer su to sve najmlađe naslage koje pripadaju holocenu i najmlađem pleistocenu, tako i litološki jer su na površini uglavnom glina, prah i pijesak koji se pojavljuju u mješavini i izmjeni. Ipak, i površinski ima sustavnih diferencijacija, kako u morfološkom, tako i u litostratigrafskom smislu. Vodonosni kompleks je izdužen paralelno toku rijeke Drave. Vodonosni kompleks se sastoji od šljunkovito-pjeskovitih slojeva međusobno odvojenih polupropusnim prašinasto-glinovitim naslagama (Slika 4.23).



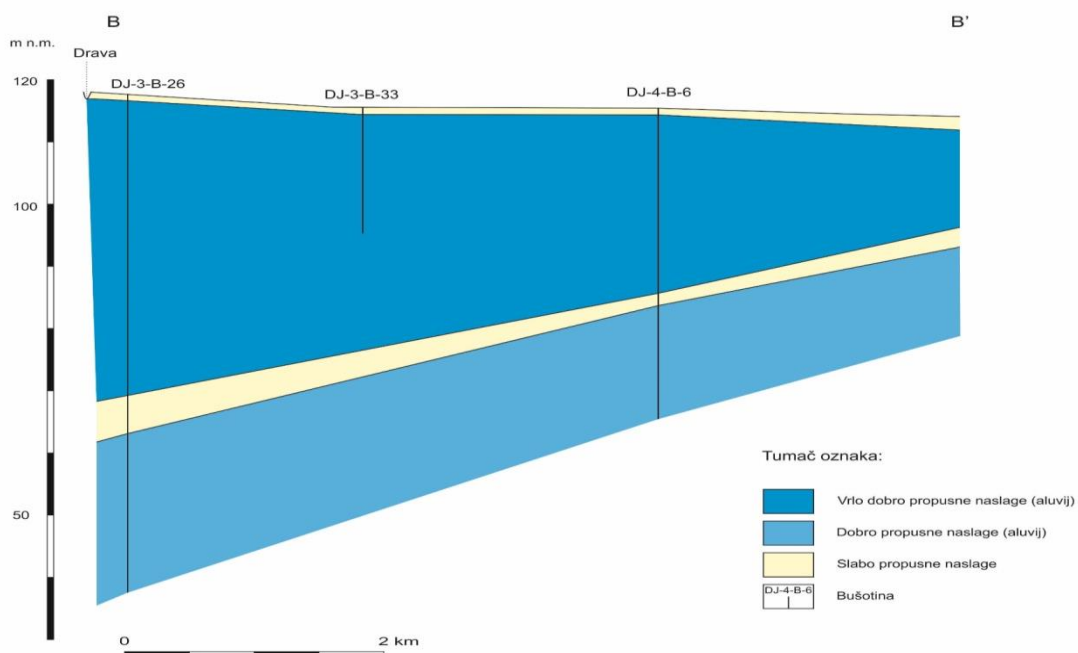
Slika 4.23. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika u grupiranom vodnom tijelu Novo Virje

Debljina vodonosnih naslaga kreće se oko 60 m (Slika 4.24 i Slika 4.25), a polupropusnim proslojkom debljine nekoliko metara razdvojeni su plići i dublji vodonosni sloj. Krovina vodonosnog kompleksa predstavljena je slabopropusnim naslagama sastavljenim od

praha, gline i prašinstog sitnozrnatog pijeska. Nizvodno od legradskog praga debljina krovinskih naslaga je najmanja uz samo korito rijeke Drave, dok se prema rubovima bazena povećava. Veće debljine krovinskih naslaga nabušene su južno od Gole, do 5,6 m (Brkić & Larva, 2012). Transmisivnost i hidraulička vodljivost kao i neki drugi hidrogeološki parametri za sada nisu dovoljno proučavani u istraživanom prostoru.



Slika 4.24. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Novo Virje



Slika 4.25. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Novo Virje

## 4.6. Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

### 4.6.1. Geografske značajke

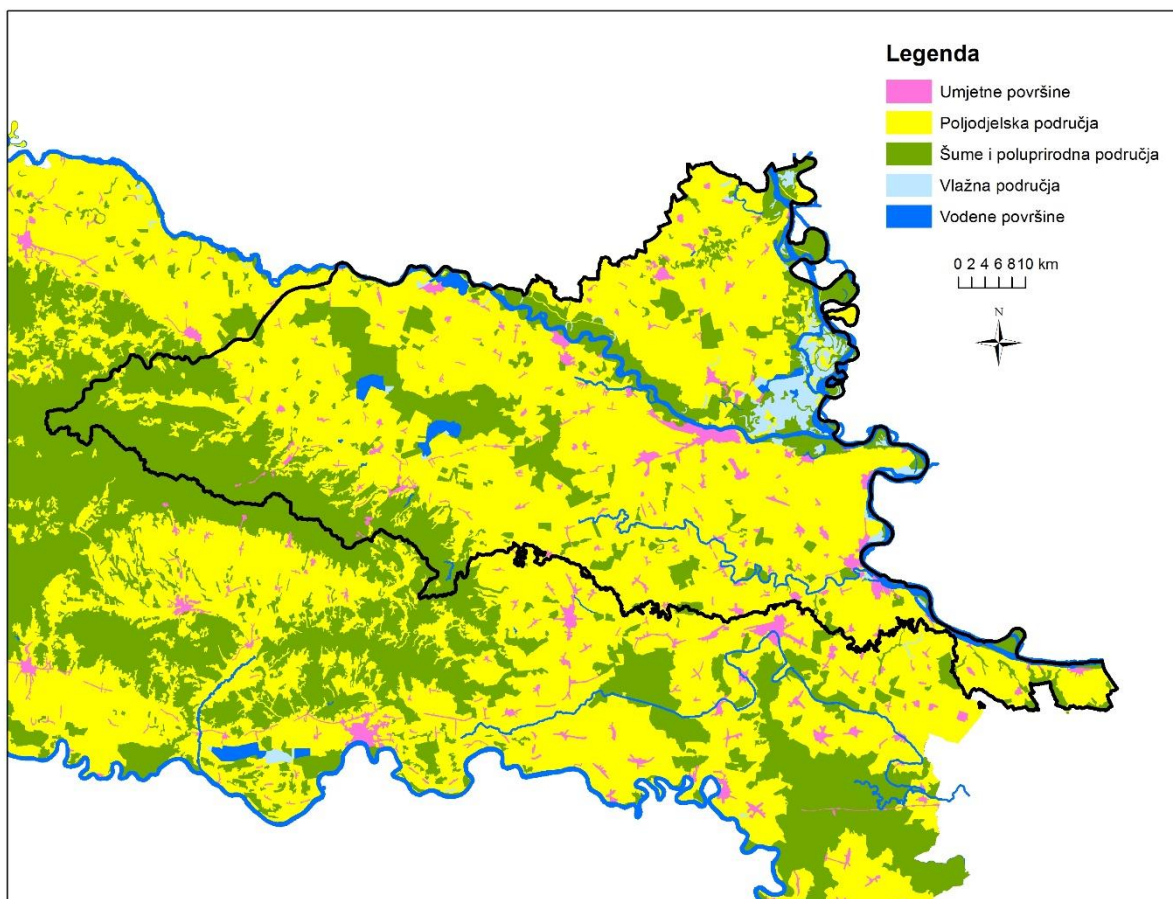
Grupirano vodno tijelo Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava pruža se na krajnjem istoku Republike Hrvatske karakteriziranom prostranim ravninama u kojima su se tijekom kvartara istaložile debele klastične naslage. Današnji morfološki izgled terena u najvećoj mjeri je rezultat postpliocenskih gibanja koja su u ovom području snažno izražena. Izrazito ravničarski tereni imaju bogati mikroreljef u kojemu su najmarkantniji tragovi meandriranja oko korita rijeka i Đakovačko-vukovarski pleistocenski ravnjak. U mikroreljefu najjasnije se ocrta oko 10 km široko inundacijsko područje Drave koje pretežno zauzima rubne dijelove Baranje. Ova riječna nizina ulazi u još šire inundacijsko područje Dunava i to u predjelu Kopačkoga rita, zaostale velike prirodne akumulacije kao najniže depresije ovih predjela. Na području Baranje u reljefu dominira Bansko brdo te se pojavljuju dva izražena praporna ravnjaka. Na južne padine Banskog brda naslanja se južni baranjski praporni ravnjak, a druga izražena praporna terasa pruža se od Kneževa prema sjeveru. U jugozapadnom dijelu vodno tijelo pruža se duž sjevernih obronaka Papučkog gorja. Vodno tijelo obuhvaća površinu od 5.010,97 km<sup>2</sup>. Godišnja količina oborina u razdoblju 2008.-2014. je 734,2 mm, a srednja godišnje temperatura zraka je 11,1°C.

### 4.6.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.26. prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.11.

Vidljivo je kako je najveći dio površine predstavljen poljodjelskim područjima. Također su rasprostranjena i šumska područja. Mali dio površine zauzimaju umjetna odnosno urbana područja, a je sličan udio i vodenih površina. Urbani i poljoprivredni dio vodnog tijela opterećen je različitim vrstama onečišćivala.





Slika 4.26. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.11. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	3,4
Poljodjelska područja	63,8
Šume i poluprirodna područja	28,1
Vlažna područja	2,3
Vodene površine	2,4

#### 4.6.3. Prirodna ranjivost

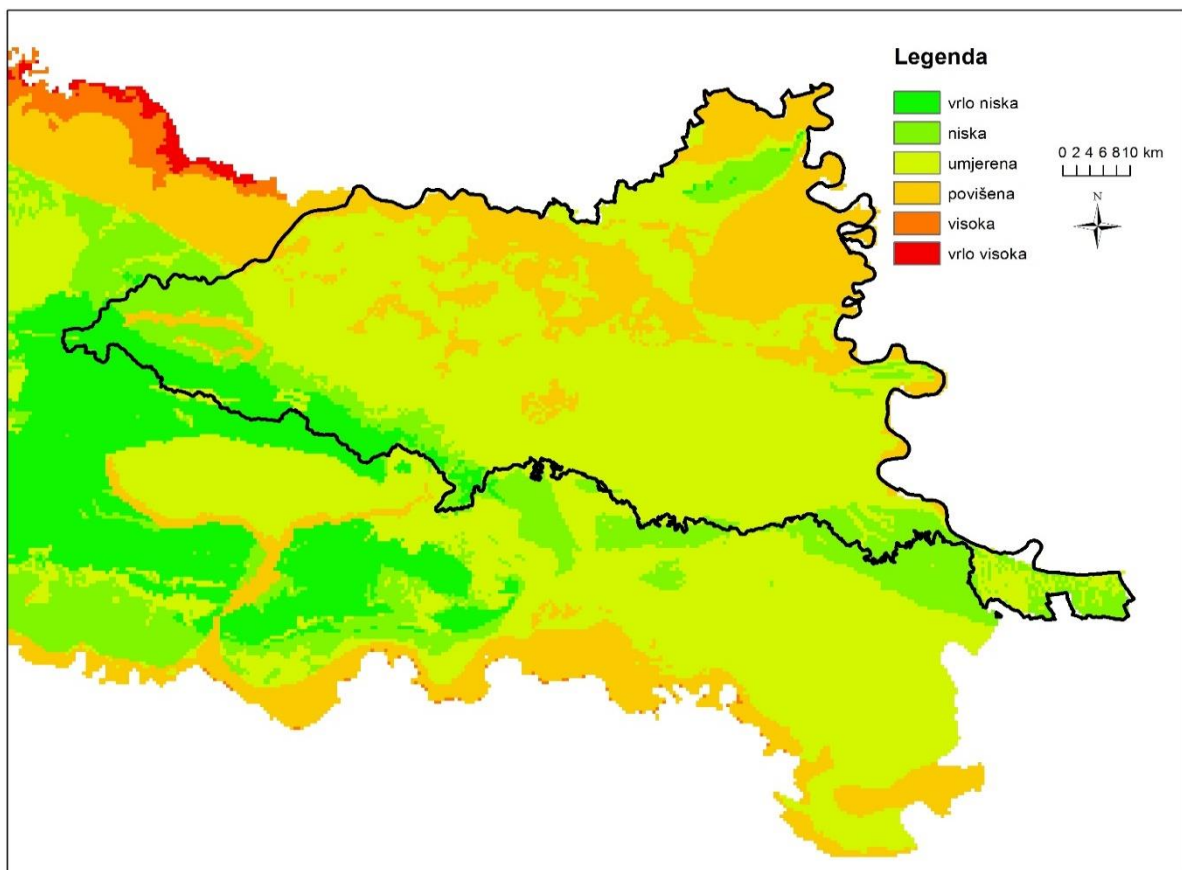
Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.12 i na Slici 4.27 prikazana je

prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava.

Vidljivo je da najveći dio vodnog tijela ima umjerenu prirodnu ranjivost, a zapaža se kako nema područja s visokom ili vrlo visokom prirodnom ranjivošću.

Tablica 4.12. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

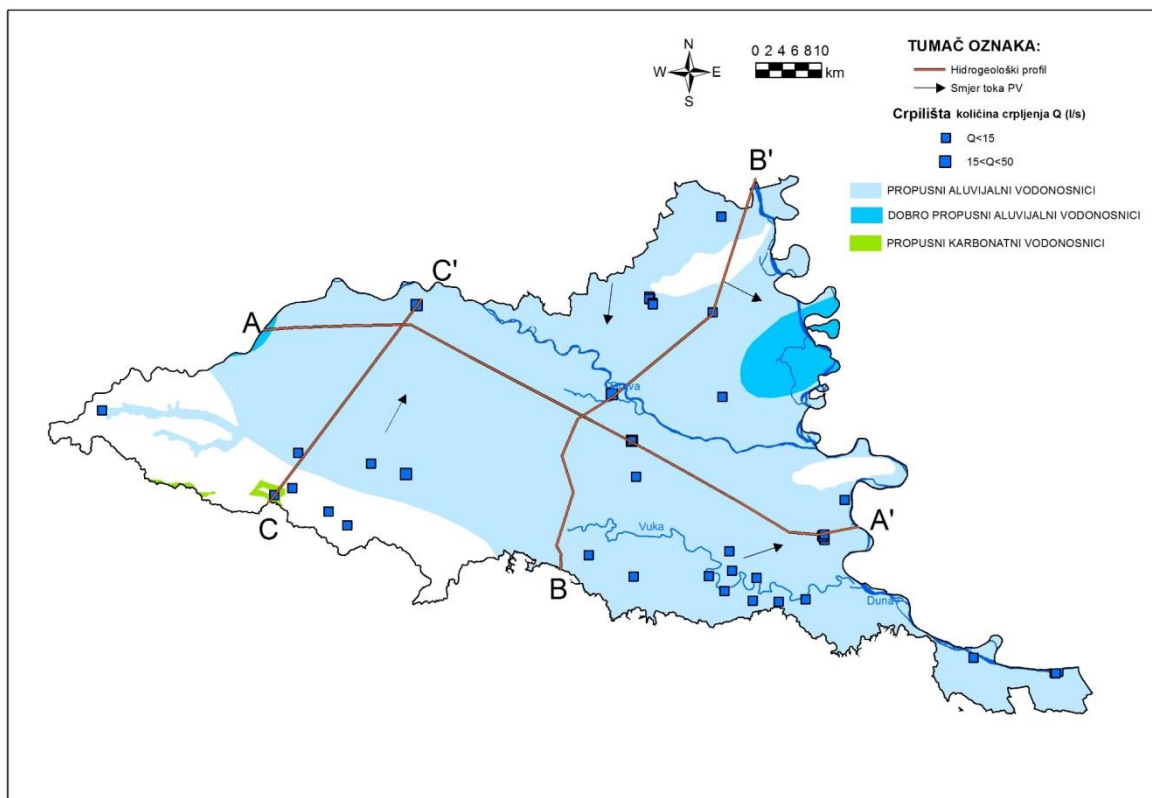
Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	5,5
Niska	10,7
Umjerena	58,4
Povišena	25,4
Visoka	-
Vrlo visoka	-



Slika 4.27. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.6.4. Geološke i hidrogeološke značajke

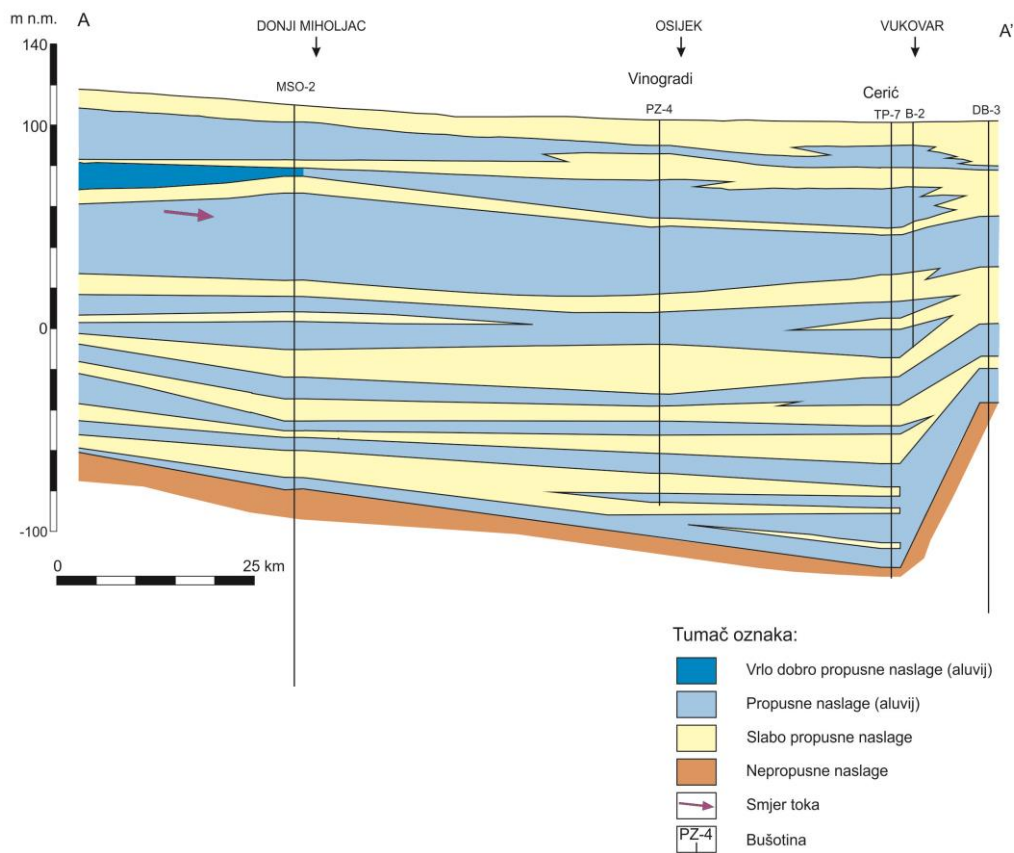
Na najvećem dijelugrupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava geološka građa je vrlo jednolična. Kronostratigrafski to su najmlađe naslage koje pripadaju holocenu i najmlađem pleistocenu. Litološki su zastupljeni uglavnom glina, prah i pijesak. Oni se miješaju u svim omjerima kako lateralno, tako i vertikalno. Ipak, i površinski ima sustavnih diferencijacija kako u morfološkom, tako i u litostratigrafskom smislu, što s dubinom raste. Smjerovi toka podzemne vode su različiti (Slika 4.28).



Slika 4.28. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

Na litološkom profilu naslaga uočavaju se dva kontrastna dijela u inače općoj izmjeni sitno i krupno klastičnih sedimenata. Granicu među njima označava uvjetni marker Q'. Kao značajke gornjega dijela naslaga ističe se nekonsolidiranost materijala, relativno visoki udjel propusnih gruboklastičnih slojeva i sadržaj slatkih voda, a u domaćoj literaturi obično se nazivaju kvartarni vodonosni kompleks ili kvartarni vodonosnik koji na ovom području ima debljinu oko 150 m (Slika 4.29 i 4.30). Naslage iznad markera Q' Urumović et al. (1976, 1978)

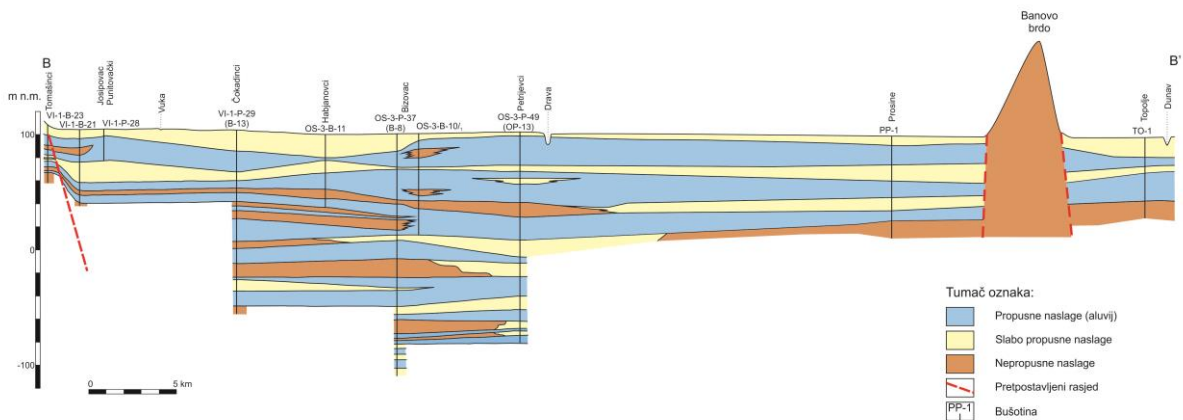
pripisuju srednjem i gornjem pleistocenu, te holocenu, a one ispod donjem pleistocenu i pliopleistocenu. U najvećem dijelu vodonosnik je izgrađen od jednoličnog sitno do srednjozrnastog pijeska s tanjim i debljim proslojcima praha i gline. Važna značajka građe kvartarnih naslaga je alternacija gruboklastičnih i sitnoklastičnih slojeva. Ispod markera Q' stupanj konsolidacije je veći, udjel propusnih, gruboklastičnih slojeva je smanjen i znatne su razlike u mineralizaciji slojnih voda kako po vertikali, tako i horizontali, a mineralizacija vode je općenito povišena u odnosu na gornji dio jedinice.



Slika 4.29. Prvi uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

Na području Baranje kvartarni vodonosni kompleks je izgrađen tako da je površinski dio naslaga, debljine uglavnom oko 10 do 25 m, izgrađen od praha, gline i prašinastoga pijeska. U južnim dijelovima promatranoga područja debljina tog pokrivača reducirana je na 3-7 m. Ispod površinskih naslaga do oko 30 m, pa i 50 m dubine prevladavaju slojevi uglavnom jednoličnoga pijeska, ali raznolike granulacije, a ponegdje se pojavljuju i tanji slojevi i leće

šljunka. Za istočni dio područja su značajne jako propusne naslage šljunka nabušenoga u Tikvešu. Kompleks kvartarnih naslaga predstavljaju vodonosnik ispod kojeg su uglavnom glinoviti i prašinski slojevi, te lapori.



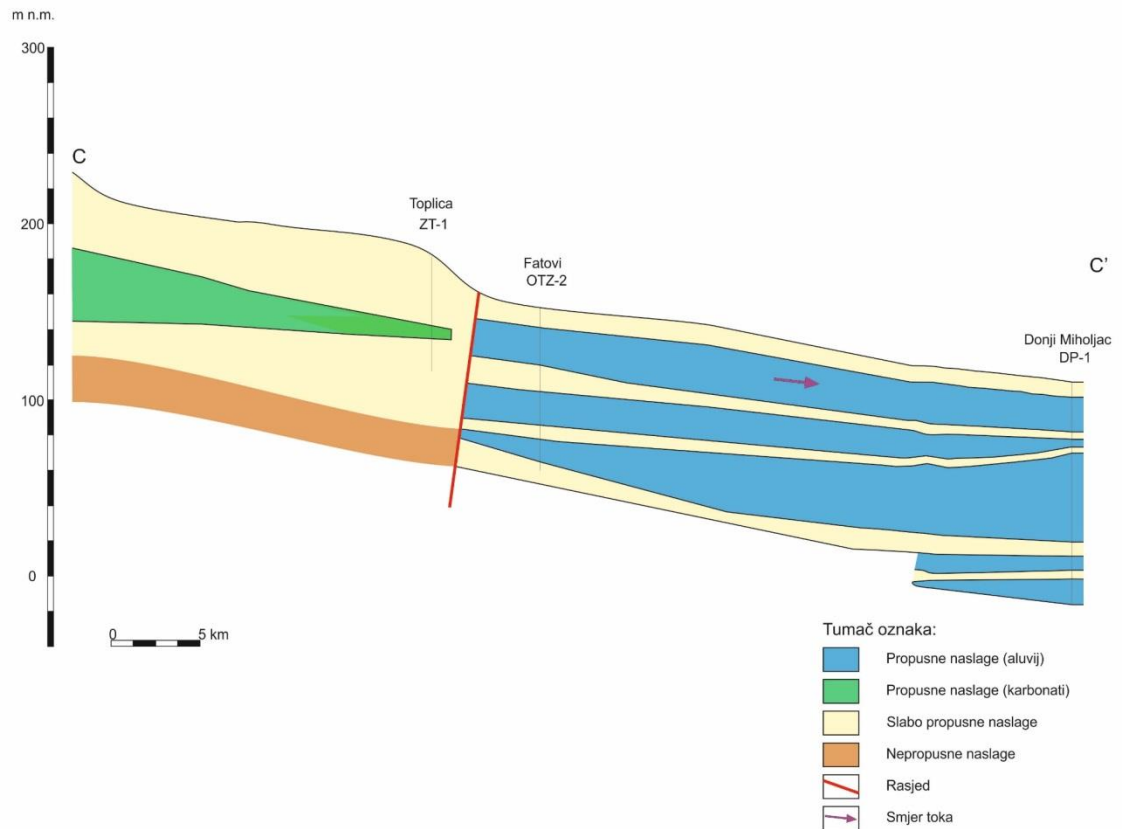
Slika 4.30. Drugi uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

Na krajnjem istoku osnovno obilježje ovih krajeva su praporne naslage, a općenito se može reći da su hidrogeološke prilike uvjetovane okolnošću da krajnji istočni dijelovi vodnog tijela u geotektonskom smislu pripadaju rubnim dijelovima bačke depresije u kojoj su kao i u slavonsko-srijemskoj depresiji istaložene debele naslage kvartarnih i tercijarnih naslaga. U hidrogeološkom smislu također je zanimljiv gornji dio istaloženih naslaga koji je u okviru regionalnih hidrogeoloških istraživanja izdvojen kao kvartarni vodonosni kompleks (Urumović et al., 1976; Urumović, 1982) uz pojavu arteških tlakova. Izgrađen je od slojeva pijeska i šljunka koji se izmjenjuju s glinovito-prašinastim slojevima. U širem prostoru prapornog ravnjaka debljina ovih naslaga iznosi oko 100 m, dok u rubnim predjelima tonu.

Vrijednosti hidrogeoloških parametara proučavani su u više navrata pomoću brojnih analitičkih i numeričkih metoda. Može se reći da kvartarni vodonosni kompleks karakteriziraju prosječne vrijednosti hidraulička vodljivost:  $K=10-30$  m/dan.

Na površini su kvartarne naslage različitoga sastava. U širem području Osijeka to su kopneni i kopneno-močvarni prapori koji se nastavljaju od Erdutskoga ravnjaka i u širokom pojasu uzvodno slijede asimetričnu dravsku terasu. U južnim predjelima pojavljuju se i močvarne gline, a u Baranji prevladavaju pijesci, prašinski pijesci i prah.

Na južnoj granici vodnog tijela koja obuhvaća sjeverne obronke Papuka građa je puno složenija.



Slika 4.31. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

U vodonosnom smislu je to područje također zanimljivo jer se u njemu pojavljuje nekoliko poznatijih izvora, redovito vezanih za karbonatne naslage trijasko i miocenske starosti. U njima postoje uvjeti za koncentrirane tokove, no relativno je ograničeno protezanje ovih gorskih i prigrorskih vodonosnika pa izdašnost izvora u sušnom razdoblju redovito opada na ispod desetak l/s.

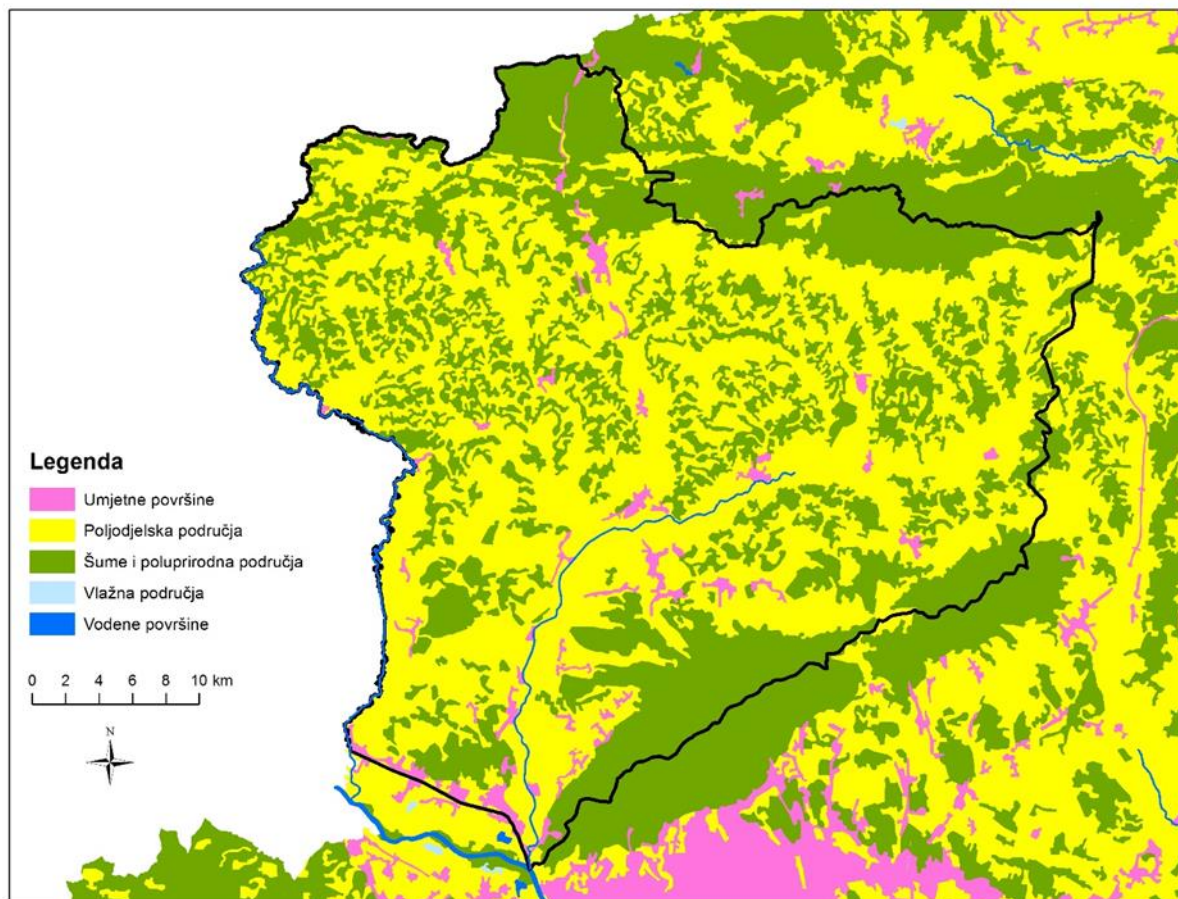
## 4.7. Sliv Sutle i Krapine

### 4.7.1. Geografske značajke

Grupirano vodno tijelo Sliv Sutle i Krapine je sa sjeverne strane zatvoreno zagorskim gorama: Ivanšćicom, Strahinjčicom i Maceljskom gorom, na jugoistoku je Medvednica, na jugu dolina Save odnosno vodno tijelo Zagreb, a na zapadu državna granica sa Slovenijom. Obuhvaća područje od 1.405,99 km<sup>2</sup>. Prosječna godišnja količina oborina u razdoblju 2008. do 2014. godine je iznosila 931 mm.

#### 4.7.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

Način korištenja zemljišta na području sliva Sutle i Krapine prema bazi podataka CORINE Land Cover 2012. godine (AZO, 2013) prikazan je na Slici 4.32, a postotak odgovarajuće površine u odnosu na ukupnu površinu sliva u Tablici 4.13.



Slika 4.32. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Sliv Sutle i Krapine (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.13. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Sliv Sutle i Krapine

Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	2,6
Poljodjelska područja	58,2
Šume i poluprirodna područja	39,2

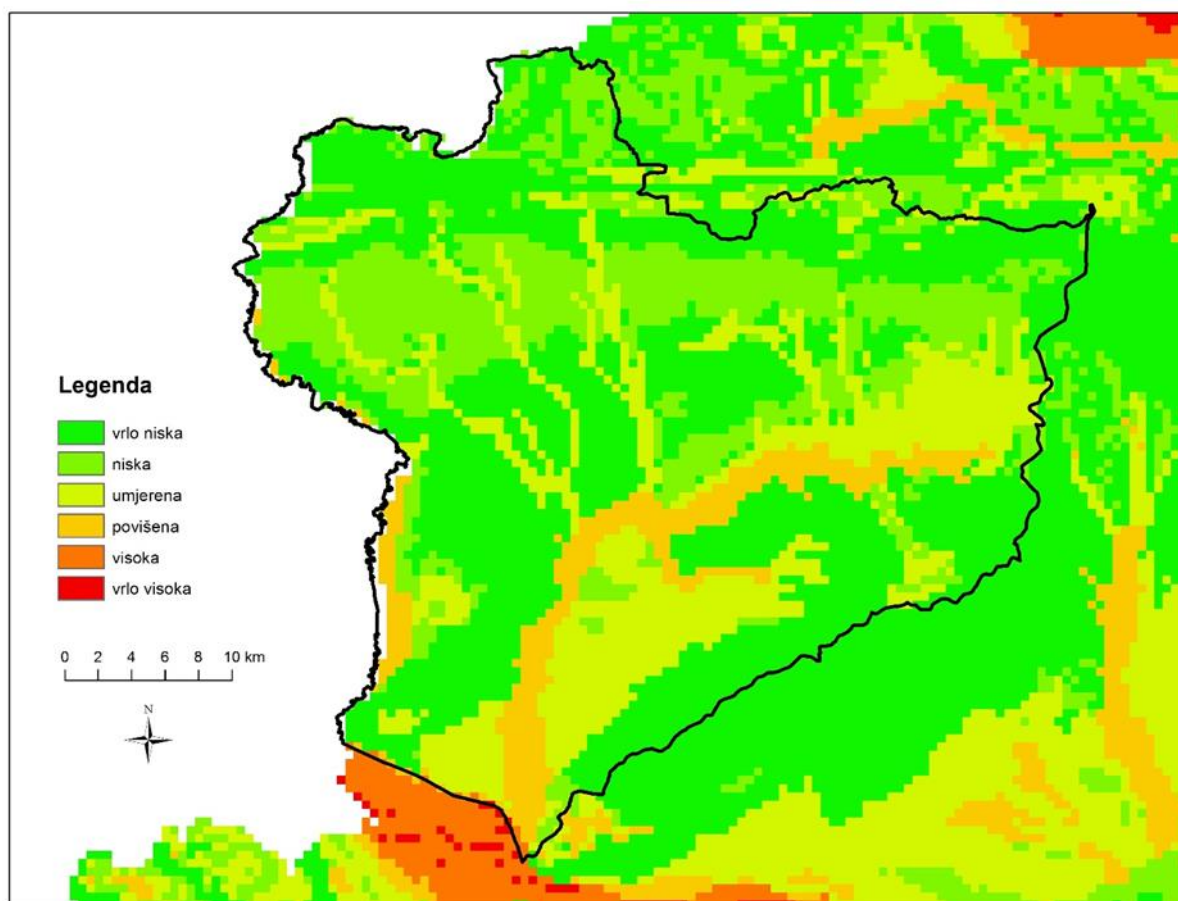
Poljodjelstvo predstavlja najveći pritisak na podzemne vode s obzirom da poljodjelska područja zauzimaju preko 58% ukupne površine vodnog tijela.

### 4.7.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost vodonosnika procijenjena je parametarskom metodom SINTACS (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009). Kreće se od visoke na krajnjem jugu, u aluvijalnoj dolini rijeke Krapine do vrlo niske (Tablica 4.14, Slika 4.33).

Tablica 4.14. Udio prirodne ranjivosti u grupiranom vodnom tijelu Sliv Sutle i Krapine

Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	45,8
Niska	24,7
Umjerena	21,8
Povišena	7,6
Visoka	0,1
Vrlo visoka	-

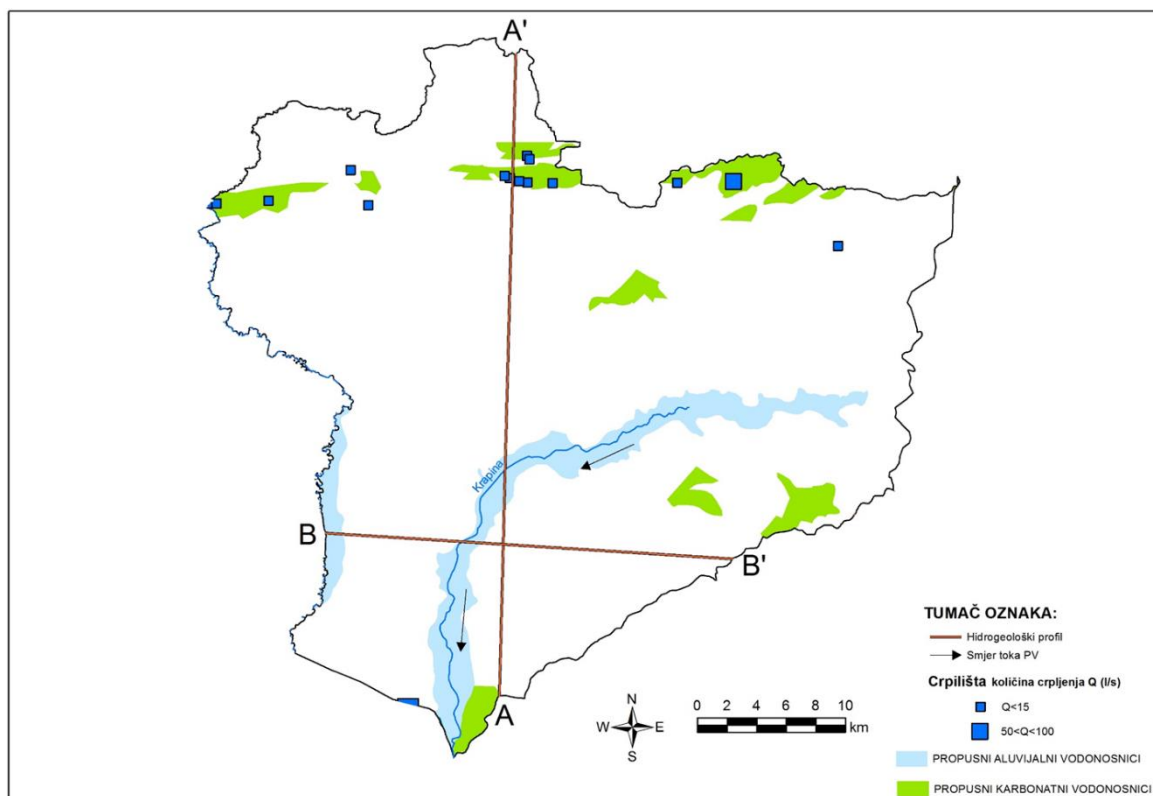


Slika 4.33. Prostorna raspodjela prirodne ranjivosti u grupiranom vodnom tijelu Sliv Sutle i Krapine (modificirano prema Brkić et al., 2009)

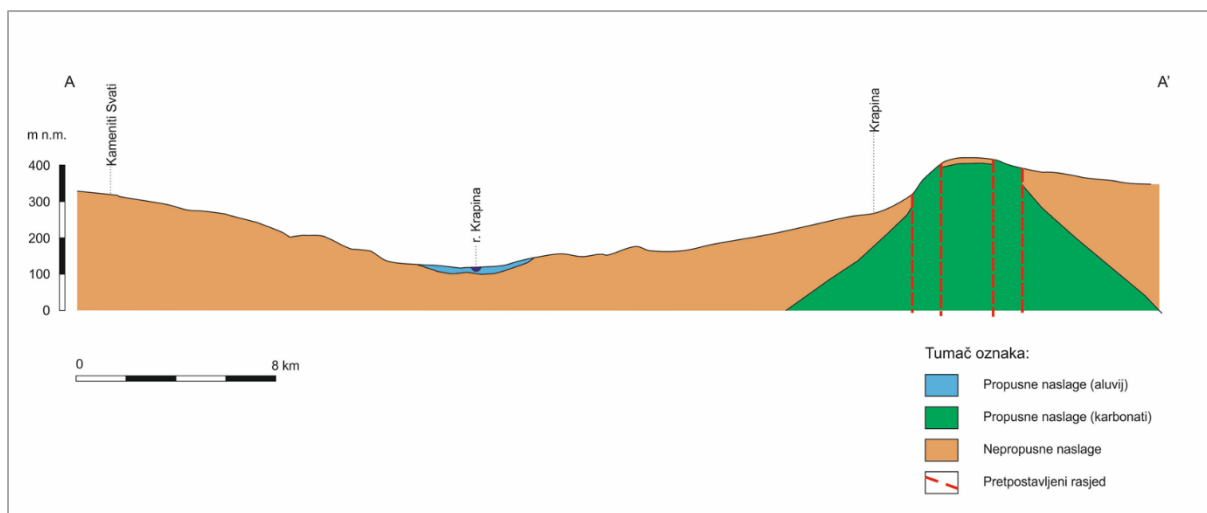


#### 4.7.4. Geološke i hidrogeološke značajke

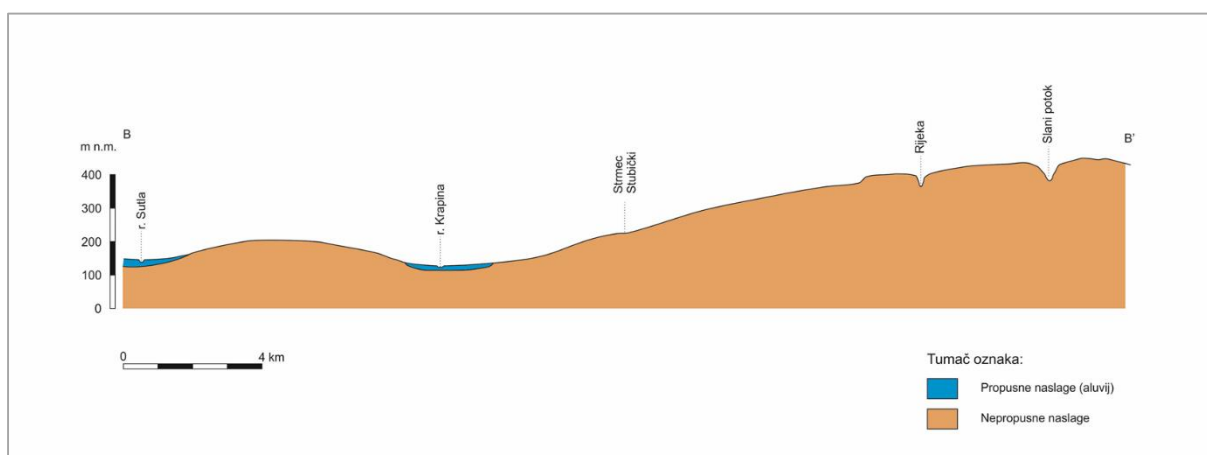
Sliv Sutle i Krapine izgrađuju eruptivne, sedimentne i metamorfne stijene, stratigrafske pripadnosti od starijeg paleozoika do kvartara. Na vodnom tijelu prevladavaju slabopropusne i nepropusne taložine, što uz morfološke karakteristike terena ima za posljedicu površinsko otjecanje i slabu infiltraciju oborinskih voda. Formiraju se brojni vodotoci pretežito bujičnog karaktera. Najznačajniju vodonosnu sredinu čine tektonski poremećeni i raspucali vapnenci i dolomiti srednjeg i gornjeg trijasa, kao i trošni i tektonski poremećeni litotamnijski vapnenci badenske starosti. Izdašnosti izvora, koji su vezani za ove vodonosnike kreću se u širokom rasponu od 1,0 l/s do oko 70,0 l/s. Najviše ih se nalazi na obroncima Ivanščice. Ostale taložine su od manjeg značaja i općenito nemaju izvore izdašnosti veće od 0,5 l/s. Bušenim zdencima u trijaskim karbonatima postignute su izdašnosti od nekoliko desetaka l/s. Kvarterne šljunkovito - pjeskovite taložine nalaze se u dolini Sutle i Krapine, ali nisu značajnog prostiranja niti debljine. Bušenim zdencima u ovim naslagama izdašnosti su manje od 5 l/s. Osnovne hidrogeološke značajke shematski su prikazane na Slikama 4.34. do 4.36.



Slika 4.34. Shematska hidrogeološka karta grupiranog vodnog tijela Sliv Sutle i Krapine



Slika 4.35. Uzdužni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Sliv Sutle i Krapine



Slika 4.36. Poprečni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Sliv Sutle i Krapine

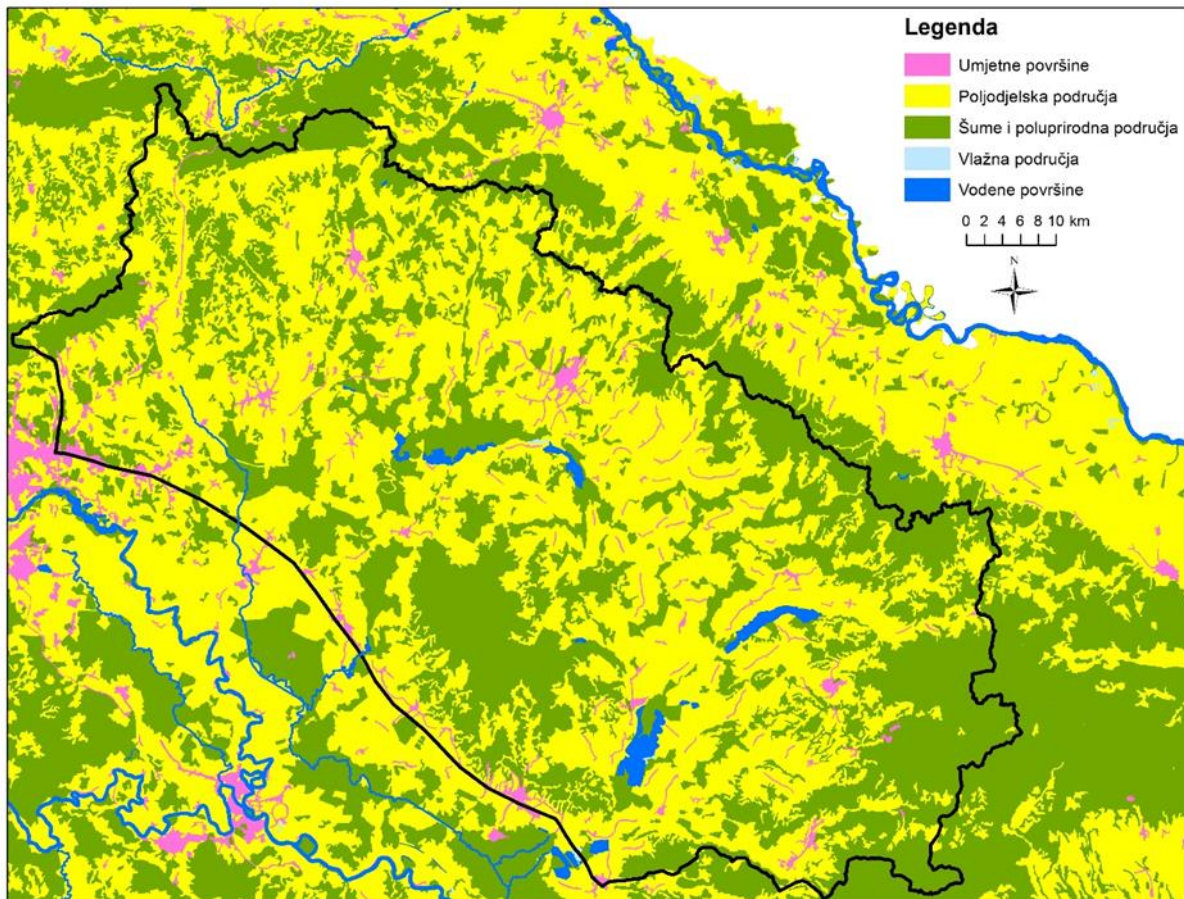
## 4.8. Sliv Lonja – Ilova – Pakra

### 4.8.1. Geografske značajke

Grupirano vodno tijelo Sliv Lonje – Ilove – Pakre prostire se na površini od 5.188,11 km<sup>2</sup>. Sjeverni dio vodnog tijela obuhvaća jugoistočne obronke Ivanšćice, južne obronke Kalnika, južne obronke Bilogore i jugozapadne dijelove Papuka. Na zapadu se prostire do istočnih dijelova Hrvatskog zagorja i istočnih dijelova Medvednice, a na istoku do sjeverozapadnih obronaka Psunja. Na jugu graniči s dolinom Save, odnosno vodnim tijelom Lekenik – Lužani. Prosječna godišnja količina oborina za razdoblje od 2009. do 2014. godine iznosi 892 mm.

#### 4.8.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

Način korištenja zemljišta na području vodnog tijela Lonja - Ilova - Pakra prema bazi podataka CORINE Land Cover 2012. godine (AZO, 2013) prikazan je na Slici 4.37, a postotak odgovarajuće površine u odnosu na ukupnu površinu sliva u Tablici 4.15.



Slika 4.37. Način korištenja zemljišta na vodnom tijelu Lonja – Ilova -Pakra (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.15. Udio pokrova zemljišta u vodnom tijelu Lonja – Ilova – Pakra

Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	2,5
Poljodjelska područja	55,2
Šume i poluprirodna područja	41,2
Vodene površine	1,1

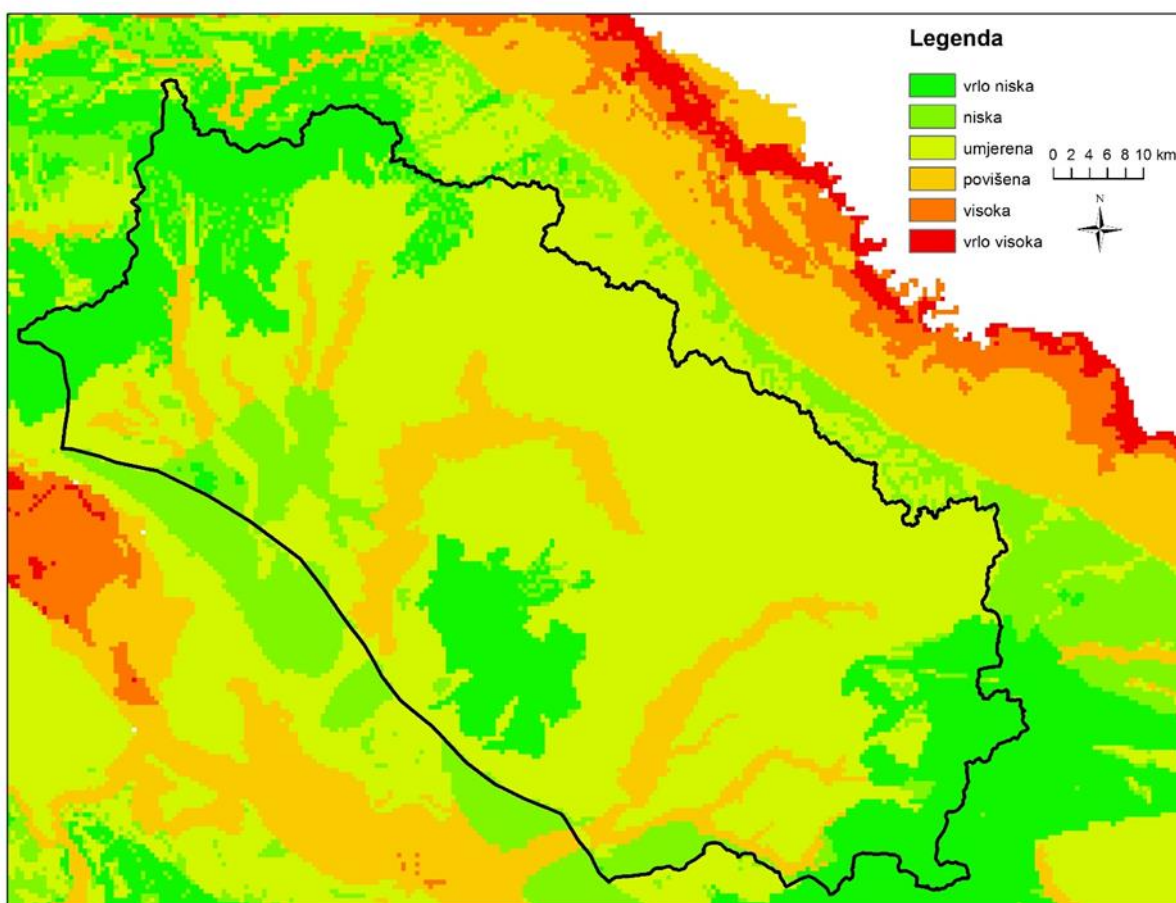
Poljodjelstvo predstavlja najveći pritisak na podzemne vode s obzirom da poljodjelska područja zauzimaju preko 55% ukupne površine vodnog tijela.

### 4.8.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost vodonosnika procijenjena je parametarskom metodom SINTACS (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009). Kreće se od povišene u aluvijalnim dolinama vodotoka do vrlo niske (Tablica 4.16, Slika 4.38).

Tablica 4.16. Udio prirodne ranjivosti u vodnom tijelu Lonja – Ilova – Pakra

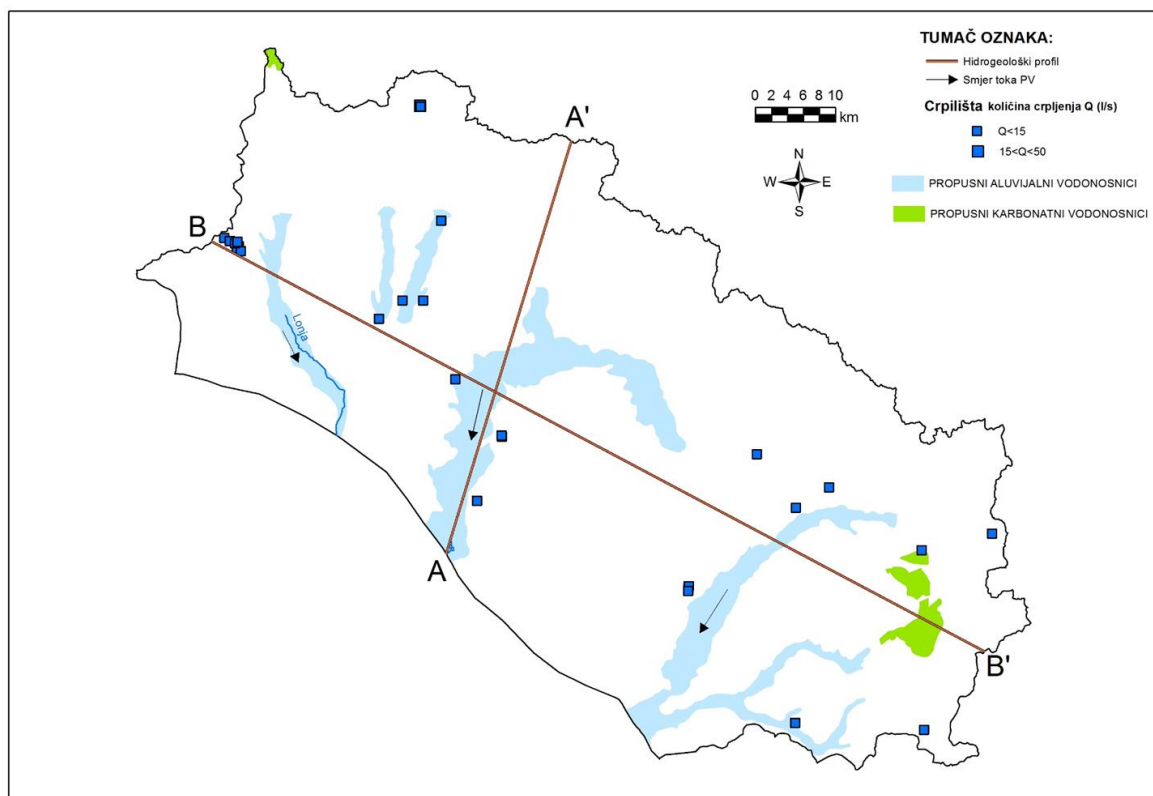
Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	20,7
Niska	6,7
Umjerena	62,0
Povišena	10,6
Visoka	-
Vrlo visoka	-



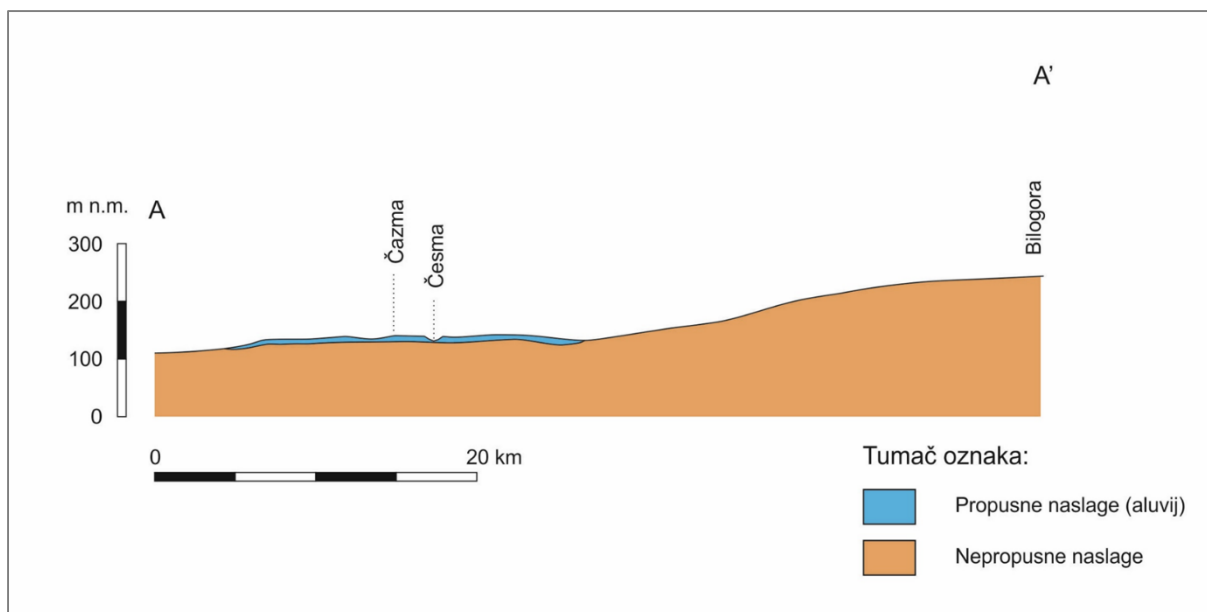
Slika 4.38. Prostorna raspodjela prirodne ranjivosti u grupiranom vodnom tijelu Sliv Lonja - Ilova – Pakra (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.8.4. Geološke i hidrogeološke značajke

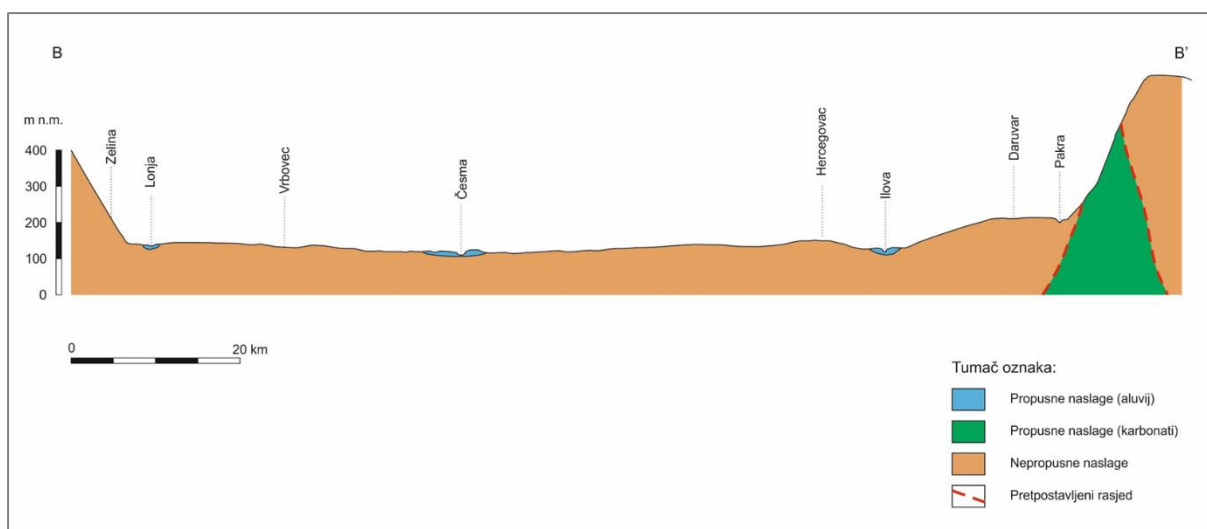
Grupirano vodno tijelo Sliv Lonja - Ilova - Pakra se odlikuje izrazito složenom strukturno-tektonskom građom. Područje izgrađuju magmatske, metamorfne i sedimentne stijene starosti od prekambrija do holocena. U hidrogeološkom smislu važni su karbonati srednjeg i gornjeg trijasa, helvetske naslage molasnog tipa (brečokonglomerati, konglomerati, šljunci i pijesci), te badenski konglomerati, breče, pjeskoviti vapnenci i litotamnijski vapnenci. Za ove vodonosnike vezane su pojave izvora čiji kapaciteti se najčešće kreću do 10 l/s. U aluvijalne vodonosnike mogu se ubrojiti gornjopontski nevezani i slabovezani pijesci, te naslage gornjeg pliocena i kvartara (šljunci, kvarcni pijesci, siltni pijesci s proslojcima slabo vezanih konglomerata). Ovi vodonosnici nemaju kontinuirano prostiranje u prostoru i relativno su malih debljina. Vrijednosti hidrauličke vodljivosti se kreću prosječno u rasponu od 0,5 do najviše 20 m/dan, a transmisivnosti 4 do 100 m<sup>2</sup>/dan. Izdašnosti zdenaca su uglavnom ispod 5 l/s, a samo iznimno veće. Hidrogeološke značajke grupiranog vodnog tijela Sliv Lonja - Ilova - Pakra shematski su prikazane na Slikama 4.39 do 4.41.



Slika 4.39. Shematska hidrogeološka karta grupiranog vodnog tijela Sliv Lonja – Ilova –Pakra



Slika 4.40. Uzdužni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Sliv Lonja – Ilova –Pakra



Slika 4.41. Poprečni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Sliv Lonja – Ilova -Pakra

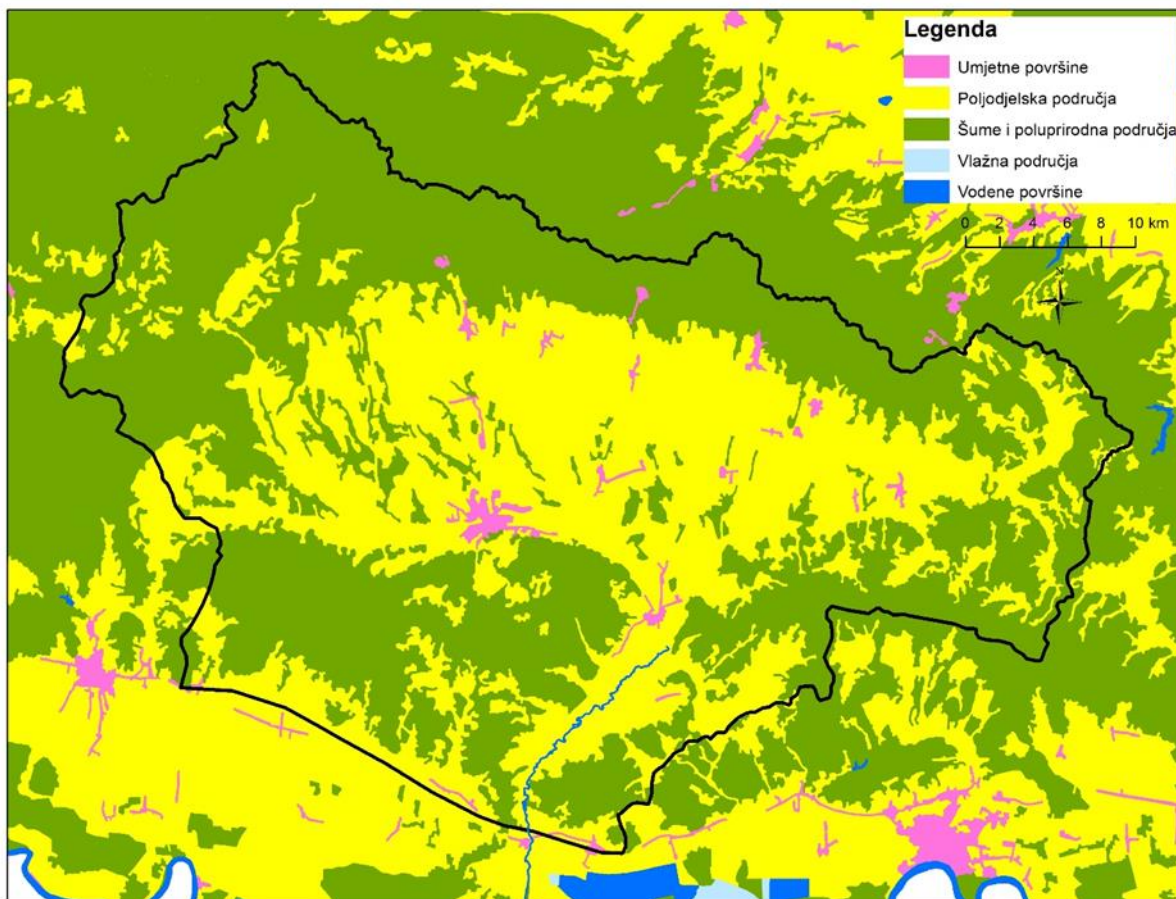
## 4.9. Sliv Orljave

### 4.9.1. Geografske značajke

Grupirano vodno tijelo Sliv Orljave obuhvaća južne padine Papuka i Krndije, zapadne obronke Psunja, sjeverne i istočne padine Požeške gore te sjeverne i zapadne padine Dilja. Granica sliva se podudara s morfološkom razvodnicom. Površina sliva iznosi 1.575,64 km<sup>2</sup>. Prosječna godišnja količina oborina za razdoblje od 2008. do 2014. godine iznosi 763 mm.

#### 4.9.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

Način korištenja zemljišta na području sliva Orljave prema bazi podataka CORINE Land Cover 2012. godine (AZO, 2013) prikazan je na Slici 4.42, a postotak odgovarajuće površine korištenja u odnosu na ukupnu površinu sliva u Tablici 4.17.



Slika 4.42. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Sliv Orljave (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.17. Udio pokrova zemljišta u slivu Orljave

Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	1,3
Poljodjelska područja	44,4
Šume i poluprirodna područja	54,3

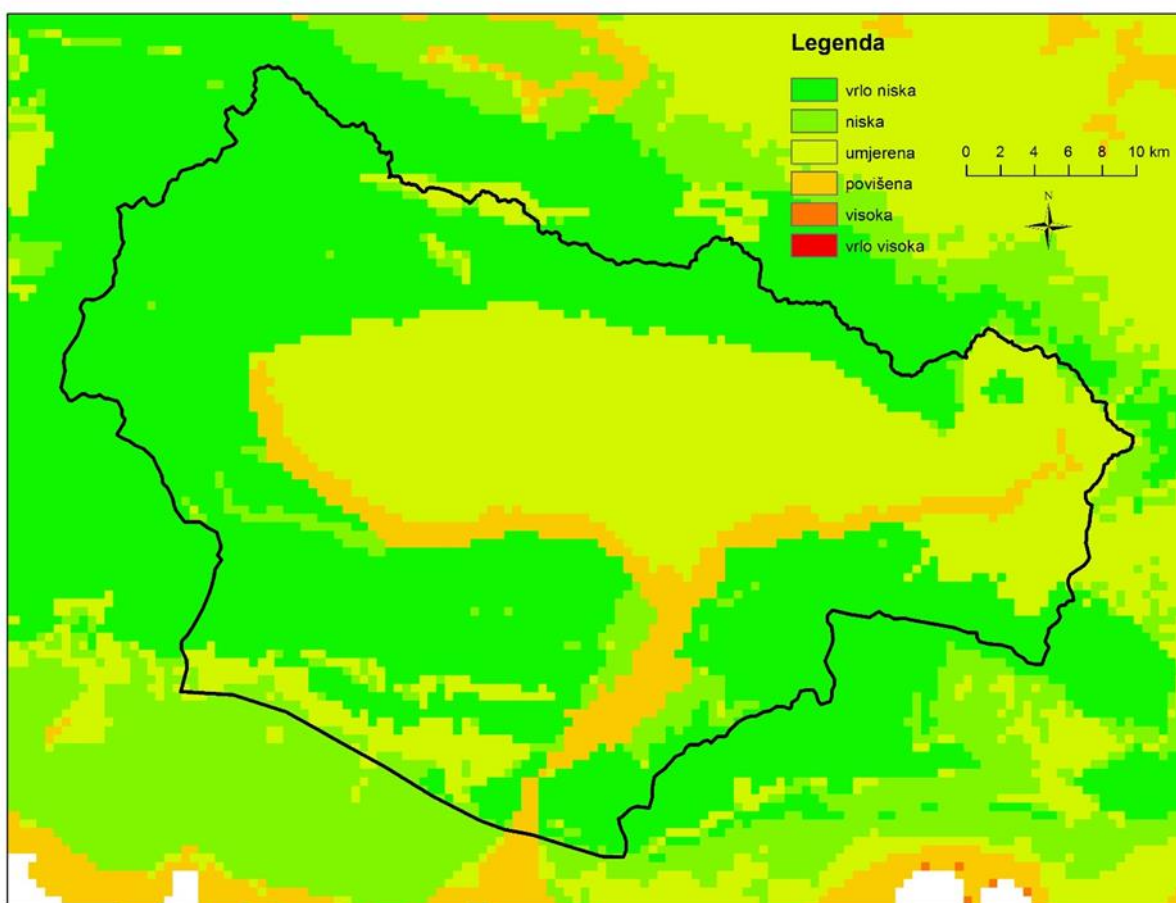
Poljodjelstvo predstavlja najveći pritisak na podzemne vode s obzirom da poljodjelske površine zauzimaju preko 44% ukupne površine vodnog tijela.

### 4.9.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost vodonosnika procijenjena je parametarskom metodom SINTACS (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009). Kreće se od povišene u aluvijalnim dolinama Orljave i Londže do vrlo niske na najvećem dijelu područja (Tablica 4.18, Slika 4.43).

Tablica 4.18. Udio prirodne ranjivosti sliva Orljave

Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	52,2
Niska	4,4
Umjerena	36,2
Povišena	7,3
Visoka	-
Vrlo visoka	-



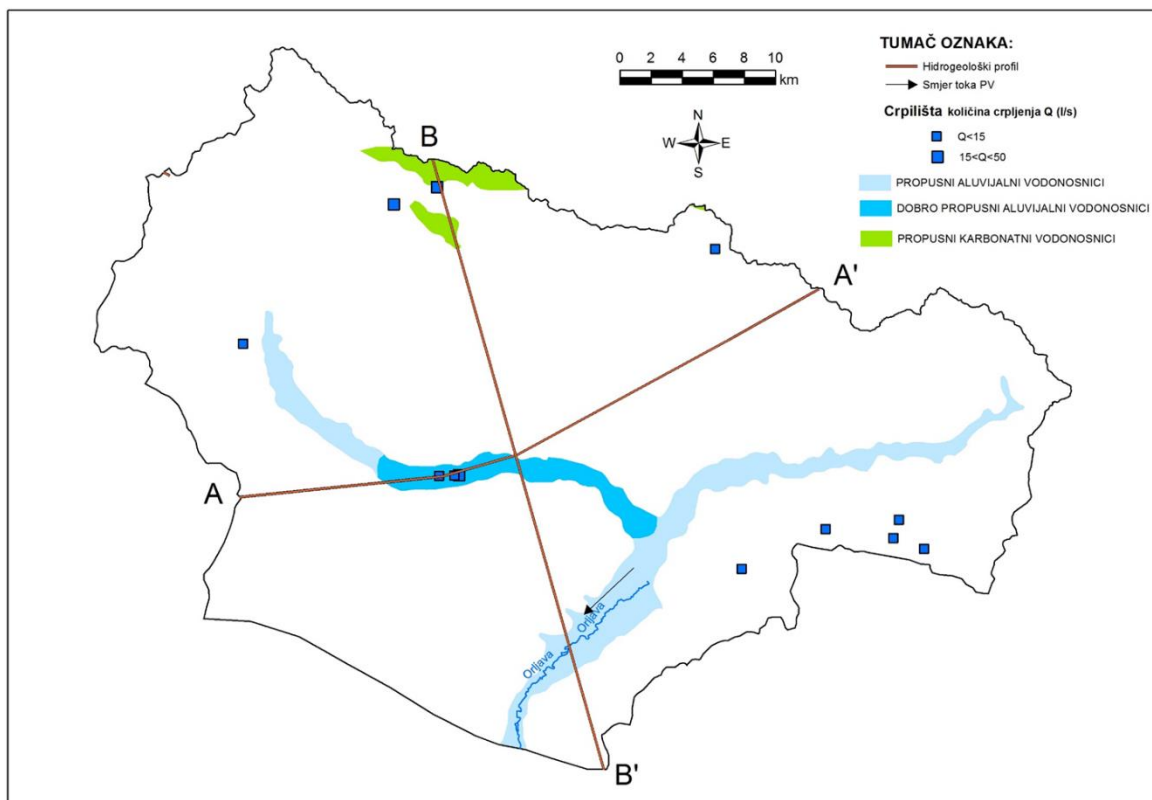
Slika 4.43. Prostorna raspodjela prirodne ranjivosti u grupiranom vodnom tijelu Sliv Orljave (modificirano prema Brkić et al., 2009)



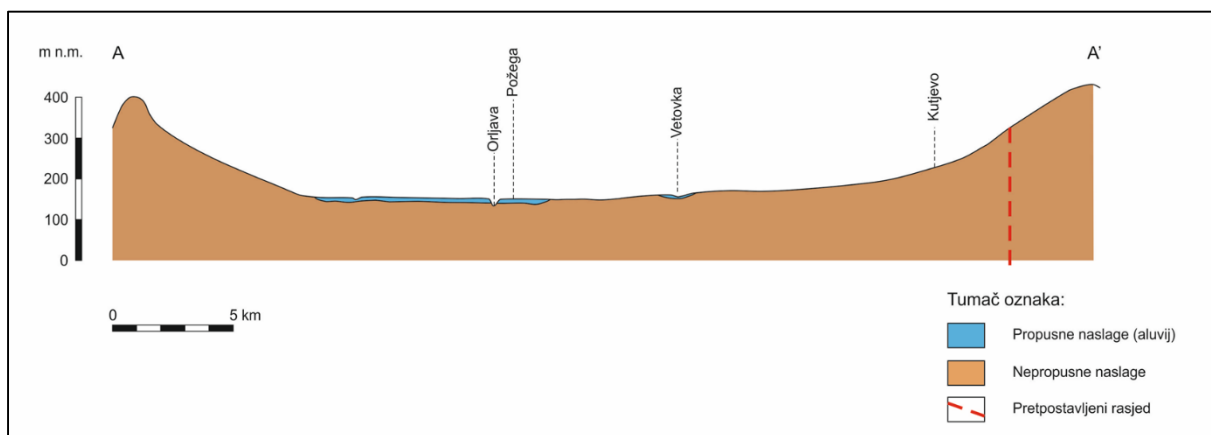
#### 4.9.4. Geološke i hidrogeološke značajke

Sliv Orljave se odlikuje izrazito složenom strukturno-tektonskom građom koja je stvarana tijekom dugog geološkog razdoblja. Područje izgrađuju magmatske, metamorfne i sedimentne stijene starosti od prekambrija do holocena. U hidrogeološkom smislu važni su karbonati srednjeg trijasa za koje su vezani svi značajniji izvori u slivu. Najveći su Veličanka ( $Q=20-110$  l/s), Stražemanka ( $Q=25-40$  l/s), Dubočanka ( $Q=10-15$  l/s) i Tisovac ( $Q=20-30$  l/s). Miocenski vodonosnik (brečokonglomerati i pijesci) utvrđen je bušenjem u Velikoj i kaptiran zdencem kapaciteta  $Q=5$  l/s. Pliokvartarne prigrorsko-aluvijalne lepeze istraživane su na području južno od Velike. Sastoje se od vertikalne i bočne izmjene gline, praha, pijeska i šljunka. Utvrđene debljine leća šljunka su do 6 m.

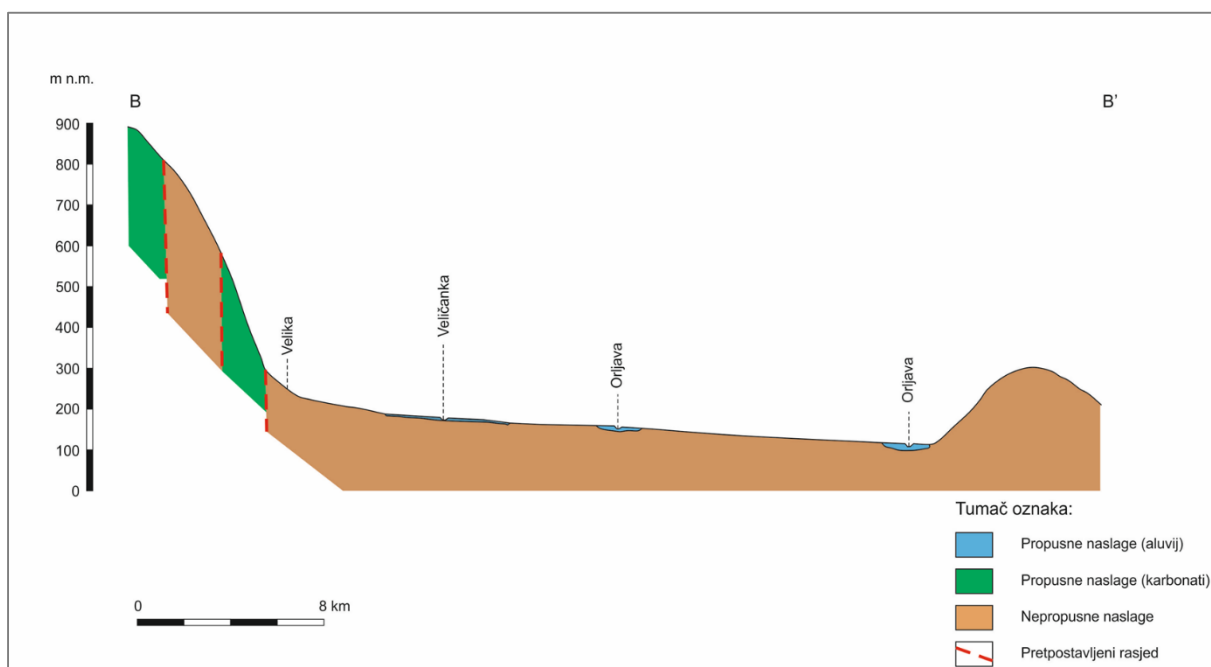
Aluvijalni vodonosnik rijeke Orljave čini temelj vodoopskrbe ovog kraja. Sastoji se od šljunka ili pjeskovitog šljunka, debljine ispod 10 m (prosječno 4-6 m), međutim u direktnoj hidrauličkoj vezi s Orljavom što omogućava inducirano napajanje. Hidraulička vodljivost mu se kreće od 150 do 300 m/dan (lokalno i više). U krovini mu se nalaze glinovito-prašinaste naslage debljine 2-7 m, a u podini lapori i laporovite gline. Hidrogeološke značajke sliva Orljave shematski su prikazane na Slikama 4.44. do 4.46.



Slika 4.44. Shematska hidrogeološka karta grupiranog vodnog tijela Sliv Orljave



Slika 4.45. Uzdužni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Sliv Orljave



Slika 4.46. Poprečni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Sliv Orljave

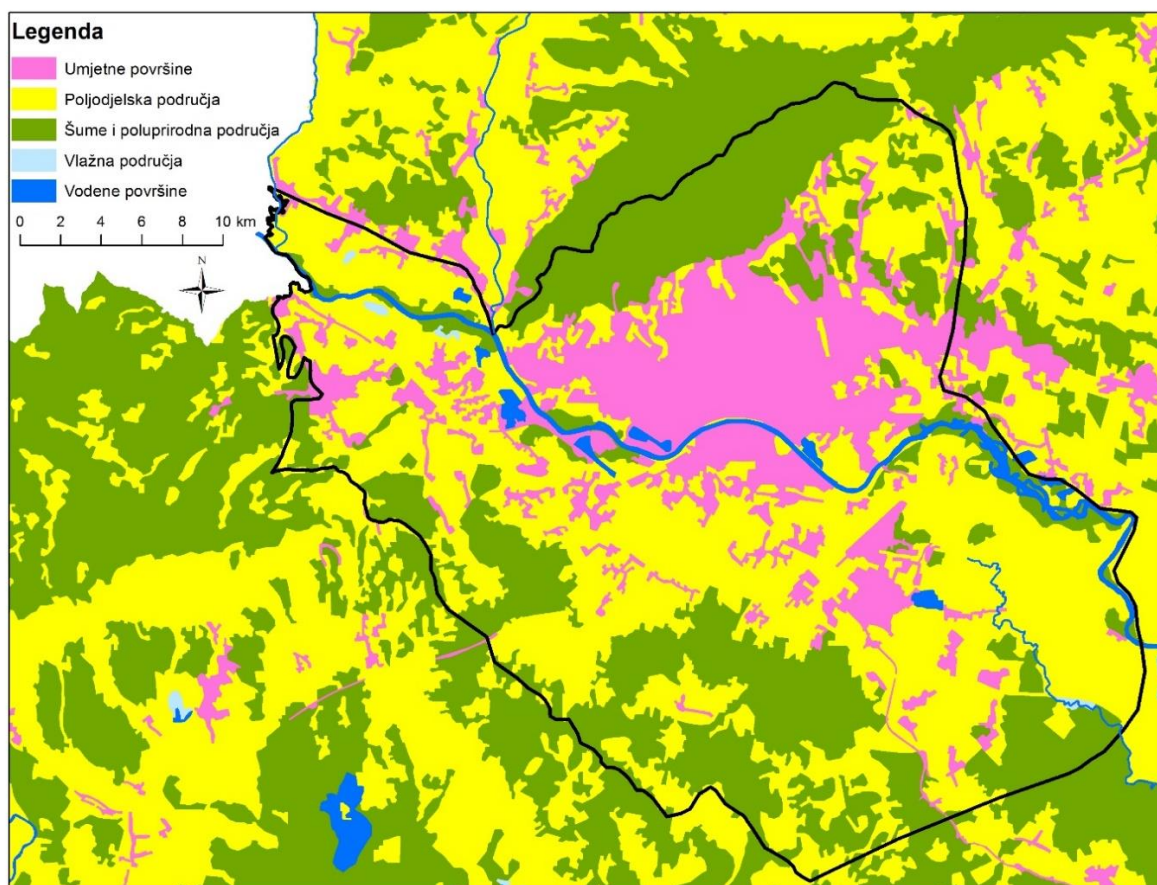
## 4.10. Zagreb

### 4.10.1. Geografske značajke

Grupirano vodno tijelo Zagreb prostire se na 987,91 km<sup>2</sup> i nalazi se u sjeverozapadnom dijelu Republike Hrvatske. Najvažnije osnovne vodonosnike na ovom području čine aluvijalni zagrebački i samoborsko-zaprešićki vodonosnik. Iz njih se zahvaća podzemna voda za potrebe vodoopskrbe grada Zagreba i Zagrebačke županije. Navedeni vodonosnici predstavljaju strateške zalihe Republike Hrvatske.

#### 4.10.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.47 prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Zagreb, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.19.



Slika 4.47. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Zagreb (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.19. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Zagreb

Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	22,0
Poljodjelska područja	46,5
Šume i poluprirodna područja	29,7
Vlažna područja	0,2
Vodne površine	1,6

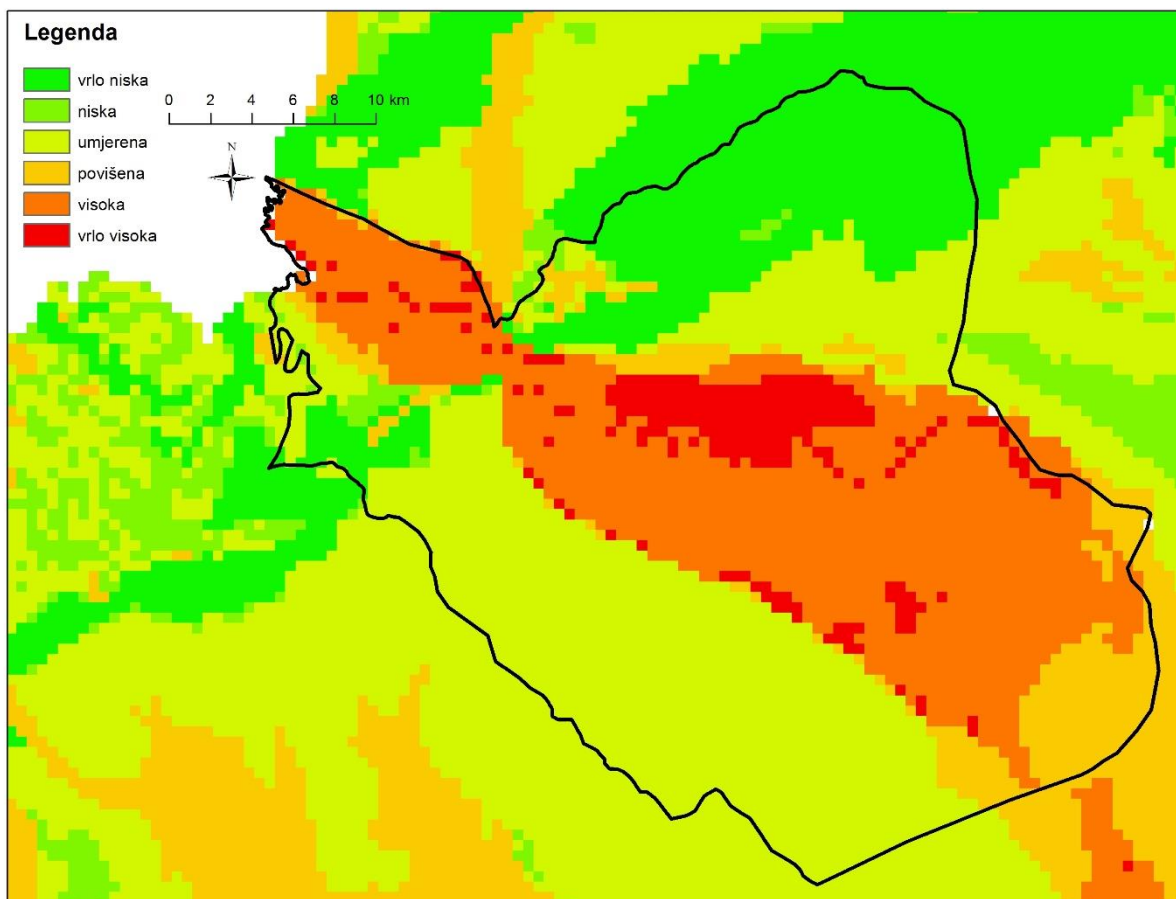
Vidljivo je kako je većina površine predstavljena poljodjelskim i šumskim područjima. Međutim, veliki dio površine zauzimaju i umjetna odnosno urbana područja. Urbani i poljoprivredni dio vodnog tijela opterećen je različitim vrstama onečišćivala. Primjerice, na priljevnom području zagrebačkih vodocrpilišta zabilježena su 324 divlja odlagališta otpada, 91 šljunčara i 2365 potencijalnih onečišćivača (Bačani et al., 2010). Također, Nakić et al. (2013) izdvajaju 5 glavnih skupina onečišćivala na području zagrebačkoga vodonosnika: pesticide, nitrate, potencijalno toksične metale, farmaceutske spojeve i klorirane alifatske ugljikovodike.

#### 4.10.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.20 i na Slici 4.48 prikazana je prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Zagreb. Vidljivo je da najveći dio vodnog tijela spada u umjerenu do visoku prirodnu ranjivost.

Tablica 4.20. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Zagreb

Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	15,5
Niska	1,1
Umjerena	35,3
Povišena	8,3
Visoka	33,3
Vrlo visoka	6,5



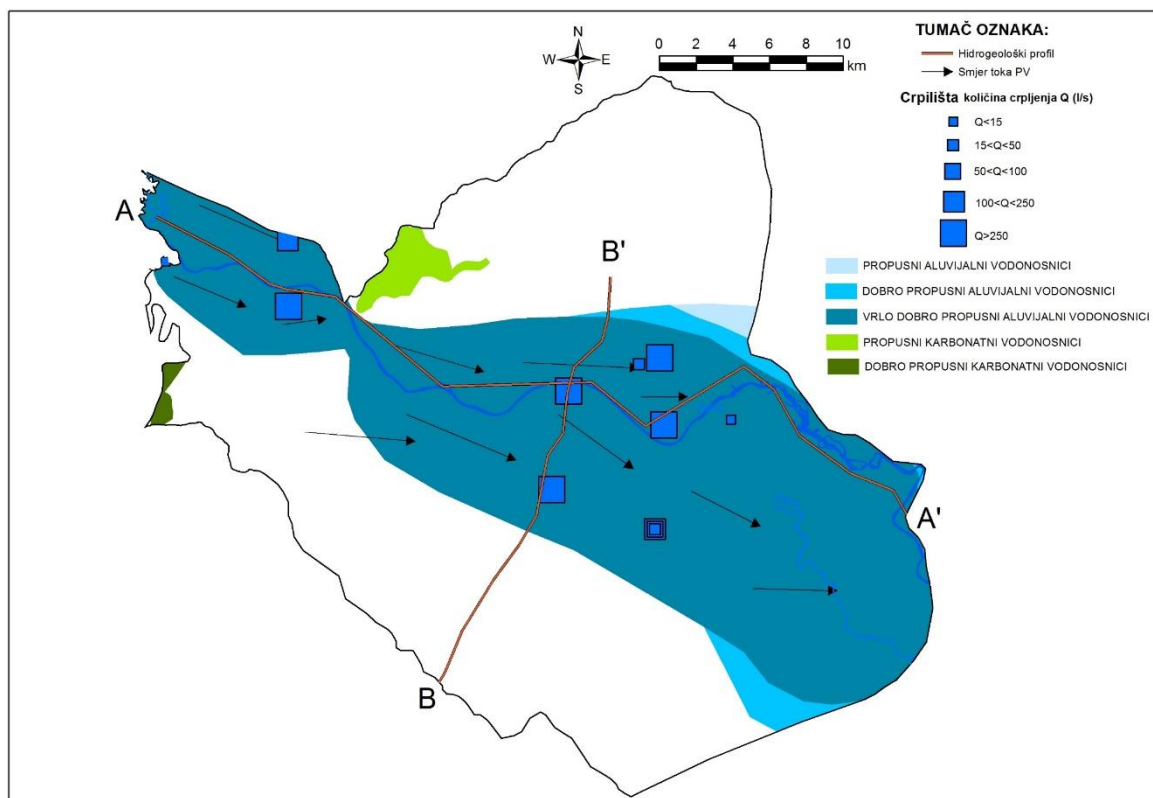
Slika 4.48. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Zagreb na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.10.4. Geološke i hidrogeološke značajke

Zagrebački i samoborsko-zaprešićki vodonosnik sastoje se od dva vodonosna sloja povezana u jednu hidrauličku cjelinu. Oba vodonosnika predstavljaju vrlo dobro propusne otvorene vodonosnike (Slika 4.49). Iako su vodonosni slojevi povezani u jednu zajedničku hidrauličku cjelinu, oni su hidrogeokemijski različiti. Podzemna voda iz dubljeg sloja uglavnom pripada CaMgNa-HCO<sub>3</sub>, a voda iz plićeg CaMg-HCO<sub>3</sub> hidrogeokemijskom facijesu (Vlahović et al., 2009; Marković et al., 2013). Dublji vodonosni slojevi taloženi su u srednjem i gornjem pleistocenu. Tijekom pleistocena okolno gorje, odnosno Medvednica, Marijagorička brda i Žumberačko gorje, bilo je podložno intenzivnoj eroziji i denudaciji. Uslijed tih procesa trošeni materijal nošen je potocima i taložen u jezerima i močvarama (Velić & Saftić, 1991). Shodno tome, pleistocenske naslage po sastavu odgovaraju jezersko-barskim naslagama, s raznim udjelima šljunka, pijeska, praha i gline.

Plići vodonosni slojevi taloženi su tijekom holocena. Tada su tektonski i klimatski procesi omogućili prodor rijeke Save čime je započeo transport i donos materijala s područja Alpa (Velić & Durn, 1993). Vodonosni slojevi su izgrađeni od aluvijalnih naslaga, uglavnom šljunaka i pijesaka. Zbog čestih klimatskih promjena transport materijala bio je promjenljivog intenziteta. Za vrijeme toplih i vlažnih razdoblja transport materijala je bio puno intenzivniji nego za vrijeme suhih i hladnih razdoblja. Na procese i uvjete taloženja utjecala je i tektonika (Velić et al., 1999). Sve to je uvjetovalo izrazitu heterogenost i anizotropiju vodonosnika.

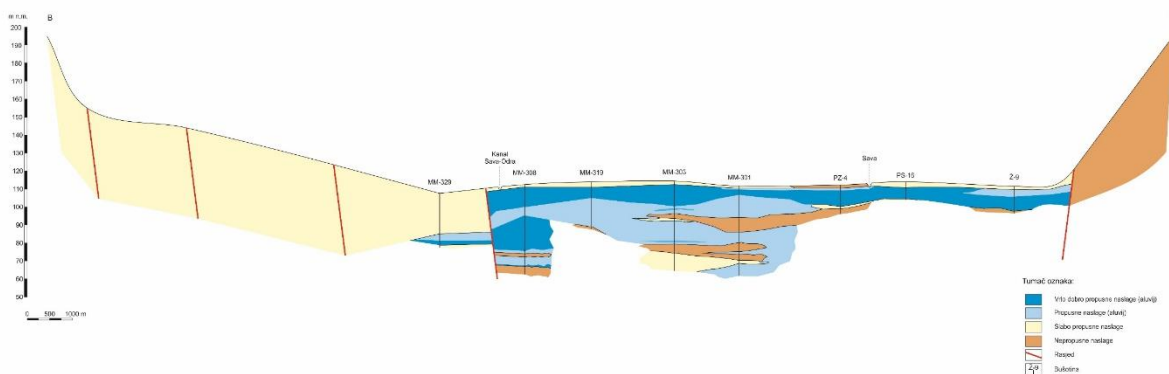
Na Slici 4.49 prikazani su glavni smjerovi toka podzemne vode, pozicije karakterističnog poprečnog (Slika 4.50) i uzdužnog (4.51) shematskog hidrogeološkog profila te lokacije i okvirne kategorije crpnih količina glavnih vodocrpilišta koja crpe podzemnu vodu za potrebe vodoopskrbe.



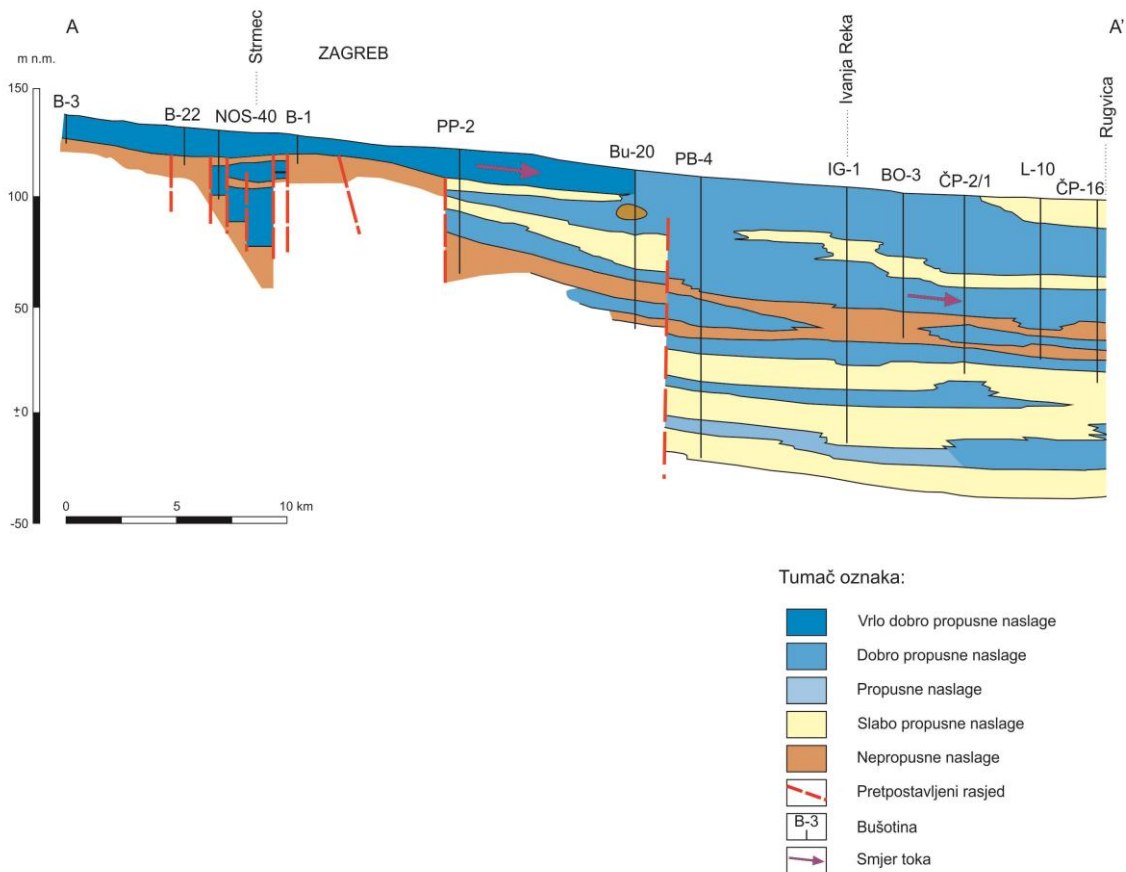
Slika 4.49. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika u grupiranom vodnom tijelu Zagreb

Vidljivo je da je generalni smjer toka podzemne vode od sjeverozapada prema istoku-jugoistoku. Za potrebe vodoopskrbe uglavnom se koristi plići aluvijalni dio vodonosnika koji je u izravnoj vezi sa rijekom Savom. Iako se napajanje dodatno ostvaruje infiltracijom oborina,

dotjecanjem po određenim granicama te infiltracijom iz propusne vodoopskrbne i kanalizacijske mreže, rijeka Sava predstavlja dominantni granični uvjet. Za vrijeme visokih voda rijeka Sava uglavnom napaja vodonosnik, dok za vrijeme niskih i srednjih voda na pojedinim dijelovima dolazi i do dreniranja vodonosnika (Posavec, 2006). Temeljem vodne bilance za 1998. godinu Miletić & Bačani (1999) su zaključili kako doprinos Save u obnavljanju količina podzemne vode iznosi oko 73%. Bačani & Posavec (2009) navode da su od 1950. do sredine 1993. godine razine podzemne vode (RPV) u prosjeku opadale 1-2 m svakih 10 godina. Trend je nakratko zaustavljen izgradnjom vodnih stuba na rijeci Savi kod termoelektrane-toplane Zagreb, i to uzvodno od vodnih stuba. Glavni razlozi opadanja RPV su izgradnja nasipa za obranu od poplava (nemogućnost plavljenja zaobalnog područja i potencijalne infiltracije), snižavanje korita rijeke Save (uzrokovano izgradnjom akumulacija uzvodno na rijeci Savi) i eksploatacija podzemne vode za potrebe vodoopskrbe grada Zagreba (veliki broj stanovnika i veliki gubici u vodoopskrbnoj mreži). Prosječna godišnja količina oborina na meteorološkoj postaji Zagreb Grič i Zagreb Maksimir u razdoblju od 2008. do 2014. godine iznosila je 911,2, odnosno 888,8 mm. Također, u istom vremenskom razdoblju na navedenim meteorološkim postajama izmjerena je prosječna godišnja temperatura od 13,2, odnosno 12,2°C. Hidrauličke vodljivosti jako variraju te se uglavnom kreću između 600 i 3000 m/dan (Urumović & Mihelčić, 2000; Bačani & Posavec, 2009). Krovina je dezintegrirana antropogenim utjecajem, dok primjerice debljina nesaturirane zone na području zagrebačkoga vodonosnika varira od 2 do 8 metara (Nakić et al., 2013). Debljine vodonosnika su raznolike, a kreću se od nekoliko metara pa sve do otprilike 100 m (Slika 4.50 i 4.51).



Slika 4.50. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Zagreb



Slika 4.51. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Zagreb (modificirano prema Brkić, 1999)

## 4.11. Lekenik – Lužani

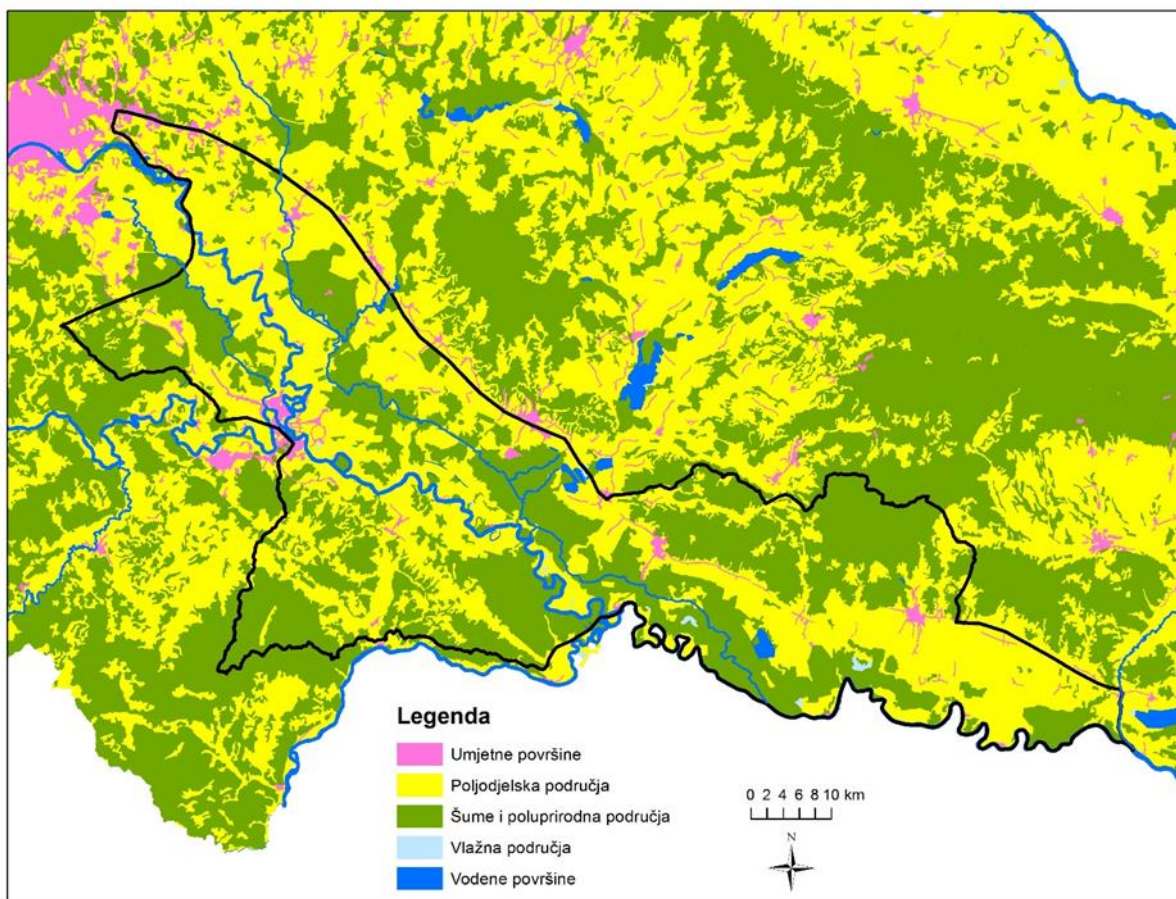
### 4.11.1. Geografske značajke

Grupirano vodno tijelo Lekenik – Lužani prostire se u dolini Save, istočno od Zagreba. Proteže se pravcem istok - zapad u duljini od 136 km. Površina mu iznosi oko 3.445,60 km<sup>2</sup>. Nadmorska visina terena se kreće od 88 do 836 m n. m. Prosječna godišnja količina oborina za razdoblje od 2008. do 2014. godine je 886 mm.

### 4.11.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

Način korištenja zemljišta na području grupiranog vodnog tijela Lekenik – Lužani prema bazi podataka CORINE Land Cover 2012. godine (AZO, 2013) prikazan je na Slici 4.52, a postotak odgovarajuće površine korištenja u odnosu na ukupnu površinu grupiranog vodnog tijela u Tablici 4.21.





Slika 4.52. Način korištenja zemljišta na grupiranom vodnom tijelu Lekenik – Lužani (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.21. Udio pokrova zemljišta na grupiranom vodnom tijelu Lekenik – Lužani

Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	2,6
Poljodjelska područja	48,6
Šume i poluprirodna područja	47,2
Vlažna područja	0,2
Vodene površine	1,4

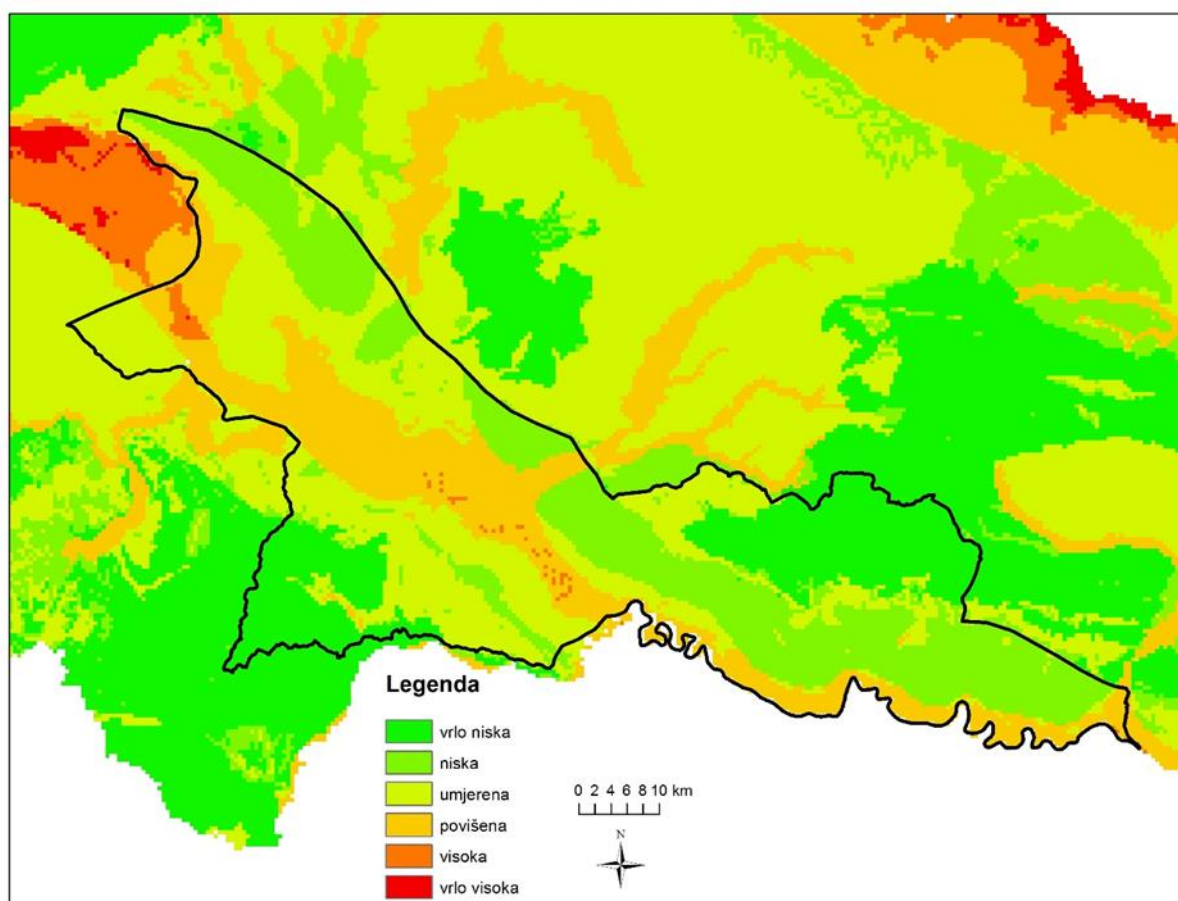
Poljodjelstvo predstavlja najveći pritisak na podzemne vode s obzirom da poljodjelske površine zauzimaju gotovo polovinu ukupne površine vodnog tijela.

### 4.11.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost vodonosnika procijenjena je parametarskom metodom SINTACS (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009). Kreće se od povišene do mjestimično visoke u dolini Save te na području Lekenika do vrlo niske na području Zrinske Gore i Psunja (Tablica 4.22, Slika 4.53).

Tablica 4.22. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Lekenik - Lužani

Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	17,2
Niska	28,9
Umjerena	31,6
Povišena	21,4
Visoka	0,9
Vrlo visoka	-



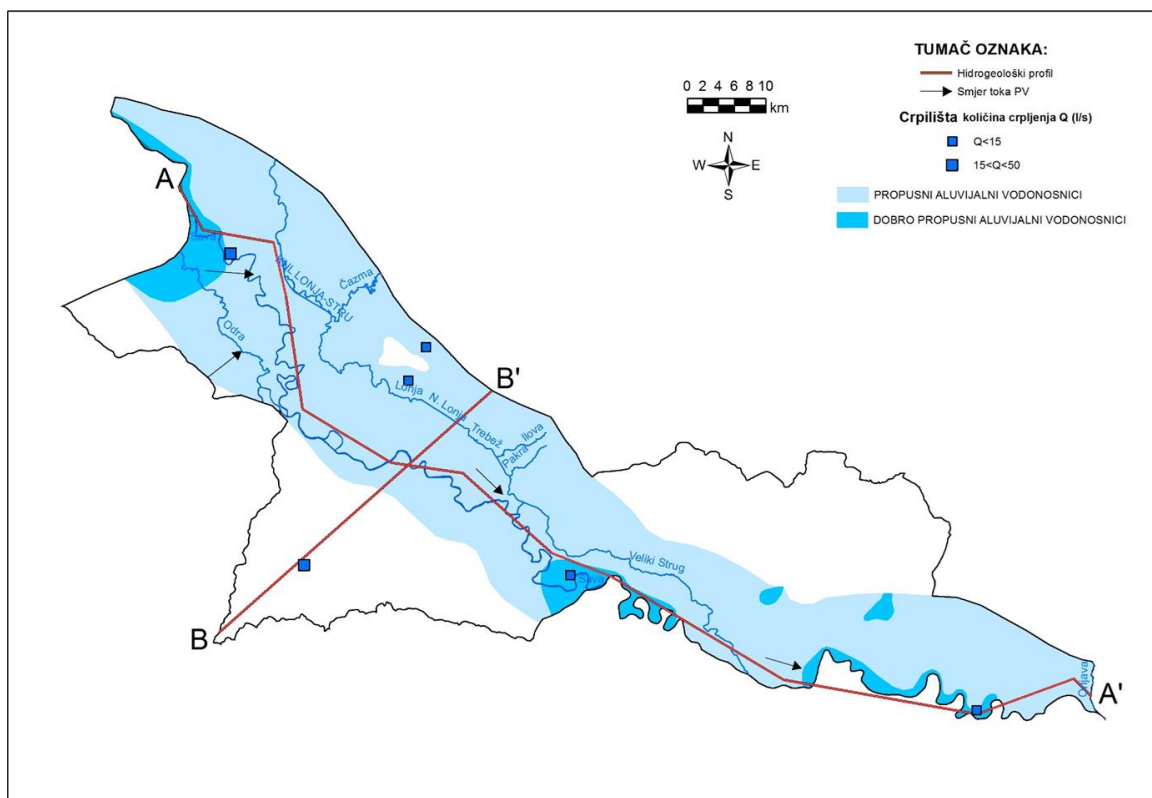
Slika 4.53. Prostorna raspodjela prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Lekenik – Lužani (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.11.4. Geološke i hidrogeološke značajke

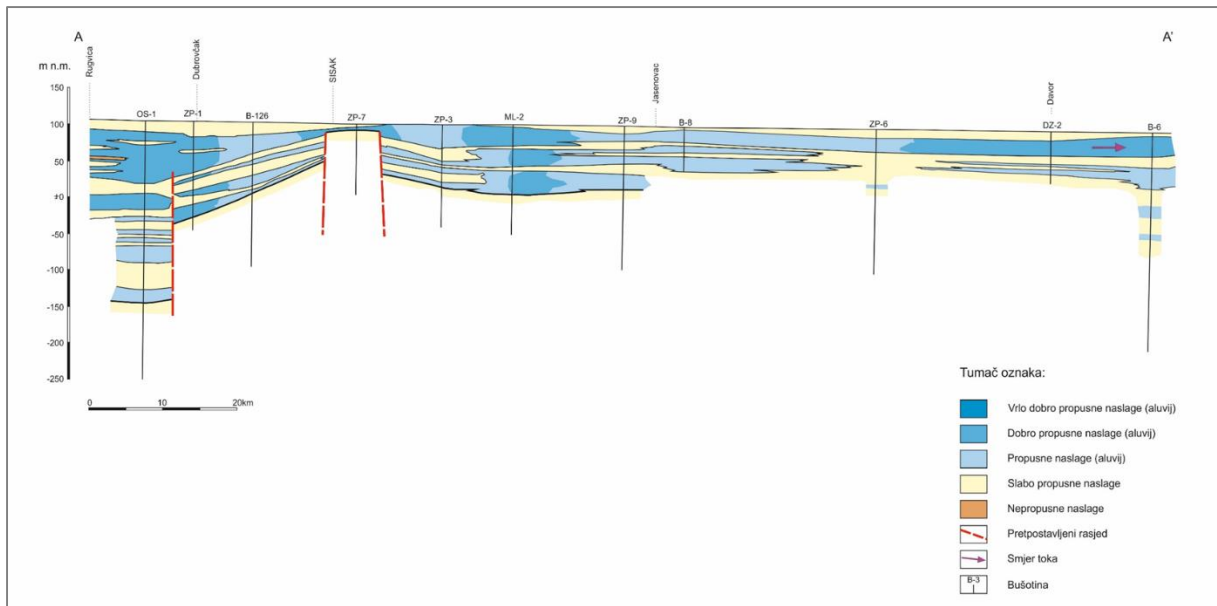
Generalni smjer toka podzemne vode je od zapada prema istoku. Hidraulička vodljivost se kreće od ispod 10 do maksimalno 300 m/dan. Najveće vrijednosti vezane su za konusne nanose desnih pritoka rijeke Save (Slika 4.54). Izdašnost zdenaca jako varira ovisno o lokaciji, dubini i tipu. Kreće se od 1,5 l/s pa do više od 30 l/s (Slika 4.54).

Vodonosni sustav u dolini Save čine klastične naslage plioleistocenske i kvartarne starosti. Karakterizira ih ritmička izmjena propusnih šljunkovito-pjeskovitih, pjeskovito-šljunkovitih i pjeskovitih sedimenata i relativno nepropusnih glinovito-prašinstih naslaga (Slika 4.55 i 4.56). Idući u dubinu raste udio pjeskovite, prašinate pa i glinovite frakcije. Debljina vodonosnog sustava je vrlo promjenljiva i kreće se od dvadesetak do 250 m. Vodonosni sustav je izrazito heterogen kako po dubini tako i po prostiranju.

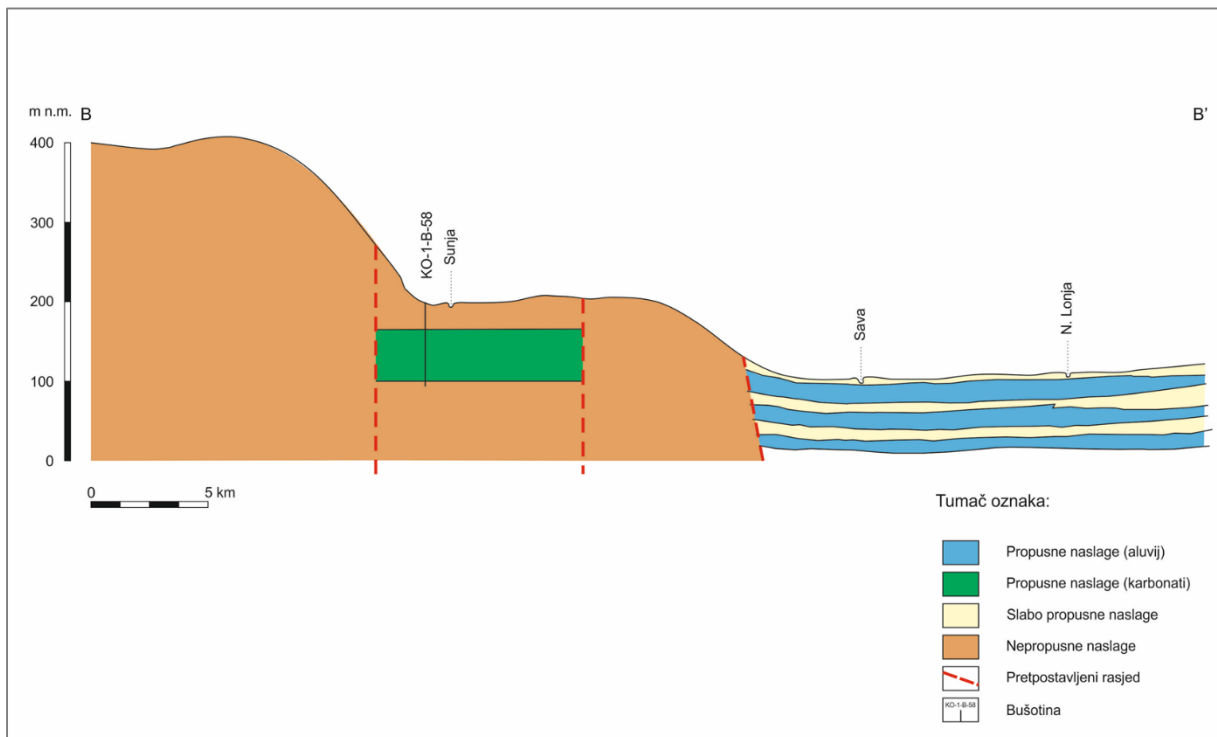
Krovinu vodonosnika čine sitnozrnasti, pretežito prašinsti sedimenti s različitim udjelom gline i sitnozrnog pijeska, debljine od nekoliko metara do preko šezdeset metara.



Slika 4.54. Shematska hidrogeološka karta grupiranog vodnog tijela Lekenik – Lužani



Slika 4.55. Uzdužni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Lekenik – Lužani (modificirano prema Brkić, 1999)



Slika 4.56. Poprečni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Lekenik – Lužani

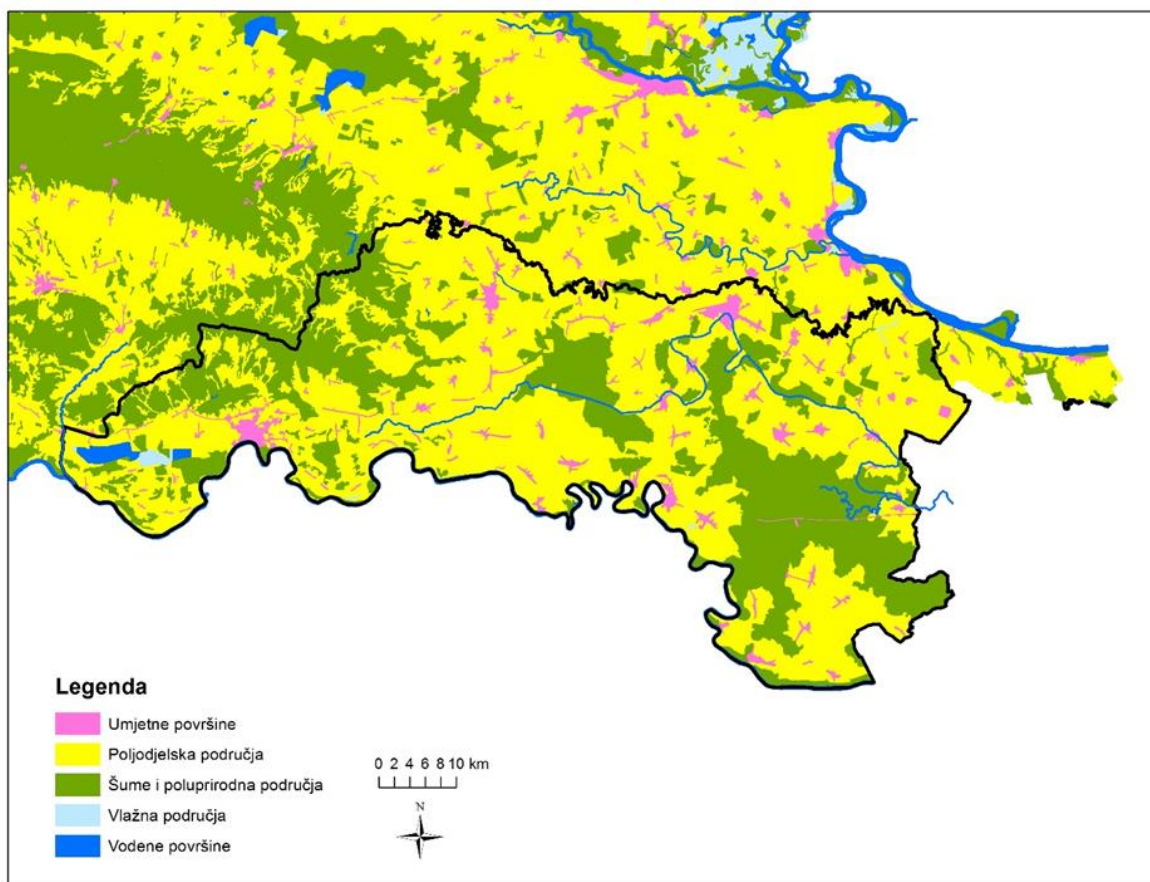
## 4.12. Istočna Slavonija – sliv Save

### 4.12.1. Geografske značajke

Grupirano vodno tijelo Istočna Slavonija – sliv Save obuhvaća područje čija površina iznosi 3.329,40 km<sup>2</sup>. Južna granica mu je Sava, odnosno državna granica s Bosnom i Hercegovinom, istočna granica je državna granica sa Srbijom, zapadna granica je rijeka Orlijava, na sjeverozapadu obuhvaća jugoistočne padine Dilja i Krndije, a na sjeveru Đakovačko-vinkovački ravnjak. Nadmorska visina terena se kreće od 80 do 245 m n. m. Prosječna godišnja količina oborina za razdoblje od 2008. do 2014. godine iznosi 737 mm.

### 4.12.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

Način korištenja zemljišta na području grupiranog vodnog Istočna Slavonija – sliv Save prema bazi podataka CORINE Land Cover 2012. godine (AZO, 2013) prikazan je na Slici 4.57, a postotak odgovarajuće površine korištenja u odnosu na ukupnu površinu grupiranog vodnog tijela u Tablici 4.23.



Slika 4.57. Način korištenja zemljišta na području grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Save (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.23. Udio pokrova zemljišta na području grupiranog vodnog Istočna Slavonija – sliv Save

<b>Pokrov zemljišta</b>	<b>%</b>
Umjetne površine	4,2
Poljodjelska područja	61,4
Šume i poluprirodna područja	32,7
Vlažna područja	0,3
Vodene površine	1,4

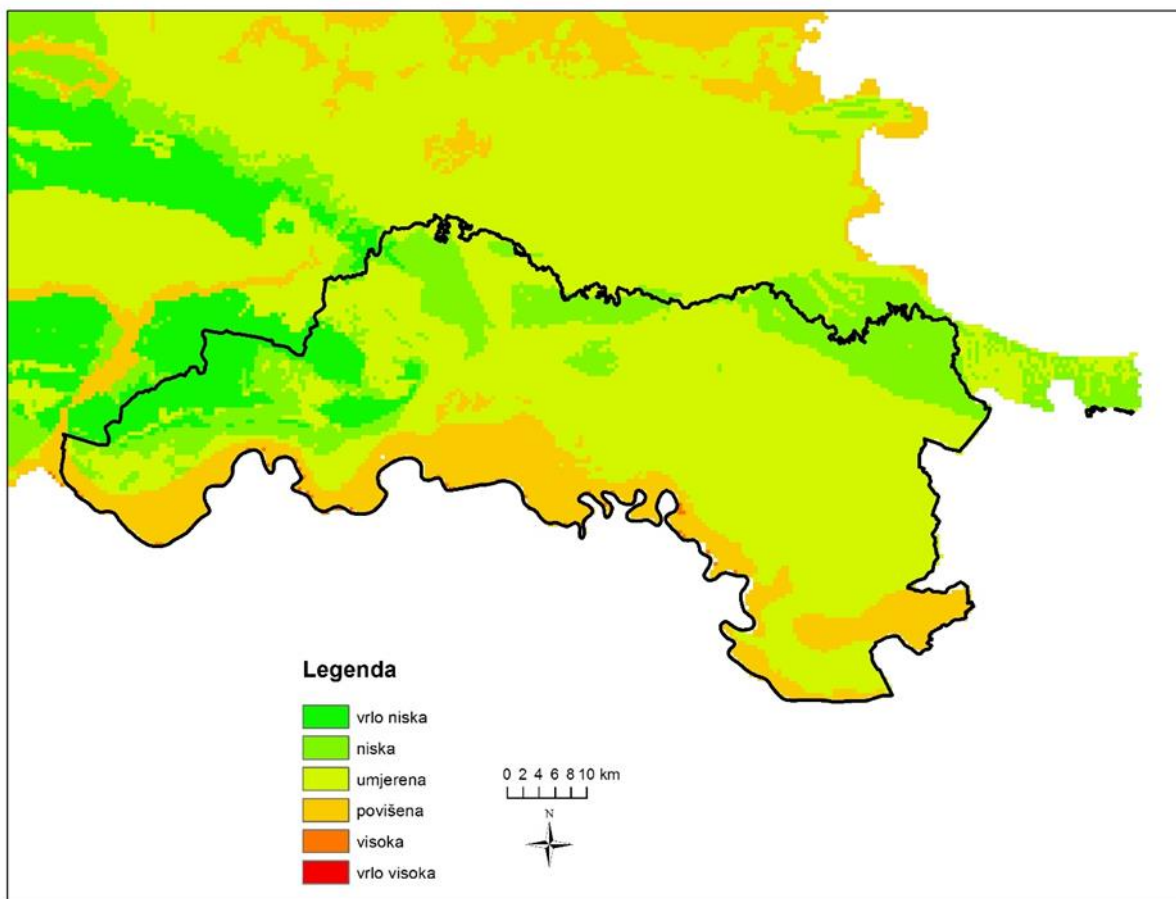
Poljodjelstvo predstavlja najveći pritisak na podzemne vode s obzirom da poljodjelske površine zauzimaju preko 60% površine vodnog tijela.

#### 4.12.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost vodonosnika procijenjena je parametarskom metodom SINTACS (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009). Kreće se od visoke na pojedinim lokacijama uz Savu do vrlo niske na području Psunja (Tablica 4.24, Slika 4.58).

Tablica 4.24. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Save

<b>Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela</b>	<b>%</b>
Vrlo niska	6,3
Niska	17,4
Umjerena	57,6
Povišena	18,3
Visoka	0,3
Vrlo visoka	-



Slika 4.58. Prostorna raspodjela prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Save (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.12.4. Geološke i hidrogeološke značajke

U prvih 200 m dubine nalaze se naslage kvartarne starosti. Granica između kvartara i pliocena do danas nije definirana, tako da je ukupna debljina kvartarnih naslaga nepoznata. U razdoblju kvartara ovo je područje bilo prekriveno plitkim jezerima i močvarama u koje su uticale rijeke i vodotoci s okolnih bosanskih i slavonskih planina, koje su u to doba bile kopno. Transport materijala i taloženje uvjetovano je klimatskim prilikama za koje je karakteristična smjena toplih i hladnih razdoblja. U toplijim razdobljima nabujale vode tekućica prenose veliku količinu krupnoklastičnog materijala (šljunka i pijeska) i odlažu ga u jezerima i močvarama. U hladnijim razdobljima tekućice se povlače u svoja korita, njihova prenosna moć slabi, taložni prostor oplicava, dominantnu ulogu u transportu materijala preuzima vjetar, a u zaostalim jezerima i močvarama talože se prah i glina. S obzirom da glavninu krupnoklastičnog materijala donose vodotoci s bosanskih planina, može se reći da je glavni smjer transporta od juga prema sjeveru, pa se u tom smjeru smanjuje udjel krupnozrnastih čestica i veličina zrna. Tako je na

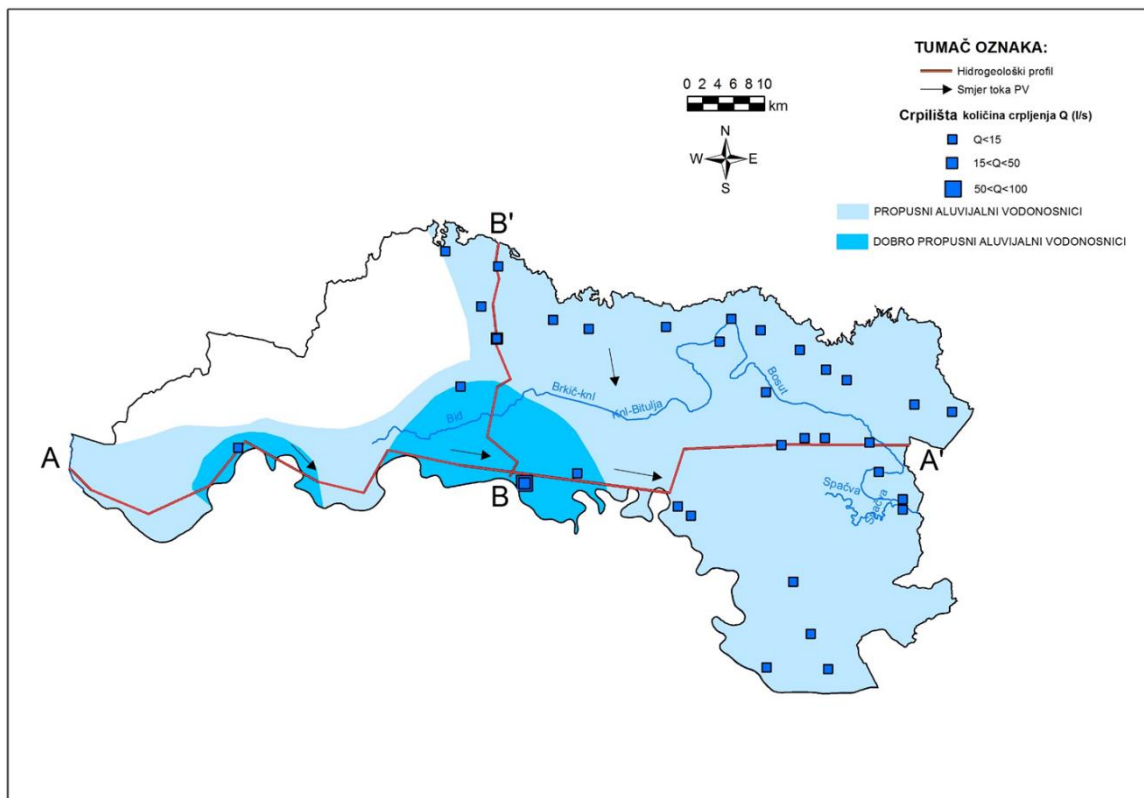
jugu, uz Savu odlagan pretežito šljunak, a prema sjeveru pijesak. Svaki ciklus taloženja propusnih sedimenata započinje krupnim, slabosortiranim česticama, a završava sitnozrnastim, uniformnim pijescima nakon kojih slijede prah i glina. Rezultat ovakvih uvjeta taloženja, uz stalno prisutne tektonske pokrete, je velika heterogenost naslaga i u horizontalnom i u vertikalnom pravcu.

Hidrogeološki najpovoljnije područje nalazi se na području Slavanskog broda i u prostoru između Save, Velike Kopanice i Babine Grede (Slika 4.59). To su konusni nanosi rijeka koji se mogu usporediti s današnjom Ukrajinom i Bosnom. To su šljunkovito-pjeskoviti vodonosnici čija debljina kod Slavanskog broda iznosi 60 m, a u prostoru između Save, Velike Kopanice i Babine Grede doseže vrijednosti preko 100 m. Vrijednosti hidrauličke vodljivosti se kreću od 30 do 211 m/dan. Sjeverno i istočno od poteza V. Kapanica – Babina Greda nalazi se područje prostiranja pjeskovitih slojeva. Prema podacima bušenja broj pjeskovitih vodonosnih slojeva kreće se od 2 do 11, a debljina pojedinih slojeva rijetko premašuje 30 m (Slika 4.60 i 4.61). Prema njihovoj ukupnoj debljini može se reći da je hidrogeološki najpovoljnije područje između Đakova, Mikanovaca i Strizivojne, gdje je ukupna debljina 40 do preko 50 m, zatim između Vinkovaca, Mirkovaca i Đeletovaca s debljinom preko 40 m, te u području oko Lipovca s debljinom preko 50 m. Hidrogeološki najnepovoljnije zone nalaze se između Ivankova i Vinkovaca, te između Privlake i Otoka s ukupnom debljinom ispod 30 m.

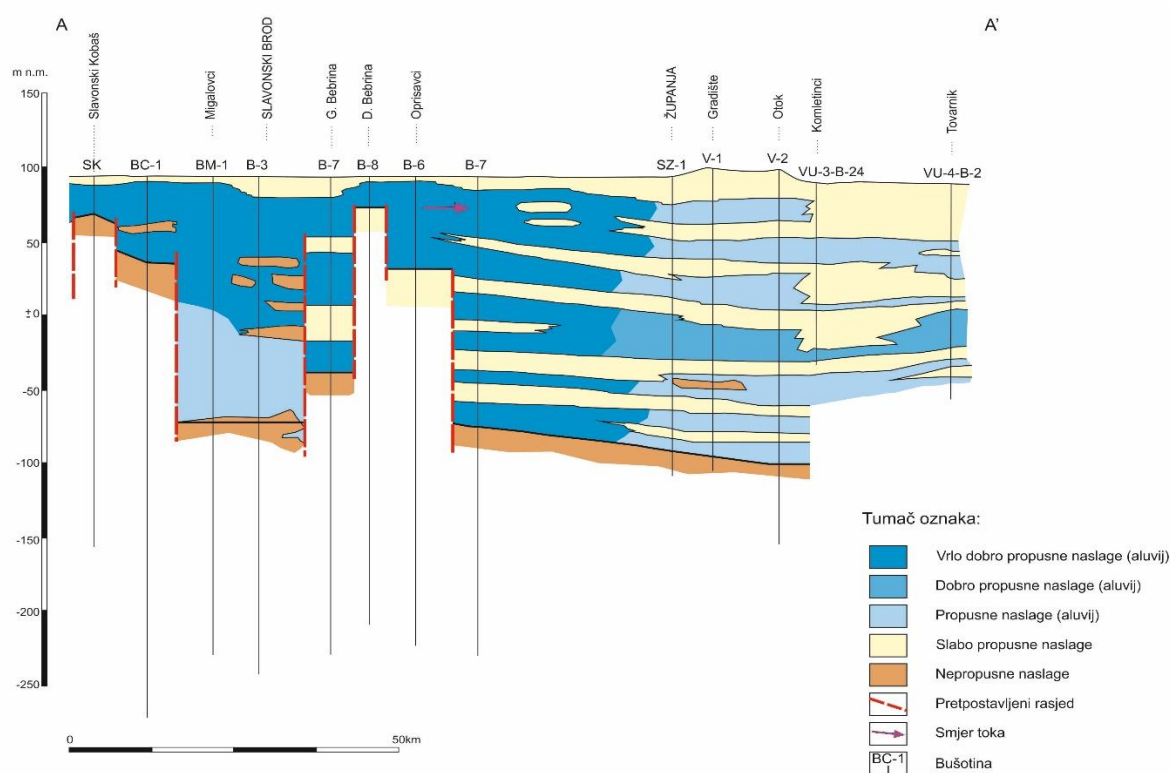
Zalihe podzemnih voda šljunkovito-pjeskovitog vodonosnika na području između V. Kapanice, Babine Grede i Save ubrajaju se u strateške zalihe R. Hrvatske. Obnavljanje podzemnih voda u uvjetima eksploatacije osigurano je induciranim napajanjem iz Save. Zalihe podzemnih voda pjeskovitog vodonosnog sustava su ograničene. Obnavljanje podzemnih voda predviđa se samo za prvi pjeskoviti sloj i to infiltracijom oborina na području Đakovačko-vinkovačkog ravnjaka i podzemnim dotokom iz šljunkovitog-pjeskovitog sloja na jugu. Obnavljanje voda dubljih pjeskovitih slojeva otežano je zbog slabopropusnih međuslojeva znatne debljine.

Krovinu vodonosnog sustava čine glinovito-prašnaste naslage čija debljina je najmanja uz Savu (mjestimično iznosi svega 3 m), a prema sjeveru raste do preko 30 m na području Đakovačko-vinkovačkog ravnjaka.

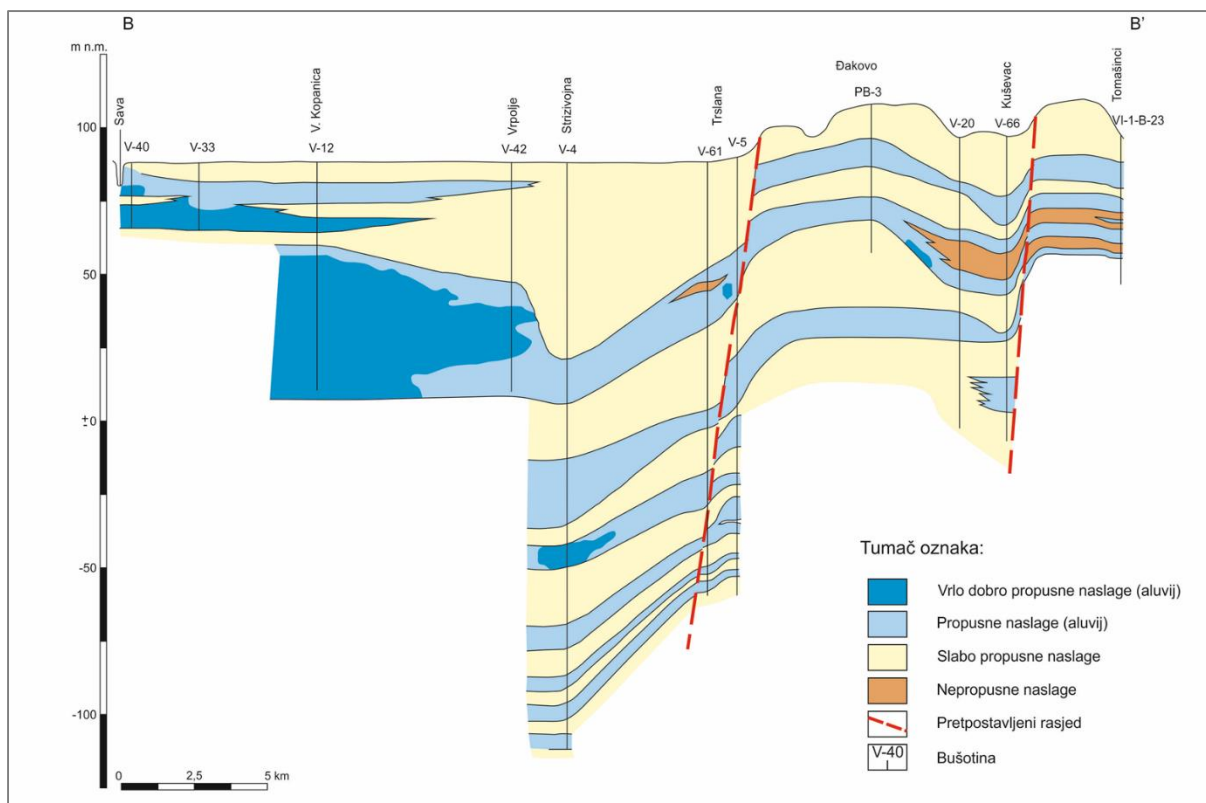




Slika 4.59. Shematska hidrogeološka karta grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Save



Slika 4.60. Uzdužni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Istočna Slavonija – sliv Save (modificirano prema Brkić, 1999)



Slika 4.61. Poprečni shematski hidrogeološki profil kroz grupirano vodno tijelo Istočna Slavonija – sliv Save (modificirano prema Bačani, 1997)

## 4.13. Žumberak – Samoborsko gorje

### 4.13.1. Geografske značajke

Grupirano vodno tijelo Žumberak – Samoborsko gorje prostire se na 443,47 km<sup>2</sup> i nalazi se u zapadnom dijelu središnje Hrvatske. Cijelo područje čini jedinstvenu gorsku reljefnu cjelinu u kojoj se ističe splet brojnih planinskih grebena i potočnih jaruga. Teren je izgrađen pretežito od trijaskih i jurskih karbonatnih naslaga (dolomita i vapnenca) koje uvjetuju prevlast krškog i fluviokrškog reljefa. Najvažnije vodonosnike na ovom području čine tektonski razlomljeni i dijelom okršeni gornjotrijaski dolomiti uz koje su vezane pojave najizdašnijih izvora.

### 4.13.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

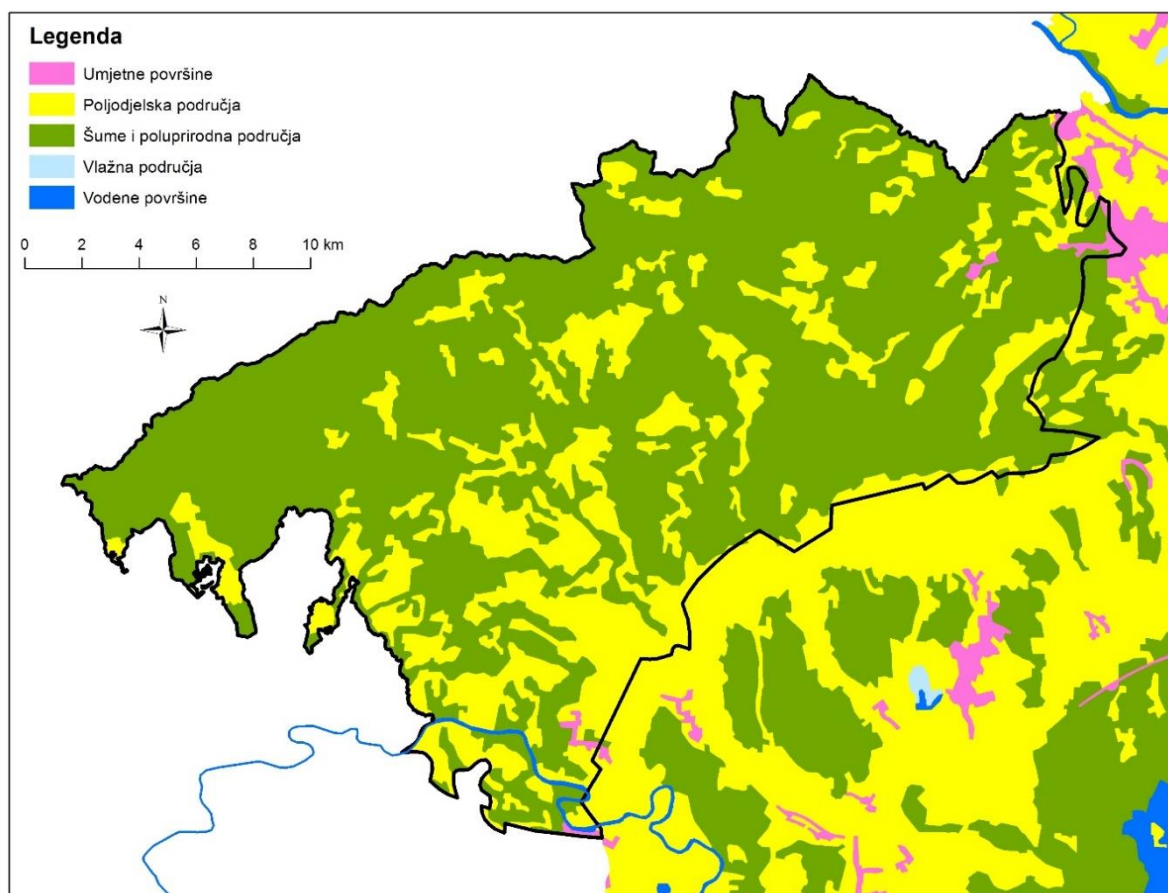
CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.62 prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom

vodnom tijelu Žumberak – Samoborsko gorje, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.25.

Vidljivo je kako je većina površine predstavljena šumskim područjima. Međutim, veliki dio površine zauzimaju i poljodjelska područja.

Tablica 4.25 Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Žumberak – Samoborsko gorje

Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	0,5
Poljodjelska područja	25,3
Šume i poluprirodna područja	73,8
Vlažna područja	0,3
Vodene površine	1,4



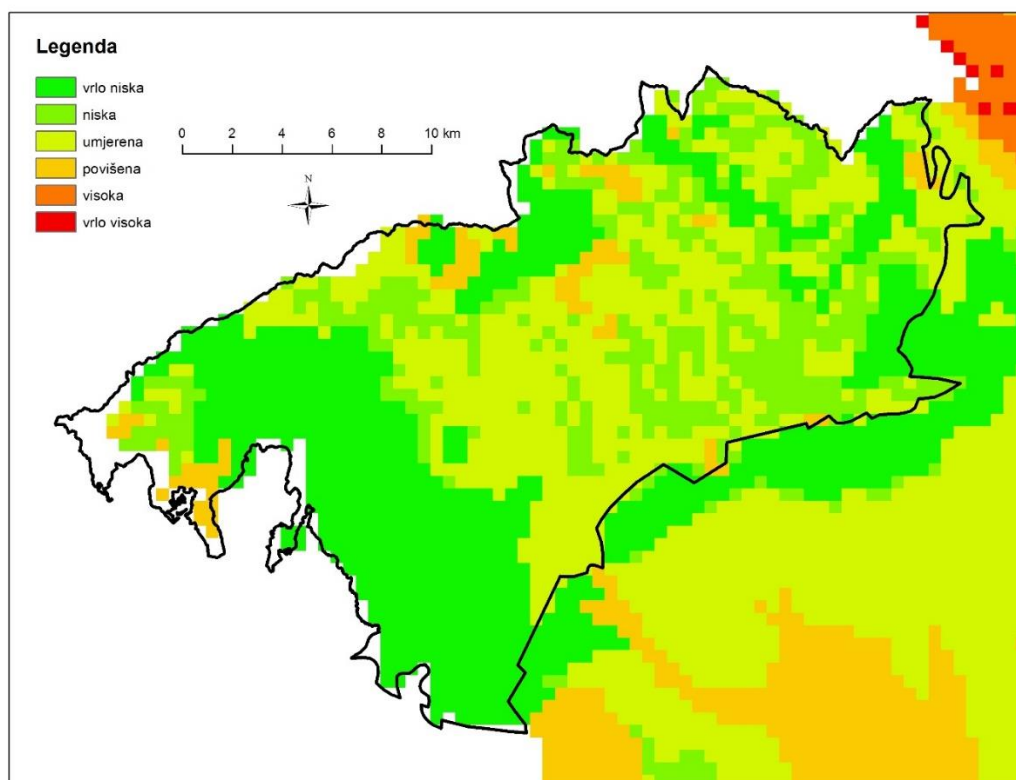
Slika 4.62. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Žumberak – Samoborsko gorje (CORINE, 2012; AZO, 2013)

### 4.13.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.26 i na Slici 4.63 prikazana je prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Žumberak – Samoborsko gorje. Vidljivo je da gotovo cijelo područje vodnog tijela spada u vrlo nisku do umjerenu prirodnu ranjivost.

Tablica 4.26. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Žumberak – Samoborsko gorje

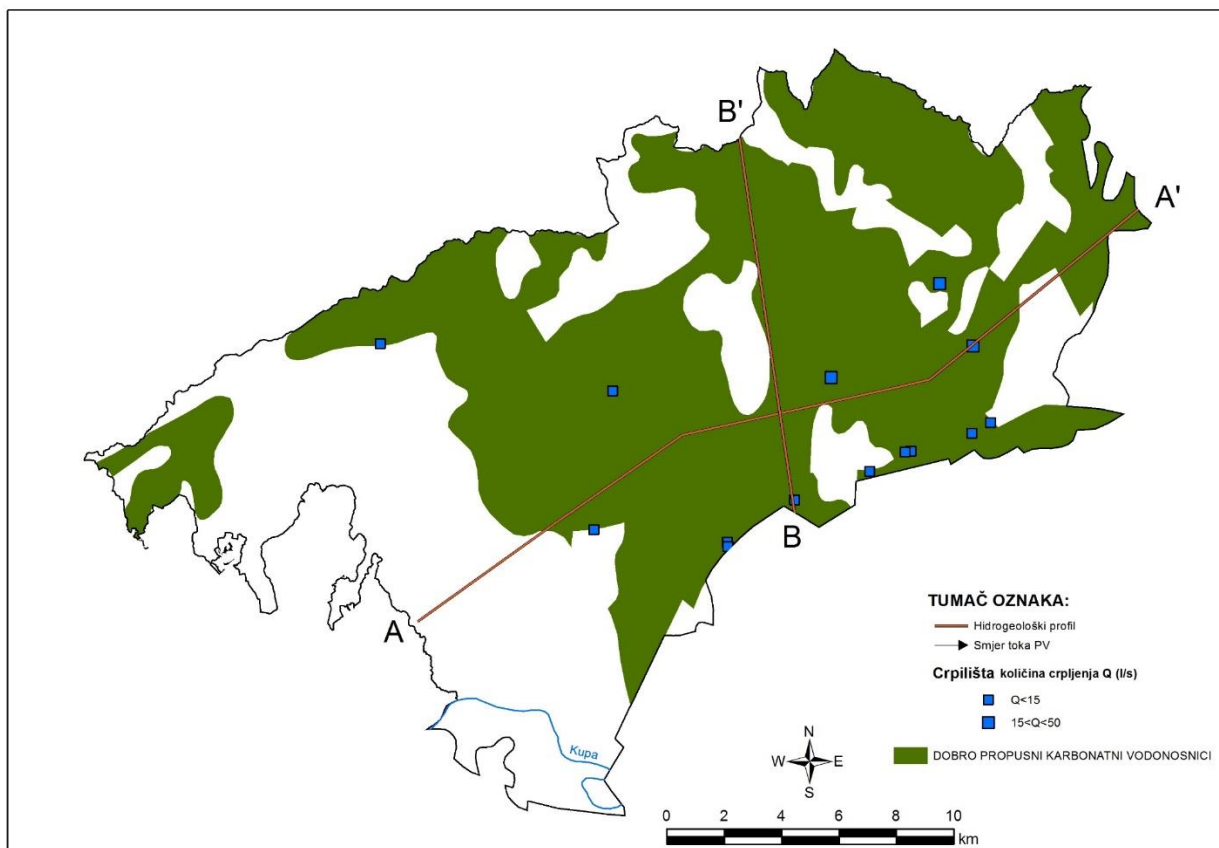
Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela	%
Vrlo niska	36,3
Niska	23,8
Umjerena	35,2
Povišena	4,8
Visoka	-
Vrlo visoka	-



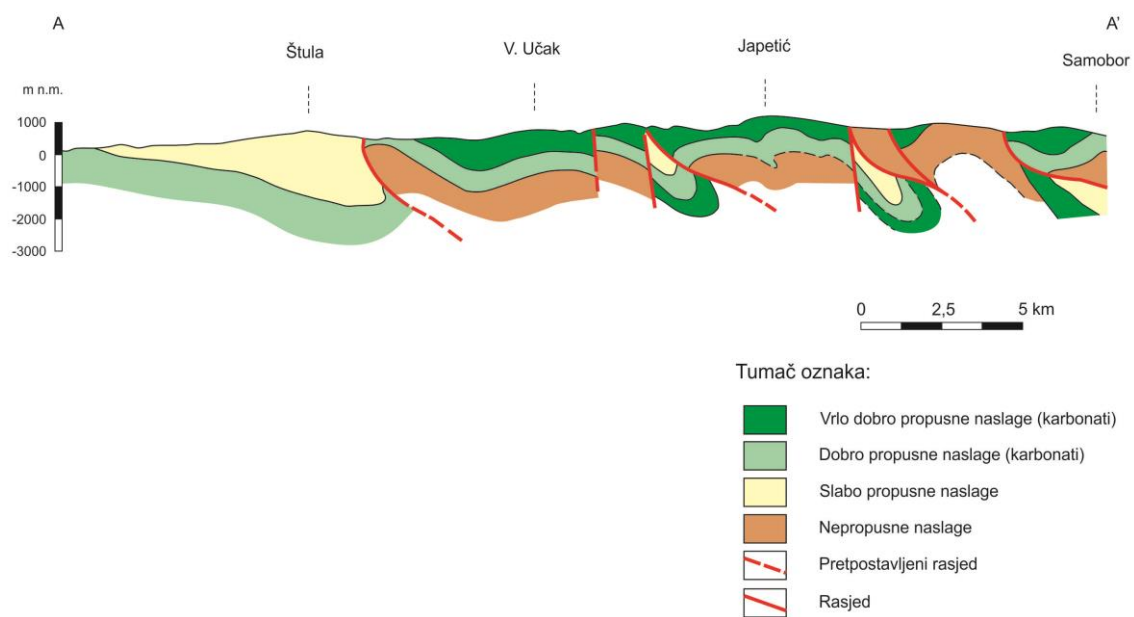
Slika 4.63. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Žumberak – Samoborsko gorje na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.13.4. Geološke i hidrogeološke značajke

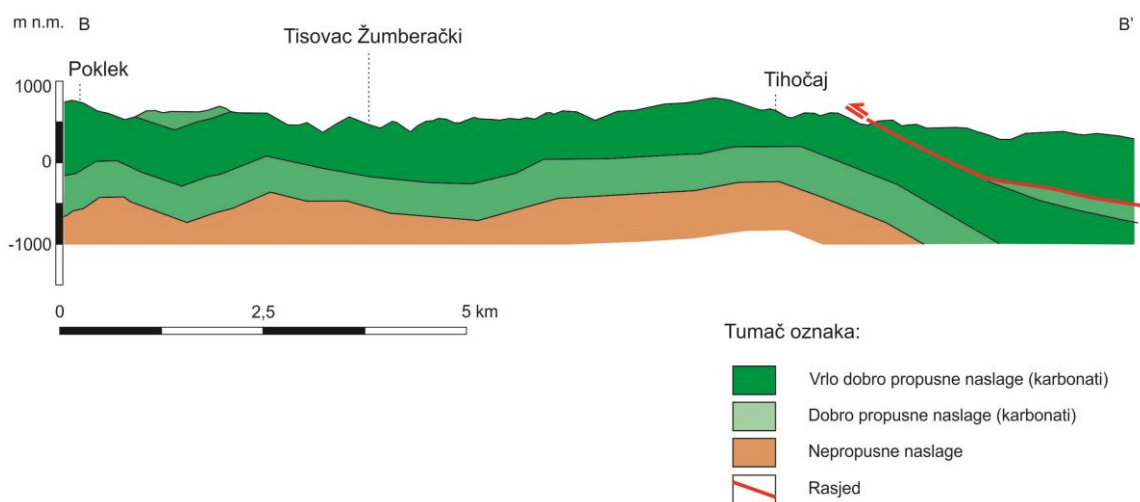
Najstarije naslage na području grupiranog vodnog tijela Žumberak – Samoborsko gorje pripadaju paleozojskim naslagama, dok su na površini najrasprostranjenije mezozojske naslage, osobito trijaskе starosti. Litološki prevladavaju karbonatne stijene (vapnenci i dolomiti). Najvažnije vodonosnike na ovom području čine tektonski razlomljeni i dijelom okršeni gornjotrijaski dolomiti uz koje su vezane pojave najizdašnijih izvora ( $Q > 15$  l/s). Gornjotrijaski dolomiti su vodonosnici vrlo dobre propusnosti, no u čestoj su izmjeni s nešto slabije propusnim, ali dobro propusnim jurskim i krednim karbonatima. Karbonatni vodonosnici vrlo dobre i dobre propusnosti hidraulički su međusobno povezani i čine jednu dobro propusnu cjelinu (Slika 4.64 – 4.66). Podzemna voda akumulirana u području Žumberka, drenira se nizvodno i istječe na navlačnom kontaktu trijaskih dolomita na slabopropusne gornjokredne naslage ili na kontaktu s neogenskim naslagama.



Slika 4.64. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki grupiranog vodnog tijela Žumberak – Samoborsko gorje



Slika 4.65. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Žumberak – Samoborsko gorje



Slika 4.66. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Žumberak – Samoborsko gorje

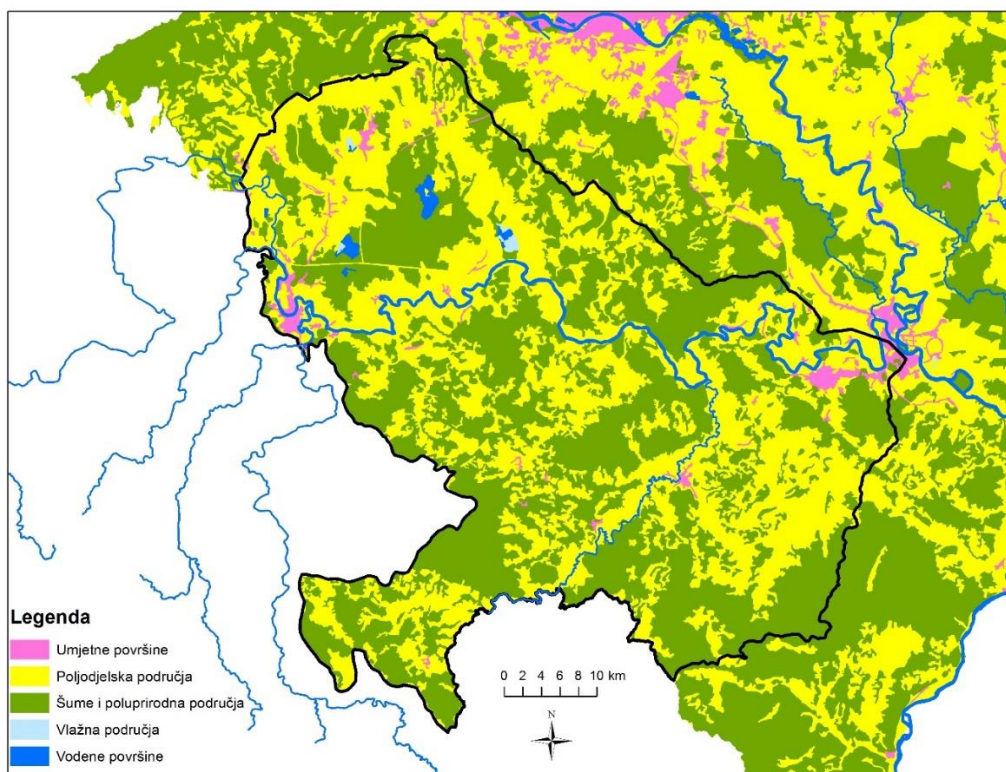
## 4.14. Donji tok Kupe

### 4.14.1. Geografske značajke

Grupirano vodno tijelo Donji tok Kupe zauzima površinu od 2.871,41 km<sup>2</sup>, obuhvaća Karlovačku depresiju i sliv rijeke Gline, prostirući se od Karlovca do Siska. Veliko prostranstvo i naglašeni značaj imaju naslage kvartara na području Karlovačke depresije. Najveće količine podzemne vode eksploatiraju se iz aluvijalnih naslaga na području Karlovačke depresije, te manje količine iz izvora na području sliva Gline. Srednja godišnja količina oborina iznosi 1000 - 1250 mm.

### 4.14.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.67 prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Žumberak – Samoborsko gorje, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.27. Vidljivo je kako je većina površine predstavljena šumskim područjima. Međutim, veliki dio površine zauzimaju i poljodjelska područja.



Slika 4.67. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Kupe (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.27. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Kupe

<b>Pokrov zemljišta</b>	<b>%</b>
Umjetne površine	1,8
Poljodjelska područja	46,9
Šume i poluprirodna područja	49,9
Vlažna područja	0,2
Vodene površine	1,2

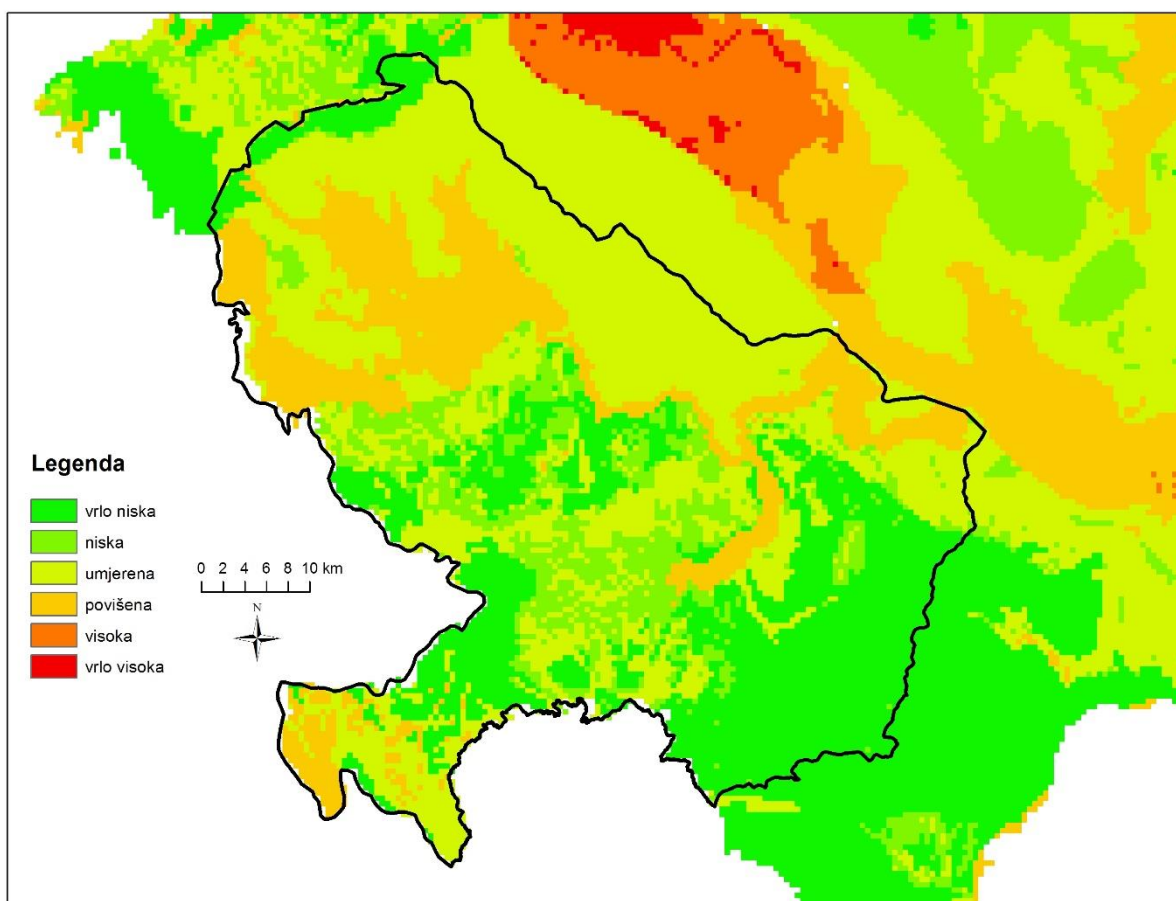
#### 4.14.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.28 i na Slici 4.68 prikazana je prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Donji tok Kupe. Potrebno je istaknuti da 58% površine ima umjerenu do povišenu prirodnu ranjivost.

Tablica 4.28. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Donji tok Kupe

<b>Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela</b>	<b>%</b>
Vrlo niska	29,0
Niska	13,0
Umjerena	38,5
Povišena	19,5
Visoka	-
Vrlo visoka	-





Slika 4.68. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Donji tok Kupe na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

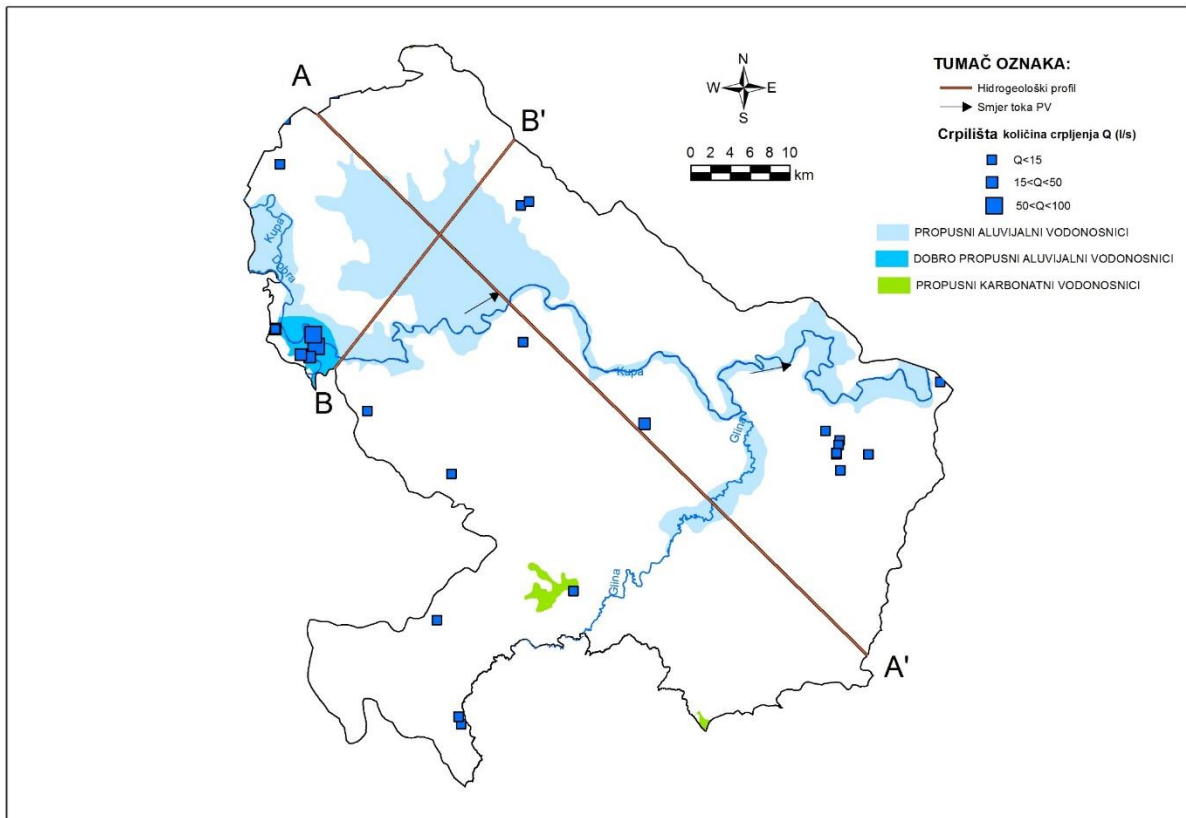
#### 4.14.4. Geološke i hidrogeološke značajke

Veći dio područja (Karlovačka depresija) prekrivaju debele naslage kvartara, kada završava sedimentacija uz taloženje grubo i finoklastičnih materijala u izmjeni, a u skladu s neotektonskim pokretima i donosom materijala. Ukupna debljina dokazana bušenjem u području Crne Mlake je oko 150 m. Na utoku Kupe i Korane kod Karlovca do dubine 81 m nabušeni su uglavnom pijesci, uz nešto nepropusnih naslaga. Kvartarni nanosi su vrlo značajni i na njima se zasniva vodoopskrba Karlovca i nekih manjih mjesta.

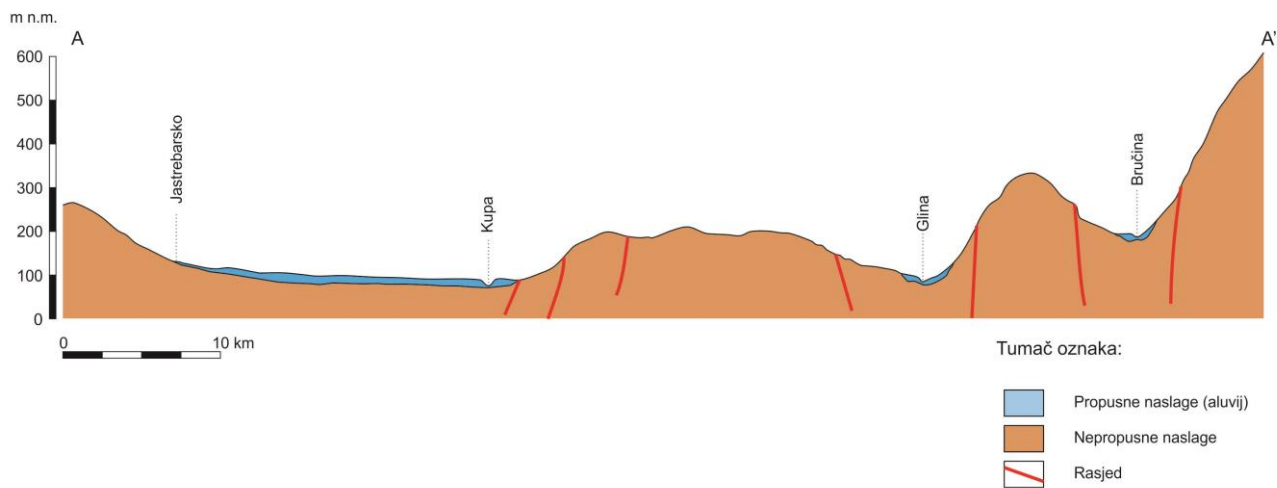
Odlaganje krupnozrnatih kvartarnih sedimenata u Karlovačkoj depresiji omogućile su rijeke Kupa i Dobra, te potoci s istočnih padina Žumberačkog i Samoborskog gorja. Najveće debljine šljunčanog vodonosnika od preko 10 m su prisutne u središnjem dijelu depresije, dok idući prema rubovima padaju na ispod 10 m. Prosječna hidraulička vodljivost aluvijalnog vodonosnika se kreće oko 50 m/dan. Vodonosnik je pokriven prašinasto-glinovitim naslagama debljine i do 20-ak m, a obnavljanje podzemne vode se ostvaruje podzemnim dotokom iz

površinskih tokova u njihovoj neposrednoj blizini. Aluvijalne naslage manjih debljina pojavljuju se i u dolini rijeke Gline i njenih pritoka.

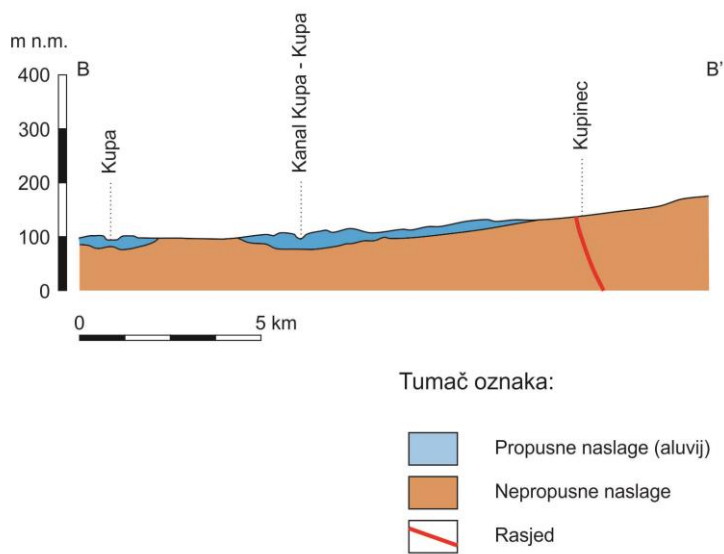
Manje pojave trijaskih dolomita na površini unutar grupiranog vodnog tijela Donji tok Kupe nalaze se na padinama Petrove gore, iz kojih su, sukladno prirodnim hidrogeološkim uvjetima, za vodoopskrbu zahvaćeni izvori manje izdašnosti, do 10 l/s (Slike 4.69). Uzdužni i poprečni shematski profil prikazani su na Slici 4.70, odnosno 4.71.



Slika 4.69. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki grupiranog vodnog tijela Donji tok Kupe



Slika 4.70. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Kupe



Slika 4.71. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Kupe

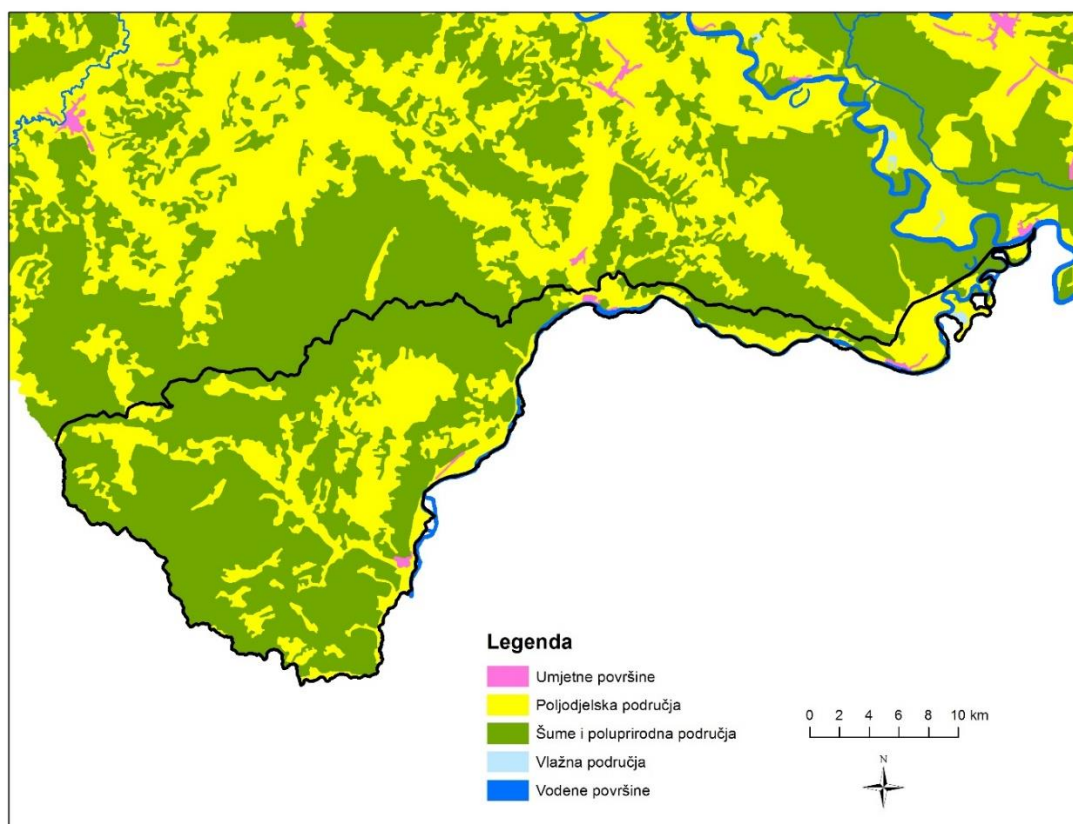
## 4.15. Donji tok Une

### 4.15.1. Geografske značajke

Područje grupiranog vodnog tijela Donji tok Kupe zauzima površinu od 540,78 km<sup>2</sup>. Uglavnom prevladava brežuljkasti prostor prosječne visine 250-350 m n. m., u kojem se reljefno ističe Zrinska gora (616 m), koja je heterogenog morfostrukturnog tipa i unutar nje Trgovska gora. Na ovom prostoru oborine su ravnomjerno raspoređene tijekom godine, s prosječnom godišnjom količinom oborina od 1084 mm (2008.-2014.).

### 4.15.2. Način korištenja zemljišta i pritisci

CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine (AZO, 2013), digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta, korištena je za analizu načina korištenja zemljišta. Na Slici 4.72 prikazan je način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Une, dok su pojedini udjeli u postocima izraženi u Tablici 4.29. Vidljivo je kako je većina površine predstavljena šumskim područjima. Međutim, veliki dio površine zauzimaju i poljodjelska područja.



Slika 4.72. Način korištenja zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Une (CORINE, 2012; AZO, 2013)

Tablica 4.29. Udio pokrova zemljišta u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Une

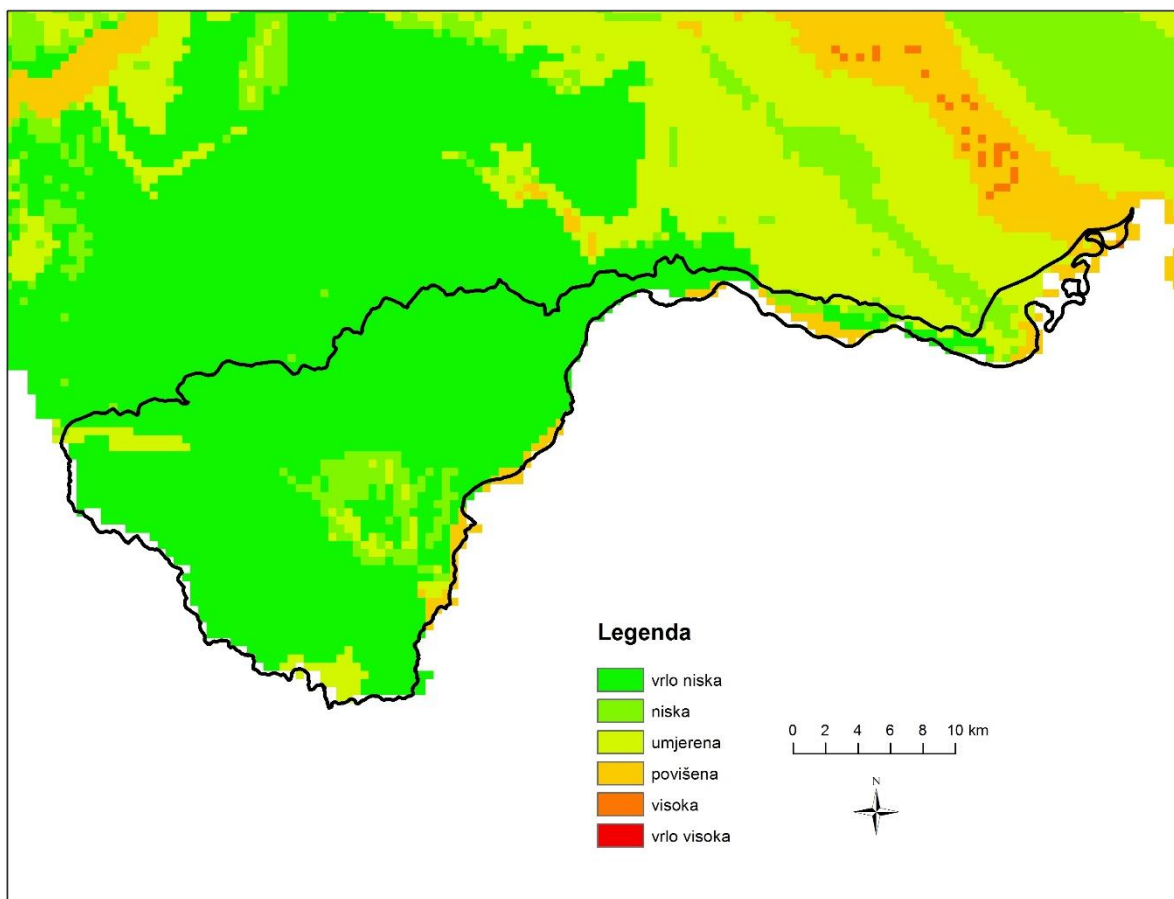
<b>Pokrov zemljišta</b>	<b>%</b>
Umjetne površine	0,5
Poljodjelska područja	31,7
Šume i poluprirodna područja	66,3
Vlažna područja	0,1
Vodene površine	1,4

#### 4.15.3. Prirodna ranjivost

Prirodna ranjivost procijenjena je pomoću SINTACS metode (Civita & De Maio, 1997; Brkić et al., 2009) koja spada u parametarske metode, odnosno „point count“ sustave u kojima se dodjeljuju težinski faktori pojedinim parametrima. U Tablici 4.30 i na Slici 4.73 prikazana je prostorna raspodjela prirodne ranjivosti na području grupiranog vodnog tijela Donji tok Une. Potrebno je istaknuti da 90% površine ima vrlo nisku do nisku prirodnu ranjivost.

Tablica 4.30. Udio prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Donji tok Kupe

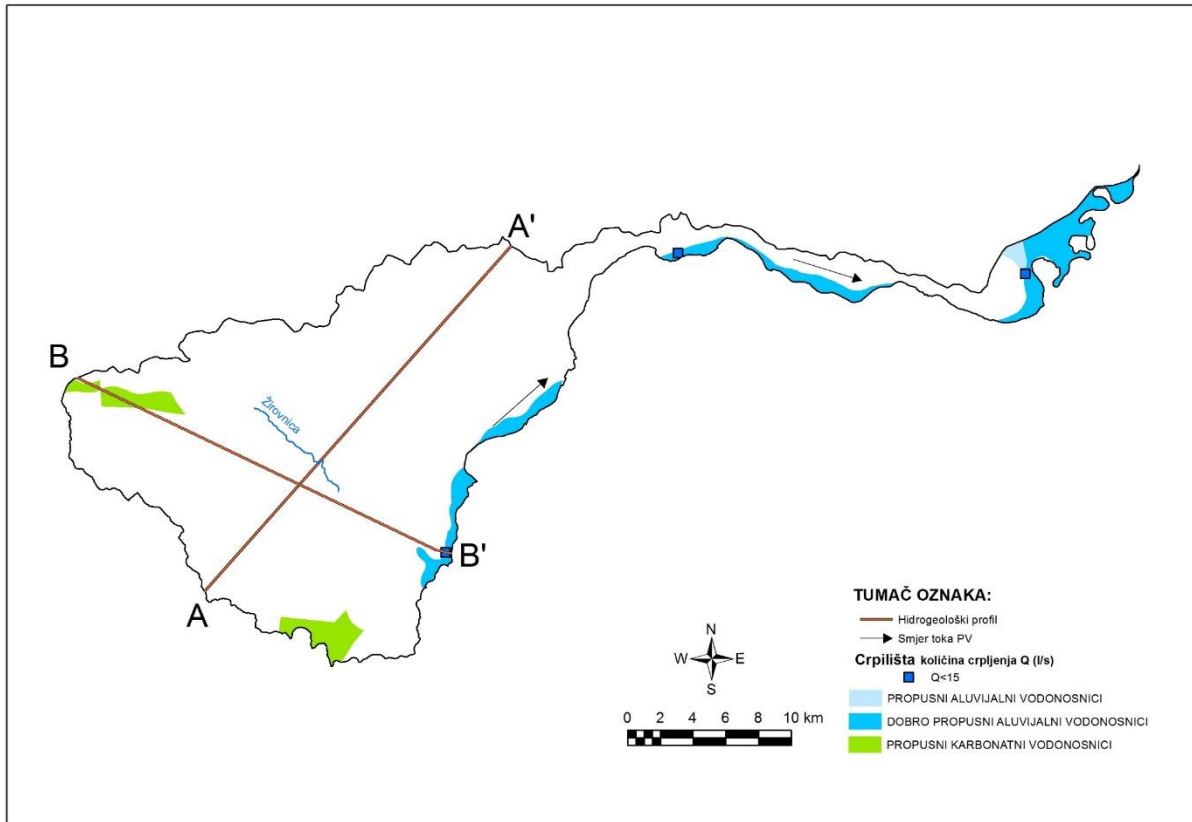
<b>Prirodna ranjivost grupiranog vodnog tijela</b>	<b>%</b>
Vrlo niska	82,4
Niska	7,8
Umjerena	6,7
Povišena	3,1
Visoka	-
Vrlo visoka	-



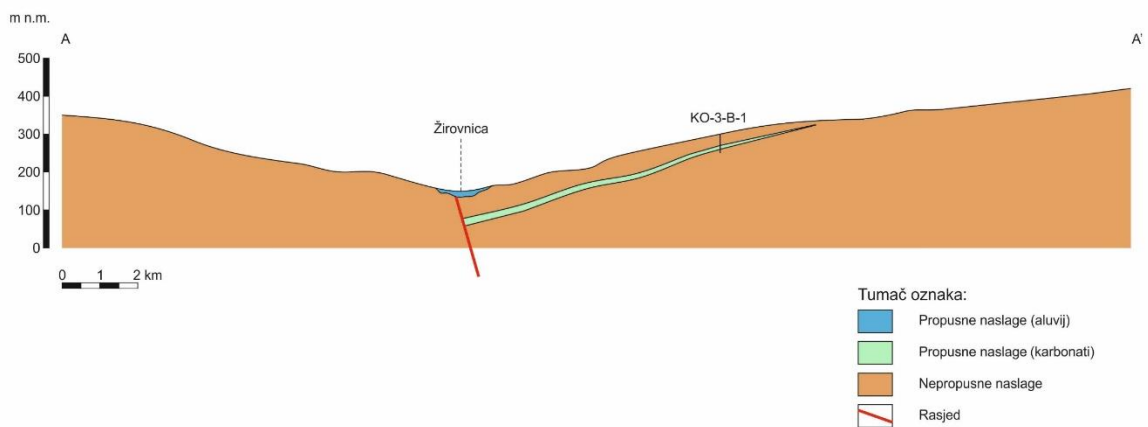
Slika 4.73. Prikaz prostorne raspodjele prirodne ranjivosti grupiranog vodnog tijela Donji tok Une na temelju SINTACS metode (modificirano prema Brkić et al., 2009)

#### 4.15.4. Geološke i hidrogeološke značajke

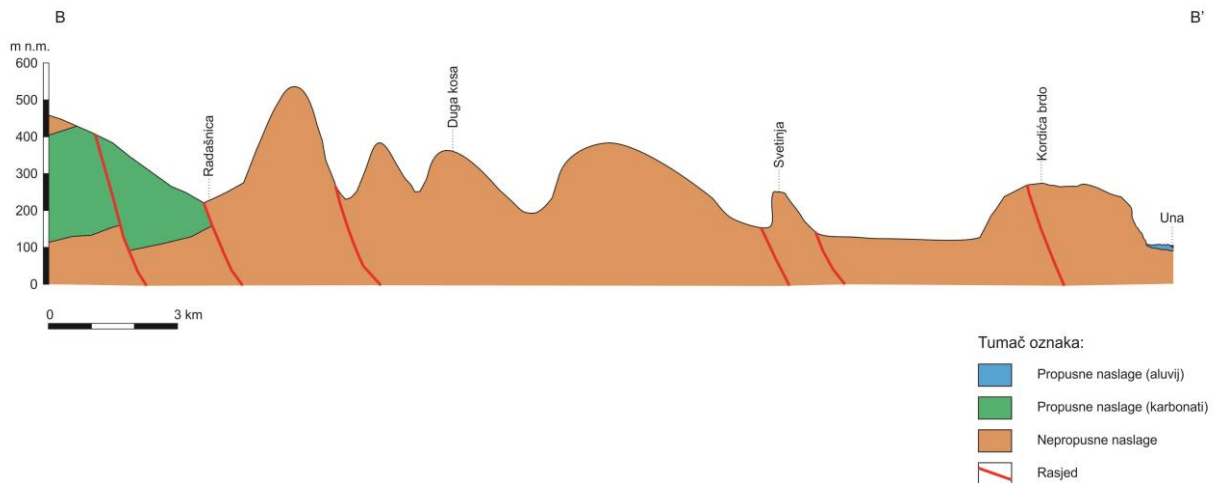
Sjeverni dio grupiranog vodnog tijela Donji tok Une (sliv potoka Žirovac) pretežno izgrađuju nepropusne stijene paleozoika, mezozoika i tercijara. Oborine koje padnu na ovo područje uglavnom površinski otječu i dreniraju se u potok Žirovac te je karakteristična razgranata hidrografska mreža. Prisutni izvori male su izdašnosti, obično povremeni. Stijene slabe do bolje propusnosti, dolomiti, silificirani vapnenci i litotamnijski vapnenci prisutni su samo lokalno i ograničenog su prostiranja (Slika 4.74, 4.75 i 4.76). Propusne naslage, šljunci i pijesci prisutni su u dolini Une, nizvodno od utoka Sane u rijeku Unu gdje se nalaze deblje šljunčano-pjeskovite kvartarne naslage. Na prostoru Matijevići – Dvor, utvrđeno je da mjestimično debljina ovih naslaga prelazi i 10 m. Kako ovaj vodonosni sloj predstavlja jedini značajniji izvor podzemne vode na ovom prostoru potrebno je obratiti posebnu pažnju na njegovu zaštitu, a ponegdje i sanaciju.



Slika 4.74. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki grupiranog vodnog tijela Donji tok Une



Slika 4.75. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Une



Slika 4.76. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Une

#### 4.16. Zaključno o konceptualnim modelima

Razina istraženosti grupiranih vodna tijela koja se nalaze u dolinskom dijelu rijeka Save i Drave (Međimurje, Varaždinsko područje, Legrad – Slatina, Novo Virje, Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava, Zagreb, Lekenik-Lužani i Istočna Slavonija - sliv Save) daleko je viša, nego što je to slučaj s ostalim grupiranim vodnim tijelima (Sliv Bednje, Sliv Krapine, Žumberak - Samoborsko gorje, Donji tok Kupe, Donji tok Une, Sliv Lonja - Ilova – Pakra, Sliv Orljave). U skladu s tim je i razina pouzdanosti konceptualnih modela za prvu grupu vodnih tijela daleko veća, iako i te konceptualne modele treba u narednom ciklusu Plana upravljanja nadograditi zbog boljeg razumijevanja. Naime, postojeći prikazi konceptualnih modela načinjeni su na temelju dostupnih podataka o istraživačko-piezometarskim bušotinama koje su u najvećoj mjeri izvedene za potrebe projektiranja i eksploatacije pojedinih crpilišta. Kako bi se dobio bolji konceptualni prikaz svakog vodnog tijela potrebno je prostorni raspored istraživačko-piezometarskih bušotina prilagoditi regionalnom mjerilu kako u tlocrtu tako i u razrezu. Dostupni podaci najčešće su nedostajali upravo uz granice pojedinih vodnih tijela pa je samim time njihova geometrija shematski prikazana. Nadalje, u izrazito heterogenim uvjetima koji su karakteristični za kvartarni vodonosni sustav potrebno je posebnu pozornost posvetiti kakvoći podataka po vertikali. Na taj način bi se bolje upoznala svojstva pripovršinskih naslaga kroz koje se odvija napajanje dubljih vodonosnih slojeva, koji bi pak trebali biti na odgovarajući



način zacijevljeni piezometarskim bušotinama (formiranjem piezometarskih gnijezda), što bi u konačnici bio i veliki doprinos kvaliteti ukupnog monitoringa.

Za izradu konceptualnih modela grupiranih vodnih tijela koja nisu u dolinama Save i Drave bilo je izuzetno malo raspoloživih podataka, posve lokalnog karaktera, pa su ti konceptualni modeli izrađeni sa relativno niskom razinom pouzdanosti. Za bolje poznavanje tih vodnih tijela odnosno za višu razinu pouzdanosti njihovih konceptualnih modela potrebno je provesti opsežnija hidrogeološka istraživanja prema prethodno sačinjenom projektu. Dodatna istraživanja trebaju obuhvatiti izvedbu strukturno-piezometarskih bušotina čiji će prostorni raspored biti prilagođen regionalnom mjerilu, praćenje razina i kakvoće podzemne vode, a u krškim vodonosnicima praćenje količine izviranja i kakvoće izvorske vode.

5. Analiza usklađenosti monitoringa podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske sa zahtjevima EU direktiva i u odnosu na konceptualne modele tijela podzemnih voda

## Sadržaj

5. Analiza usklađenosti monitoringa podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske sa zahtjevima EU direktiva i u odnosu na konceptualne modele tijela podzemnih voda .....	5-1
5.1. Specifični zahtjevi o monitoringu podzemnih voda koji proizlaze iz EU direktiva i smjernica .....	5-3
5.2. Stanje postojećih monitoringa .....	5-12
5.2.1. Metodologija.....	5-12
5.2.2. Nacionalni monitoring kakvoće .....	5-16
5.2.3. Monitoring sirove vode.....	5-19
5.2.4. Monitoring količinskoga stanja (razina) podzemne vode.....	5-21

## 5. Analiza usklađenosti monitoringa podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske sa zahtjevima EU direktiva i u odnosu na konceptualne modele tijela podzemnih voda

U članku 8. Okvirne direktive o vodama, ODV (2000/60/EZ), zahtijeva se uspostava programa monitoringa podzemnih voda, radi dobivanja dostatnih i kvalitetnih podataka o podzemnim vodama u pojedinim tijelima podzemnih voda. Ove podatke potrebno je koristiti za postizanje ciljeva definiranih u članku 4 ODV-a, a naročito prilikom ocjene kemijskoga i količinskoga stanja tijela podzemnih voda te procjene značajnih i dugotrajnih trendova onečišćivala podzemnih voda. U cilju optimalnoga praćenja stanja podzemnih voda, ODV omogućuje da se tijela podzemne vode mogu grupirati, pod uvjetom da rezultati motrenja podzemnih voda daju pouzdanu ocjenu stanja svakoga pojedinačnoga tijela podzemnih voda.

U dodatku V. ODV-a definirani su zahtjevi za uspostavu pojedinih programa monitoringa podzemnih voda. Za određivanje količinskoga stanja tijela podzemnih voda potrebno je uspostaviti program monitoringa količinskoga stanja, a za potrebe određivanja kemijskoga stanja tijela podzemnih voda potrebno je uspostaviti programe nadzornoga i operativnoga monitoringa kemijskoga stanja. Navedeni programi monitoringa podzemnih voda moraju omogućiti:

- procjenu rizika i ocjenu kemijskoga i količinskoga stanja podzemnih voda;
- daljnju karakterizaciju tijela podzemnih voda, koje su u riziku od nepostizanja ciljeva definiranih ODV-om;
- utvrđivanje prisutnosti dugotrajnih trendova koji su posljedica prirodnih značajki i utjecaja čovjeka;
- utvrđivanje značajnih i stalnih uzlaznih trendova koncentracija onečišćivala i njihovu promjenu;
- postizanje ciljeva za zaštićena područja za pitke vode (engl. Drinking Water Protected Areas, DWPA);
- motrenje ranjivih zona za nitrate, sukladno zahtjevima Direktive o zaštiti voda od onečišćenja izazvanih nitratima poljoprivrednoga podrijetla (Nitratna direktiva, 91/676/EEC) te
- procjenu efikasnosti programa mjera za postizanje dobrog kemijskoga i količinskoga stanja.

U okviru „Zajedničke implementacijske strategije“ ODV-a izrađeno je više tehničkih dokumenata i vodiča o monitoringu podzemnih voda prema zahtjevima ODV-a. Tijekom 2002. godine radna skupina 2.7 (Monitoring) izradila je dokument pod nazivom „Monitoring prema Okvirnoj direktivi o vodama“ (engl. „Monitoring under the Water Framework Directive“, CIS vodič br. 7), koji daje upute zemljama članicama EU o praćenju, kako površinskih kopnenih voda, prijelaznih i priobalnih voda, tako i podzemnih voda, temeljem kriterija navedenih dodatkom V. ODV-a.

Dvije godine kasnije, tijekom 2004., radna skupina C za podzemne vode izradila je „Tehnički izvještaj o monitoringu podzemnih voda“ (engl. Groundwater monitoring – technical report on groundwater monitoring as discussed at the workshop of 25<sup>th</sup> June 2004), u kojem su prikazani najvažniji aspekti monitoringa podzemnih voda, s posebnim naglaskom na znanstvena i tehnološka postignuća i primjere dobre prakse zemalja članica EU.

Iako su navedenim dokumentima obuhvaćeni svi značajniji aspekti monitoringa podzemnih voda, države članice EU su, u kontekstu izrade Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (Direktiva o podzemnim vodama, DPV 2006/118/EZ), ukazale na potrebu pojašnjavanja nekih otvorenih pitanja monitoringa podzemnih voda, naročito u dijelu koji se odnosi na monitoring podzemnih voda u zaštićenim područjima za pitke vode i na monitoring za praćenje uspješnosti provedbe mjera ograničavanja i sprječavanja unosa onečišćivala u podzemne vode. Zbog navedenoga, radna skupina C je 2007. godine izradila vodič pod nazivom: „Vodič o monitoringu podzemnih voda“ (engl. Guidance on groundwater monitoring, CIS vodič br. 15), koji sadrži sintezu brojnih rasprava i sastanaka radne skupine na temu monitoringa podzemnih voda.

Uz navedene dokumente, za potrebe predmetne analize korišteni su i drugi relevantni dokumenti, primjerice vodiči i primjeri dobre prakse iz pojedinih zemalja članica EU. Ovdje se naročito izdvaja dokument pod nazivom: „UKTAG Task 12(a) guidance on Monitoring Groundwater“, iz 2007. godine, koji je izradila *Tehnička savjetodavna skupina Velike Britanije o Okvirnoj direktivi za vode* (engl. UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive).

U nastavku ovoga poglavlja ukratko su izdvojeni najvažniji aspekti monitoringa podzemnih voda, iz navedenih CIS i nacionalnih vodiča te tehničkih izvještaja, temeljem kojih je napravljena analiza usklađenosti monitoringa podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske sa zahtjevima koji proizlaze iz EU direktiva.

## 5.1. Specifični zahtjevi o monitoringu podzemnih voda koji proizlaze iz EU direktiva i smjernica

Odabir lokacija mjernih postaja te parametara i učestalosti motrenja podzemnih voda u nekom tijelu (grupi tijela) podzemne vode ovisi o konceptualnom modelu tijela (grupe tijela) podzemne vode. Pritom je potrebno razlikovati dva tipa konceptualnih modela:

- *Regionalni konceptualni model* – služi za razumijevanje ključnih čimbenika tijela (grupe tijela) podzemne vode: geoloških i hidrogeoloških značajki tijela (grupe tijela) podzemne vode te intenziteta i veličine pritisaka od ljudskih aktivnosti na području tijela (grupe tijela) podzemne vode;
- *Lokalni konceptualni model* – služi za razumijevanje lokalnih čimbenika koji utječu na odabir pojedinačnih mjernih postaja te parametara i učestalosti uzorkovanja u okviru programa monitoringa. Lokalni konceptualni model mora omogućiti ocjenu reprezentativnosti pojedinih mjernih postaja, temeljem podataka o:
  - o tehničkim značajkama mjernih postaja;
  - o hidrogeološkim uvjetima na lokaciji (radi li se o području prihranjivanja ili otjecanja podzemne vode), uključujući lokalne uvjete tečenja podzemne vode;
  - o utjecaju crpljenja podzemne vode na motrene parametre;
  - o značajkama i veličini utjecajnog područja (područja reprezentativnosti) svake mjerne postaje te
  - o korištenju zemljišta i zabilježenim pritiscima u utjecajnom području svake mjerne postaje.

Da bi određena mjerna postaja bila reprezentativna kao točka monitoringa u okviru nekoga programa monitoringa, utjecajno područje te mjerne postaje mora obuhvaćati relevantni pritisak ili uključivati neki značajni prijamnik (ekosustav ili crpilište/izvorište). Mreža mjernih postaja u okviru nekoga programa monitoringa mora omogućiti procjenu utjecaja svih relevantnih pritisaka na značajne prijarnike. Pritom je važno napomenuti da mjerna postaja u okviru programa monitoringa ne smije odražavati (isključivo) utjecaj lokaliziranih pritisaka, koji ne ugrožavaju postizanje okolišnih ciljeva definiranih ODV-om.

U okviru programa monitoringa za ocjenu kemijskoga stanja i procjenu rizika, potrebno je uključiti dovoljan broj mjernih postaja kojima će se pratiti utjecaj pojedinačnih točkastih izvora onečišćenja na značajne ekosustave ili crpilišta/izvorišta. Za praćenje utjecaja

raspršenih izvora onečišćenja, potrebno je uzeti u obzir mjerne postaje koje su reprezentativne za veću površinu (imaju veće utjecajno područje). Pritom je potrebno uzeti u obzir sve relevantne lokacije zdenaca na kojima je prosječna količina crpljenja veća od 100 m<sup>3</sup>/dan, kako bi se smanjila potreba za većim brojem mjernih postaja. Ukoliko se za praćenje raspršenih izvora onečišćenja koriste piezometri kao mjerne postaje, potrebno je predvidjeti veći broj piezometara, koji će skupno imati veće utjecajno područje. Preporuka iz UKTAG vodiča je da se u vodonosnicima, koji su općenito slabe ili umjerene propusnosti, kao mjerna postaja u okviru programa monitoringa za praćenje raspršenih izvora onečišćenja koristi izvor ili zdenac većega kapaciteta, a ukoliko su podzemne vode i površinske vode u hidrauličkoj vezi, tada je moguće definirati mjernu postaju u zoni međudjelovanja podzemne i površinske vode (primjerice hiporeičnoj zoni).

U okviru programa monitoringa za ocjenu količinskoga stanja, reprezentativna mjerna postaja (piezometar) ne bi trebala biti u neposrednom utjecaju zdenca iz kojega se crpi podzemna voda, odnosno morala bi biti izvan područja konusa depresije uzrokovanoga crpljenjem podzemne vode.

Prilikom razmatranja reprezentativnosti mjernih postaja za praćenje kemijskoga ili količinskoga stanja u grupiranim tijelima podzemne vode, potrebno je voditi računa da mjerne postaje moraju omogućiti pouzdanu procjenu rizika i ocjenu stanja, kao i potvrđivanje statistički značajnih uzlaznih trendova, za svako osnovno tijelo. Pritom, mjerne postaje ne moraju biti fizički locirane u svakom osnovnom tijelu podzemne vode, međutim, raspodjela mjernih postaja mora biti takva da omogućuje ocjenu količinskoga i kemijskog stanja i procjenu rizika te postizanje ciljeva za zaštićena područja za pitke vode u svim osnovnim vodnim tijelima. U grupiranim tijelima podzemne vode, koje su u riziku, mjerne postaje treba odabrati tako da se nalaze u najosjetljivijim osnovnim vodnim tijelima, koje imaju najveću prirodnu osjetljivost ili ranjivost i koje su izložene značajnim pritiscima.

Kvaliteta podataka iz različitih programa monitoringa postiže se kombinacijom sljedećih čimbenika:

- korištenjem minimalnoga broja mjernih postaja kojima se postiže agregiranje podataka i određivanje srednje vrijednosti parametara za ocjenu stanja i procjenu značajnih i stalnih uzlaznih trendova na razini tijela (grupe tijela) podzemne vode;
- analiziranjem uzoraka u akreditiranim laboratorijima i

- korištenjem odgovarajućih procedura za osiguranje kvalitete i kontrolu kvalitete podataka (QA/QC procedure).

Kontrola kvalitete podataka može se vršiti i određivanjem intervala pouzdanosti srednje vrijednosti uzorka (uobičajeno se određuje 95% interval pouzdanosti). Time se određuje intervalna vrijednost srednje vrijednosti (uzorka) u okviru koje je 95% vjerojatnost pojavljivanja prave (populacijske) srednje vrijednosti određenoga parametra.

#### Program nadzornoga monitoringa kemijskoga stanja

Program nadzornoga motrenja provodi se u tijelima (grupama tijela) podzemnih voda bez obzira na rizik. Odabir lokacija mjernih postaja te parametara i učestalosti motrenja mora biti takav da omogućuje:

- dopunu i vrednovanje procjene rizika za svako tijelo (grupu tijela) podzemne vode;
- ocjenu stanja za tijela (grupe tijela) podzemne vode koje nisu u riziku te
- procjenu dugotrajnih trendova relevantnih parametara (koji nastaju kao posljedica prirodnih uvjeta i/ili antropogenih utjecaja).

U program nadzornoga monitoringa potrebno je uključiti one mjerne postaje koje imaju veliku reprezentativnost (veliko utjecajno područje), primjerice zdence crpilišta ili relevantna izvorišta većih izdašnosti. S obzirom da su zdenci i izvorišta za javnu vodoopskrbu najčešće locirani u područjima gdje su podzemne vode dobre kakvoće i gdje je utjecaj antropogenih pritisaka najmanji, oni ne mogu dati cjelovitu informaciju o kakvoći podzemne vode u tijelu (grupi tijela) podzemne vode. Zbog navedenoga, reprezentativna mreža mjernih postaja trebala bi se temeljiti na kombinaciji zdenaca i/ili izvorišta namijenjenih za javnu vodoopskrbu te piezometara, koji će biti reprezentativni za različite hidrogeološke uvjete i pritiske u tijelu (grupi tijela) podzemne vode.

U grupi tijela podzemne vode, koja nije u riziku i za koju je utvrđena niska razina pouzdanosti procjene rizika, broj mjernih postaja mora biti dovoljan da odražava raznolikost identificiranih pritisaka iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja, kao i hidrogeološke značajke u svim osnovnim tijelima podzemne vode. U pravilu, program nadzornoga monitoringa bi se trebao provoditi na minimalno tri mjerne postaje, locirane u najreprezentativnijem osnovnom tijelu unutar grupe tijela podzemne vode, te na minimalno jednoj mjernoj postaji u preostalim osnovnim tijelima podzemne vode. U grupi tijela podzemne vode koja nije u riziku i za koju je utvrđena visoka razina pouzdanosti procjene



rizika, program nadzornoga monitoringa nije potrebno provoditi u svakom osnovnom vodnom tijelu. S obzirom da se podaci iz nadzornoga monitoringa često koriste za utvrđivanje pozadinskih vrijednosti i određivanje dugotrajnih trendova relevantnih parametara, preporuka UKTAG vodiča je da se u svim takvim slučajevima program monitoringa provodi na barem četiri mjerne postaje, locirane u osnovnim vodnim tijelima sa sličnim hidrogeološkim značajkama (homogena područja) unutar promatrane grupe tijela podzemne vode.

U tijelu (grupi tijela) podzemne vode koja jest u riziku, potrebno je postići što veći stupanj preklapanja nadzornoga i operativnog monitoringa. Drugim riječima, preporuka (UKTAG vodiča) jest da se što veći broj mjernih postaja koristi za potrebe provedbe operativnoga i nadzornog monitoringa kemijskoga stanja.

U tijelu (grupi tijela) podzemne vode koje graniče sa susjednim državama članicama EU (ili obuhvaćaju dio teritorija susjedne države), u program nadzornoga monitoringa potrebno je uključiti jednu ili više mjernih postaja koje će omogućiti odgovarajuću karakterizaciju kakvoće podzemne vode u pograničnom području.

U okviru programa nadzornoga monitoringa potrebno je pratiti glavne parametre navedene u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode i dopunama Direktive za podzemne vode: nitrate, aktivne tvari u pesticidima, nitrite, arsen, kadmij, olovo, živu, amonij, kloride, sulfate, ukupni fosfor/ortofosfate, trikloreten, tetrakloreten, vodljivost te parametre: otopljeni kisik, pH i temperaturu vode. Lista glavnih parametara može se dopuniti s dopunskim parametrima, koji mogu ukazivati na mogući utjecaj pritisaka određenih tijekom procesa karakterizacije i procjene rizika, naročito u slučajevima kada je procjena rizika provedena s niskom razinom pouzdanosti. Listu parametara moguće je dopuniti i s anorganskim parametrima kojima se omogućuje provjera kvalitete podataka (primjerice glavnim kationima i anionima za provjeru elektroneutralnosti), te s parametrima koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka, u cilju određivanja njihovih pozadinskih vrijednosti i karakterizacije dugotrajnih trendova.

Učestalost provedbe programa nadzornoga monitoringa ovisi o konceptualnom modelu tijela (grupe tijela) podzemne vode. Minimalna učestalost provedbe nadzornoga monitoringa (za sve relevantne glavne i dopunske parametre) razlikuje se u razmatranim CIS i nacionalnim vodičima, ovisno o hidrogeološkim značajkama u tijelima podzemnih voda te o vrsti i intenzitetu pritisaka iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja. Uzimajući u obzir

preporuke iz CIS vodiča i konceptualne modele tijela (grupa tijela) podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske, preporuka za RH jest:

- minimalno jednom godišnje u poluzatvorenim ili zatvorenim vodonosnicima s međuzrnskom poroznosti;
- minimalno četiri puta godišnje (jednom kvartalno) u otvorenim vodonosnicima s međuzrnskom poroznosti;
- minimalno četiri puta godišnje (jednom kvartalno) u krškim vodonosnicima.

#### Program operativnoga monitoringa kemijskoga stanja

Program operativnoga motrenja provodi se u tijelima (grupama tijela) podzemnih voda koje su u riziku. Provodi se onoliko dugo vremena koliko je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u riziku. Odabir lokacija mjernih postaja te parametara i učestalosti motrenja mora biti takav da omogućuje:

- ocjenu kemijskoga stanja za tijela (grupe tijela) podzemne vode koje su u riziku;
- utvrđivanje prisutnosti dugotrajnih i stalnih uzlaznih trendova koncentracija onečišćivala te
- procjenu djelotvornosti programa mjera koje se provode u tijelima (grupama tijela) podzemnih voda koje su u lošem stanju i/ili u kojima su zabilježeni značajni i stalni uzlazni trendovi koncentracija onečišćivala.

U program operativnoga monitoringa potrebno je uključiti one mjerne postaje za koje je utvrđeno ili se pretpostavlja da su pod izravnim utjecajem značajnih izvora onečišćenja. Ukoliko je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u riziku zbog utjecaja pritisaka na značajne prijamnike (ekosustave ili crpilišta/izvorišta), tada se motrenje tih utjecaja provodi na mjernim točkama čija utjecajna područja obuhvaćaju relevantne prijamnike i pritiske. Ukoliko je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u riziku zbog utjecaja raspršenih izvora onečišćenja, tada se motrenje tih utjecaja provodi u onim dijelovima tijela (grupe tijela) podzemne vode koji su najosjetljiviji ili najranjiviji i u kojima su zabilježeni ili pretpostavljeni značajni pritisci iz plošnih izvora onečišćenja.

U tijelima (grupama tijela) podzemne vode, koje obuhvaćaju vodonosnike znatnih debljina ili vodonosne sustave koji se sastoje od više značajnih vodonosnika, motrenje parametara je moguće provoditi na različitim dubinama u vodonosniku ili vodonosnom sustavu, u cilju što pouzdanije ocjene stanja te što efikasnije ocjene učinkovitosti provedbe

mjera. Određivanje dubina na kojima se predviđa motrenje stanja podzemne vode ovisi o konceptualnom modelu tijela (grupe tijela) podzemne vode.

Prilikom odabira reprezentativnih mjernih postaja u okviru operativnoga monitoringa, potrebno je uzeti u obzir:

- lokacije mjernih postaja u okviru programa monitoringa površinskih voda (u onim tijelima površinskih voda u kojima su površinske vode u hidrauličkoj vezi s podzemnim vodama i za koje je dokazano da su u riziku zbog značajnoga doprinosa podzemnih voda);
- lokacije mjernih postaja koje mogu doprinijeti postizanju ciljeva za zaštićena područja te
- lokacije mjernih postaja koje se istovremeno mogu koristiti za motrenje količinskoga i kemijskog stanja (primjerice izvori u kršu).

U okviru programa operativnoga monitoringa potrebno je pratiti glavne parametre navedene u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode i dopunama Direktive za podzemne vode: nitrata, aktivne tvari u pesticidima, nitrite, arsen, kadmij, olovo, živu, amonij, kloride, sulfate, ukupni fosfor/ortofosfate, trikloreten, tetrakloreten, vodljivost te parametre: otopljeni kisik, pH i temperaturu vode. Listu glavnih parametara potrebno je dopuniti sa svim dopunskim parametrima, koji doprinose ili potencijalno doprinose da je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u riziku. Odabir dopunskih parametara potrebno je provesti za svako tijelo (grupu tijela) podzemne vode. Prilikom odabira dopunskih parametara mogu se uzeti u obzir rezultati kemijskih analiza, informacije i podaci o pritiscima (izvorima onečišćenja), kao i postojeće karte korištenja zemljišta.

Učestalost provedbe programa operativnoga monitoringa ovisi o konceptualnom modelu tijela (grupe tijela) podzemne vode. Minimalna učestalost provedbe operativnoga monitoringa (za sve relevantne glavne i dopunske parametre) razlikuje se u razmatranim CIS i nacionalnim vodičima, ovisno o hidrogeološkim značajkama u tijelima podzemnih voda te o vrsti i intenzitetu pritisaka iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja. Uzimajući u obzir preporuke iz CIS vodiča i konceptualne modele tijela (grupa tijela) podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske, preporuka za RH jest da minimalna učestalost provedbe operativnoga monitoringa (za sve relevantne glavne i dopunske parametre) bude identična učestalosti provedbe programa nadzornoga monitoringa. U pojedinim slučajevima, učestalost motrenja može se povećati i to ukoliko je mjerna postaja locirana nizvodno od poznatog izvora

onečišćenja ili ukoliko postoje pokazatelji naglih promjena koncentracija parametara u određenim razdobljima tijekom godine. Ukoliko se stanje nekoga tijela (grupe tijela) podzemne vode značajno popravilo tijekom prethodnoga planskoga ciklusa (plana upravljanja vodnim područjima), tada je moguće smanjiti učestalost motrenja.

#### Monitoring za praćenje ciljeva za zaštićena područja za pitke vode (DWPA)

Programi nadzornoga i operativnog monitoringa kemijskoga stanja moraju sadržavati mjerne postaje kojima će se pratiti postizanje ciljeva za zaštićena područja za pitke vode (DWPA). Navedene mjerne postaje moraju biti uspostavljene u svim tijelima (grupama tijela) podzemne vode u kojima se (kumulativno) zahvaća više od 100 m<sup>3</sup> vode dnevno. Na mjernim postajama, koje su u pravilu reprezentativni zdenci crpilišta ili izvori u sustavu javne vodoopskrbe, potrebno je pratiti kakvoću sirove vode.

Motrenje kakvoće sirove vode u okviru programa nadzornoga i operativnog monitoringa provodi se u svim tijelima (grupama tijela) podzemne vode, bez obzira na rizik. Ukoliko je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u riziku, kakvoću sirove vode potrebno je pratiti u okviru programa operativnoga monitoringa, u pravilu, na svim crpilištima i/ili izvorištima u sustavu javne vodoopskrbe koja se nalaze u tom tijelu (grupi tijela) podzemne vode. Iznimno od ovoga pravila, ukoliko je postupak provedbe procjene rizika proveden s visokom razinom pouzdanosti, tada je moguće pratiti kakvoću sirove vode samo na crpilištima i/ili izvorištima koja su neposredno izložena pritiscima od antropogenih aktivnosti.

Ukoliko tijelo (grupa tijela) podzemne vode nije u riziku, kakvoću sirove vode potrebno je pratiti u okviru programa nadzornoga monitoringa, u pravilu, samo na reprezentativnim crpilištima i/ili izvorištima u sustavu javne vodoopskrbe. Preporuka UKTAG vodiča je da se motrenje kakvoće sirove vode na crpilištima i/ili izvorištima provodi u svakom osnovnom tijelu podzemne vode (unutar neke grupe tijela podzemne vode).

U okviru programa monitoringa za praćenje ciljeva za zaštićena područja za pitke vode potrebno je pratiti: glavne parametre (definirane zahtjevima nadzornoga i operativnog monitoringa kemijskoga stanja), dopunske parametre koji su opći pokazatelji industrijskih i urbanih aktivnosti, anorganske parametre kojima se omogućuje provjera kvalitete podataka (primjerice glavne katione i anione za provjeru elektroneutralnosti) te parametre koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka u cilju određivanja pozadinskih vrijednosti i

karakterizacije dugotrajnih trendova. Minimalna učestalost provedbe monitoringa kakvoće sirove vode jest četiri puta godišnje.

#### Program nadzornoga monitoringa količinskoga stanja

Program monitoringa količinskoga stanja mora omogućiti procjenu obnovljivih zaliha podzemne vode i izračun bilance voda te utvrđivanje stupnja međudjelovanja između podzemnih i površinskih voda i/ili kopnenih ekosustava. Motrenje količinskoga stanja potrebno je provoditi u svim tijelima (grupama tijela) podzemnih voda, neovisno jesu li u riziku ili ne, u cilju izrade što pouzdanijega konceptualnog modela grupa tijela podzemnih voda.

Ukoliko se monitoring provodi u grupi tijela podzemne vode koja nije u riziku, mjerne postaje moraju biti zastupljene, prije svega, u osnovnim tijelima koje su hidrogeološki reprezentativne za grupu tijela podzemne vode, ovisno o konceptualnom modelu. Za grupu tijela podzemne vode koja jest u riziku, mjerne postaje su obavezno zastupljene u svim osnovnim vodnim tijelima unutar te grupe tijela, a njihova raspodjela unutar osnovnih tijela podzemne vode mora omogućiti provedbu svih relevantnih testova za ocjenu stanja, kao i za procjenu rizika.

U tijelu (grupi tijela) podzemne vode, koja graniči sa susjednim državama članicama EU (ili obuhvaća dio teritorija susjedne države), u program nadzornoga monitoringa količinskog stanja potrebno je uključiti jednu ili više mjernih postaja koje će omogućiti procjenu smjera i brzine tečenja podzemnih voda u pograničnom području.

U okviru programa nadzornoga monitoringa količinskoga stanja moguće je pratiti: razine podzemnih voda, kapacitete (izdašnosti) izvora, protoke i razine vode u vodotocima te razine vode u jezerima i močvarama (ekosustavima ovisnim o podzemnim vodama). Ovisno o konceptualnom modelu tijela (grupe tijela) podzemnih voda i o pritiscima koji mogu utjecati na rizik i količinsko stanje, dodatni parametri koji se mogu koristiti za potrebe monitoringa količinskoga stanja su: pokazatelji (kemijski parametri) prodora slane vode ili drugih prirodnih prodora vode, oborine i temperatura te količine crpljenja podzemnih voda na crpilištima.

U tijelu (grupi tijela) podzemne vode, u kojoj prevladavaju stijene slabe propusnosti, kao i u krškim vodonosnicima, preporuka UKTAG vodiča je da se za potrebe motrenja količinskog stanja, u pravilu, koriste mjerenja izdašnosti izvora, a u manjoj mjeri mjerenja razina podzemnih voda u piezometrima, i to isključivo u onima koji imaju značajno utjecajno područje (područje reprezentativnosti).

Praćenje količinskoga stanja moguće je provoditi u regionalnom i lokalnom mjerilu. U regionalnom mjerilu provodi se ocjena količinskoga stanja tijela podzemne vode, temeljem praćenja razina i/ili količina zahvaćene podzemne vode, u cilju provedbe *Testa bilance voda*. Za provedbu testova: *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode, Površinska voda i Kopneni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama*, ocjena količinskoga stanja tijela podzemne vode provodi se temeljem pokazatelja koji upućuju na prodor slane vode (ili druge prirodne prodore voda) zbog pretjeranog crpljenja podzemnih voda, kao i temeljem pokazatelja koji ukazuju na moguće antropogene utjecaje na značajne ekosustave.

Učestalost provedbe programa nadzornoga monitoringa količinskoga stanja ovisi o konceptualnom modelu tijela podzemne vode. U tijelima (grupama tijela) podzemne vode u kojima su prisutne značajne promjene razina podzemnih voda i/ili izdašnosti izvorišta tijekom vremena (hidrološke godine), učestalost motrenja može biti veća u odnosu na tijela (grupe tijela) podzemne vode u kojima prevladavaju duboki vodonosnici, u kojima su te promjene neznatne. Minimalna učestalost provedbe nadzornoga monitoringa količinskoga stanja razlikuje se u razmatranim CIS i nacionalnim vodičima, ovisno o hidrogeološkim značajkama u tijelima podzemnih voda. Uzimajući u obzir preporuke iz CIS vodiča i konceptualne modele grupa tijela podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske, preporuka za RH jest:

- minimalno jednom dnevno motrenje izdašnosti izvora u tijelima (grupama tijela) podzemne vode u krškim vodonosnicima;
- minimalno dva puta tjedno motrenje razina podzemnih voda u tijelima (grupama tijela) podzemnih voda u vodonosnicima s međuzrnskom poroznošću, u kojima se javljaju brze promjene razina podzemnih voda u vremenu;
- minimalno jednom do dva puta mjesečno motrenje razina podzemnih voda u tijelima (grupama tijela) podzemnih voda u dubokim vodonosnicima, s malim (prigušenim) promjenama razina podzemnih voda u vremenu te
- kontinuirano motrenje razina podzemne vode (limnigraf) na što većem broju mjernih postaja (ovisno o konceptualnom modelu) u tijelu (grupi tijela) podzemne vode u riziku ili u lošem količinskom stanju.

## 5.2. Stanje postojećih monitoringa

### 5.2.1. Metodologija

Analizirana su tri postojeća monitoringa obzirom na usklađenost zahtjevima EU direktiva i u odnosu na konceptualne modele tijela podzemnih voda. Ovi monitorinzi su ujedno predstavljali ulazne podatke za prijedlog novih monitoringa. To su:

1. Nacionalni monitoring kakvoće (Hrvatske vode)
2. Monitoring sirove vode (HZJZ)
3. Monitoring razina podzemne vode (Hrvatske vode)

**Nacionalni monitoring kakvoće** je monitoring praćenja kemijskog stanja podzemnih voda, nastao kao posljedica usklađenja s Okvirnom direktivom o vodama (ODV) Europske Unije, i propisan u Zakonu o vodama. Kako bi se moglo odrediti stanje voda propisano Zakonom o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14) i Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 73/13, 151/14), definirani su standardi kakvoće voda za podzemne vode. Prva sustavna praćenja kakvoće podzemnih voda kaptiranih izvorišta na području krša započeta su osamdesetih godina prošloga stoljeća. Nakon toga, 2000. godine uspostavljen je sustavni monitoring podzemnih voda na priljevnim područjima vodocrpilišta grada Zagreba, a 2006. i sustavni monitoring podzemnih voda na nacionalnoj razini. Sustavna praćenja provode se u svrhu utvrđivanja kemijskog stanja voda, dugoročnih promjena prirodnih uvjeta, promjena uzrokovanih intenzivnim ljudskim aktivnostima i promjena uslijed provođenja mjera na područjima za koja je utvrđeno da ne ispunjavaju uvjete za dobro stanje.

Plan praćenja stanja voda u Republici Hrvatskoj izrađuje se u Hrvatskim vodama. Posljednje ispitivanje je provedeno 2014. godine, putem devet laboratorija osposobljenih za uzorkovanje i ispitivanje voda. Na mjernim postajama ispituju se osnovni pokazatelji (otopljeni kisik, pH vrijednost, alkalitet, temperatura vode), pokazatelji za koje su propisane vrijednosti standarda kakvoće podzemnih voda (nitrati i aktivne tvari u pesticidima) te specifične onečišćujuće tvari (arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, ortofosfati, suma trikloetena i tetrakloetena i el. vodljivost). Dodatno se prate još ostali metali (željezo, mangan, bakar, cink, krom i nikal), ostali organski spojevi i pokazatelji režima kisika (KPK-Mn, TOC) te mikrobiološki pokazatelji. Kemijsko stanje podzemnih voda svrstava se u dvije kategorije: dobro i loše (Čupić et al., 2016).

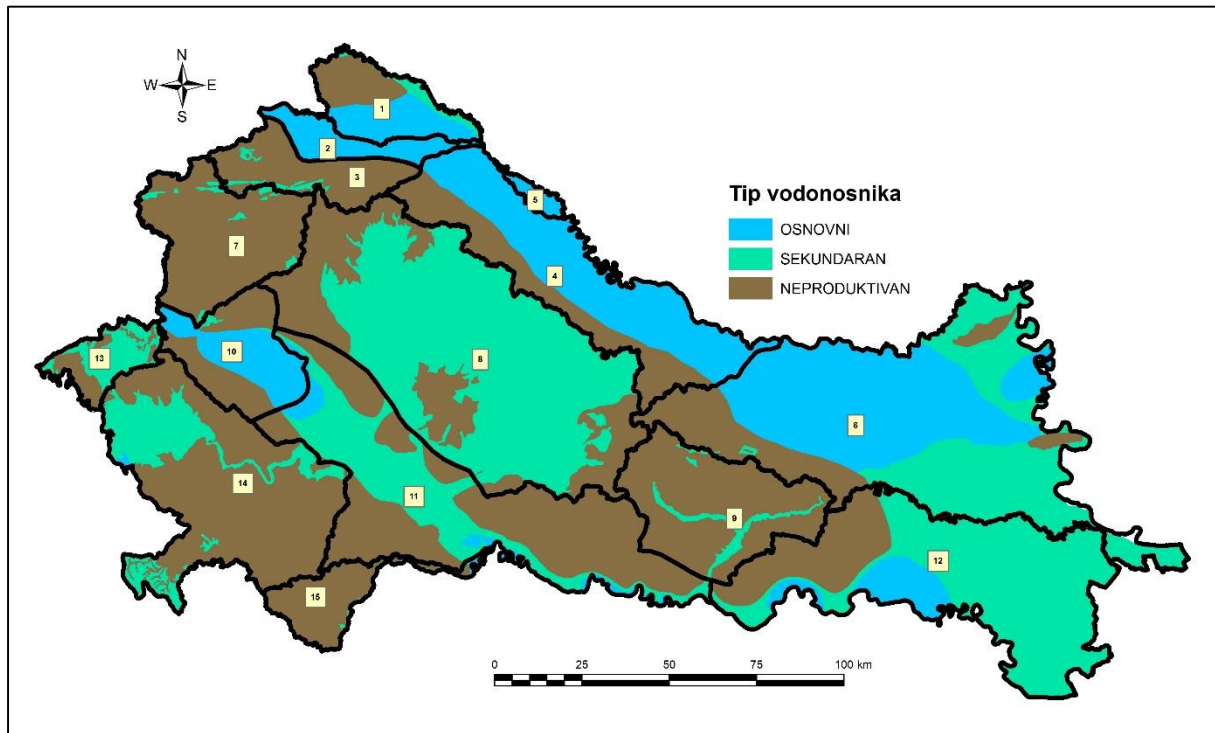
**Monitoring sirove vode** se provodi od 2009. godine, a prema novom Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analiza vode za ljudsku potrošnju, od 2014. godine. Podaci za 2014. godinu nalaze se u Bazi podataka Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo i Hrvatskih voda i moguće ih je koristiti, kako za potrebe izvješćivanja Europske komisije, tako i za sve druge potrebe u ovisnosti o ovlastima tražitelja. S obzirom da se sirova voda uglavnom ne distribuira potrošačima bez prethodne obrade i/ili bar dezinfekcije postavljalo se pitanje svrhe praćenja kvalitete sirove vode. Uz monitoring vode za piće u distribucijskoj mreži, monitoring izvorišta vode namijenjenih javnoj vodoopskrbi pokrenut je, između ostalog, s ciljem dobivanja odgovora na pitanja kakvom sirovom vodom raspolažemo i koje tehnološke postupke je potrebno uvesti za osiguranje zdravstveno ispravne vode za piće u Hrvatskoj. Nadalje, monitoring sirove vode na izvorištu gdje je onečišćenje češće prisutno doprinosi razumijevanju izvora onečišćenja i varijabilnosti u kvaliteti vode. Bez poznavanja i razumijevanja što se događa s vodom na izvorištu i u slivnom području nema učinkovitog upravljanja rizicima u vodoopskrbnom sustavu (Nakić & Dadić, 2015).

**Monitoring razina podzemne vode** (monitoring količinskog stanja) obuhvaća standardna hidrološka praćenja na svim izvorima vodoopskrbnih sustava i izvorima koja se koriste za druge namjene uz evidenciju eksploatiranih količina voda. Motrenje razina podzemnih voda u panonskom dijelu Hrvatske provodi se u okviru nacionalne mreže motrenja od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda Hrvatske, za potrebe Hrvatskih voda. Motrenje je uspostavljeno na više stotina piezometara u dolinama rijeka Drave i Save. Veliki broj piezometara izveden je za potrebe projektiranja i praćenja rada hidroelektrana planiranih i/ili izvedenih na ovim rijekama. Najveći broj ih je u zapadnom dijelu dravskog i savskog bazena. Organizirano motrenje nije uspostavljeno u savskom bazenu nizvodno od Siska, osim na području ekosustava Spačvanskog bazena. Također, podzemne vode se ne prate ni na brdovitim i brežuljkastim predjelima između dolina rijeke Drave i Save, Karlovačkom bazenu, te Žumberku i Samoborskom gorju.

Za analizu usklađenosti monitoringa podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske sa zahtjevima EU direktiva i u odnosu na konceptualne modele tijela podzemnih voda, korišteni su: kriteriji i smjernice definirani CIS i tehničkim vodičima (obrazloženi u poglavlju 5.1.), konceptualni modeli (grafički i atributni pokazatelji), prikazani u poglavlju 4, kao i karte, odnosno GIS slojevi:



a) Karta hidrogeološke produktivnosti grupiranih vodnih tijela (Brkić et al., 2009) (Slika 5.1)



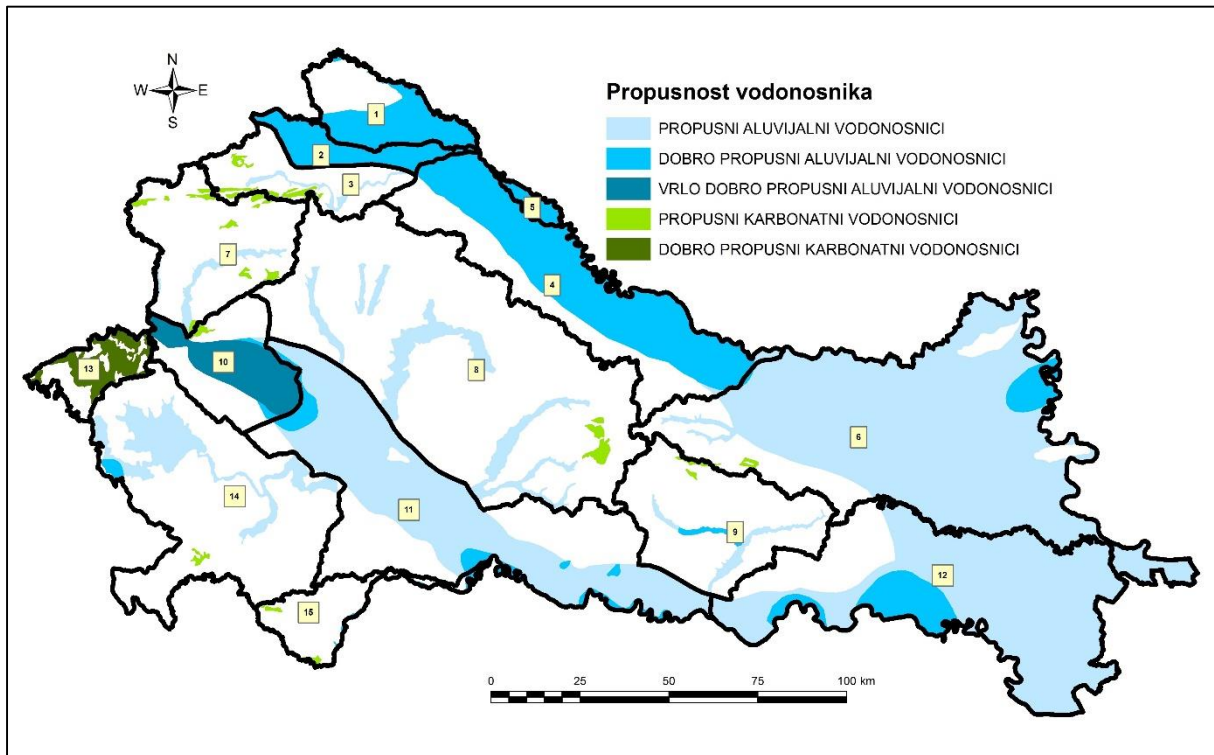
Slika 5.1. Prikaz hidrogeološke produktivnosti vodonosnika (Brkić et al., 2009)

Ova karta je bitna za razumijevanje prostornog rasporeda postojećih i predloženih monitoringa, posebice jer je RU indeks (indeks reprezentativnosti, koji pokazuje stupanj ravnomjernosti prostorne raspodjele mjernih postaja – definiran u: Grath J., Scheidleder A., Uhlig S., Weber K., Kralik M., Keimel T. & Gruber D. (2001): The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. Final Report) izračunat uvijek za čitavo grupirano vodno tijelo.

Vodna tijela, u kojima neproduktivni vodonosnici zauzimaju više od 70% površine/volumena vodnoga tijela su:

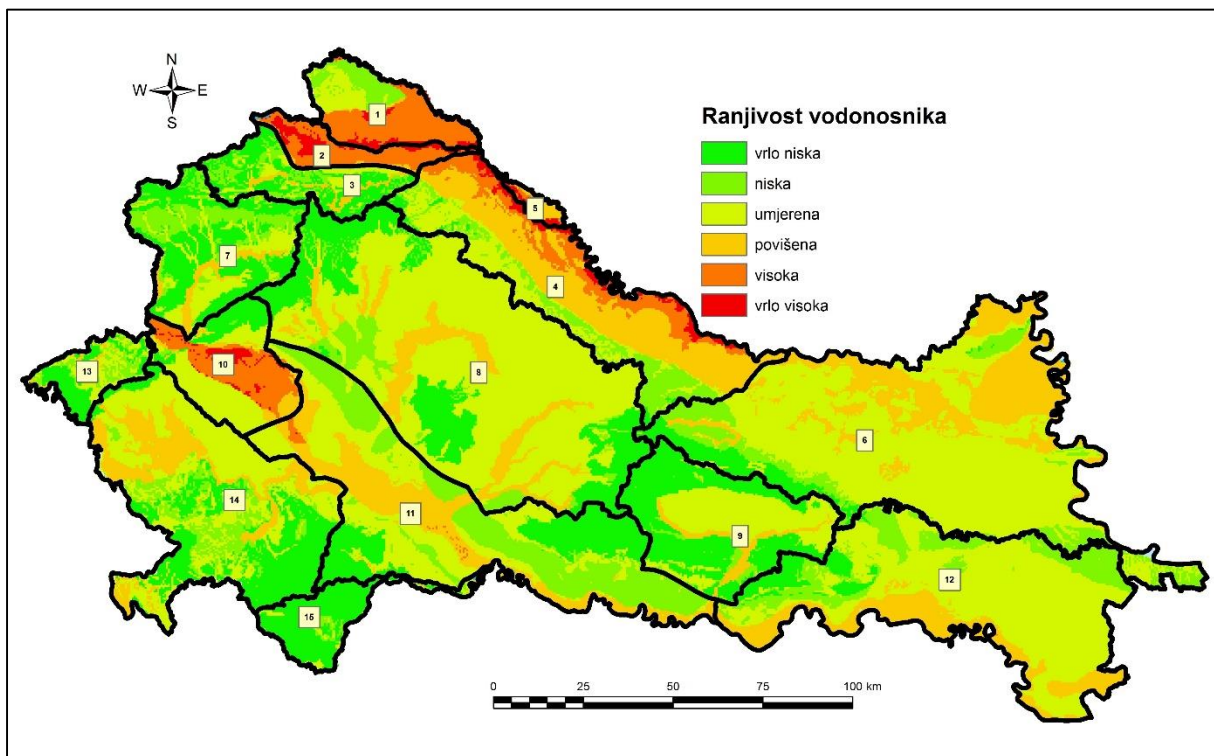
- Sliv Bednje,
- Sliv Sutle i Krapine,
- Sliv Orljave,
- Donji tok Kupe,
- Donji tok Une.

b) Karta propusnosti grupiranih vodnih tijela (Brkić et al., 2009) (Slika 5.2)



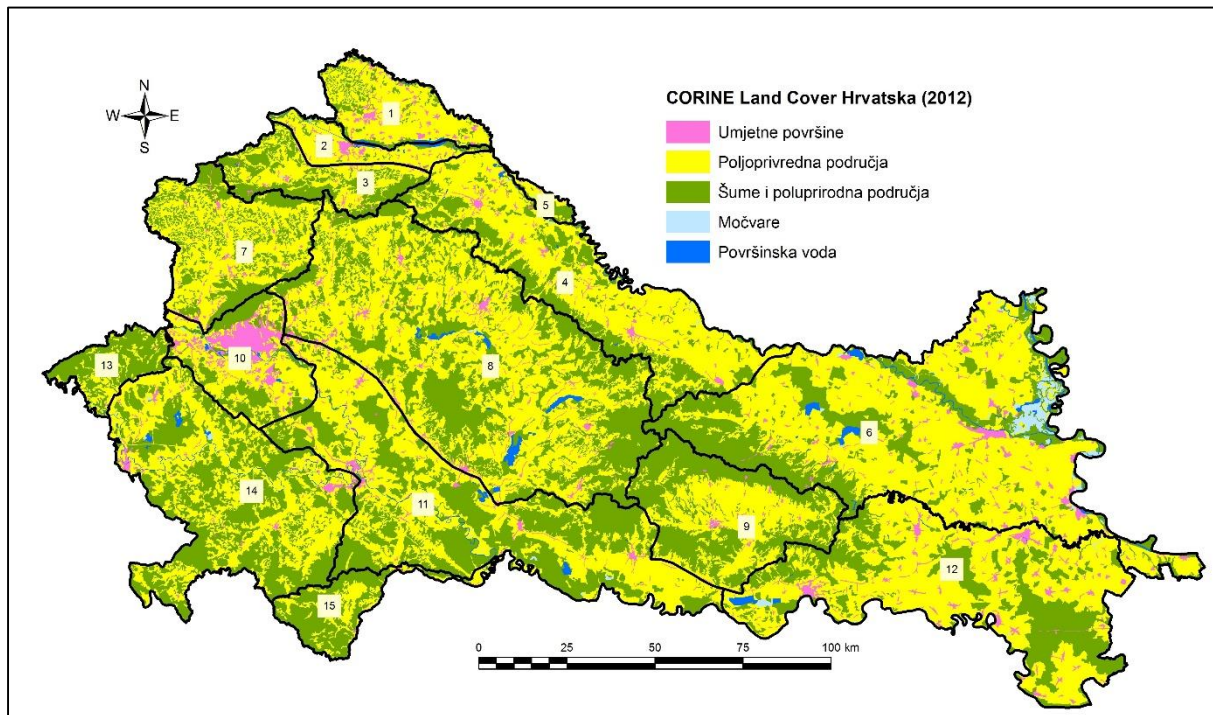
Slika 5.2. Karta propusnosti vodonosnika (Brkić et al., 2009)

c) Karta ranjivosti vodonosnika (Brkić et al., 2009) (Slika 5.3)



Slika 5.3. Karta ranjivosti vodonosnika (Brkić et al., 2009)

d) Karta zemljišnog pokrova i korištenja zemljišta (Corine Land Cover Hrvatska, 2012; AZO, 2013) (Slika 5.4)



Slika 5.4. Pokrov zemljišta i namjena korištenja (Corine, 2012; AZO, 2013)

### 5.2.2. Nacionalni monitoring kakvoće

Kod nacionalnoga monitoringa kakvoće, za 10 od 15 vodnih tijela, RU indeks je veći od 50%, što je zadovoljavajuće (Tablica 5.1). Treba uzeti u obzir da tamo gdje je RU indeks niži ili gdje nema objekata (pa se ne može indeks niti izračunati), vodno tijelo nema niti 30% površine u osnovnim i/ili sekundarnim vodonosnicima.

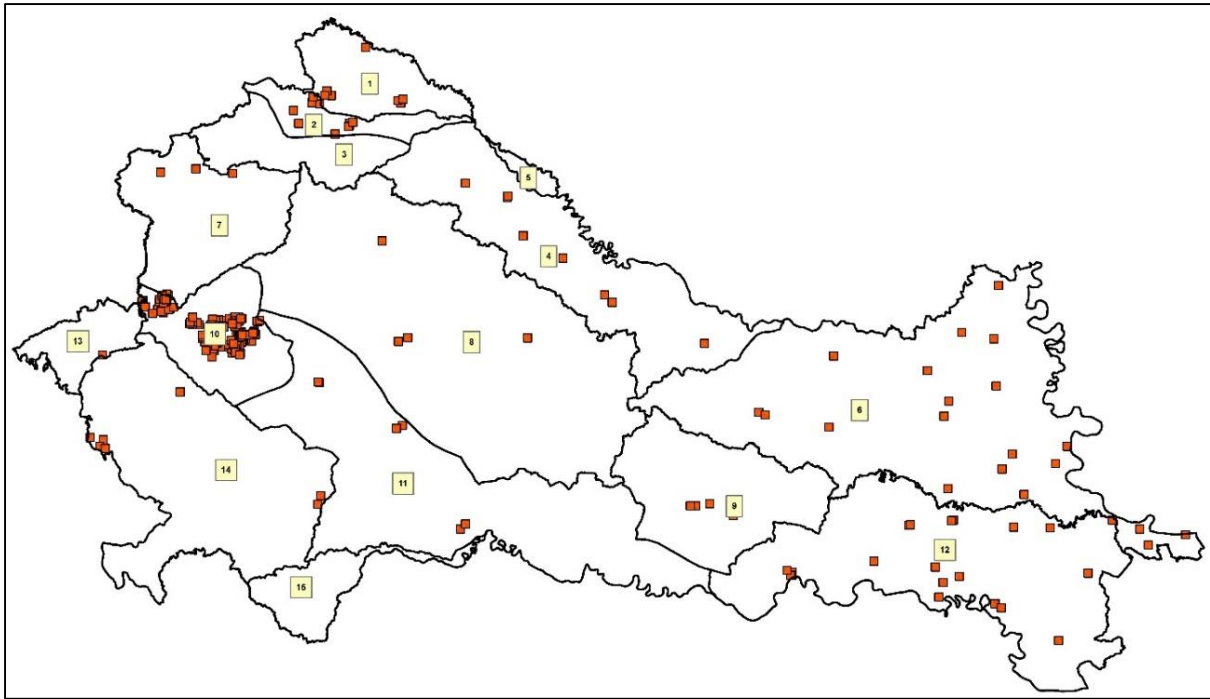
Mjerne postaje postoje u gotovo svim vodnim tijelima. Tri vodna tijela nemaju monitoring, jer nema adekvatnih postojećih mjernih postaja koji bi bili dio ovog monitoringa. Što se tiče karata ranjivosti i osjetljivosti, može se primijetiti da se 120 od 248 monitoring postaja nalazi u područjima povišene do vrlo visoke ranjivosti, kao i u područjima umjerenog do jako osjetljivog tla na propuštanje onečišćivača s površine poljoprivrednog zemljišta. Za ovu analizu izrađen je i poseban sloj „ranjivo i osjetljivo“ koji predstavlja površinu panonskog dijela RH, koji obuhvaća najranjivija i najosjetljivija područja.

Dubina bušenja je poznata za 130 od 248 mjernih postaja. Jedan interval ugradnje filtera je poznat za ukupno 166 mjernih postaja. 41 mjerna postaja ima dva poznata intervala ugradnje filtera, 8 mjernih postaja ima tri poznata intervala ugradnje filtera, 3 postaje imaju četiri intervala i konačno dvije mjerne postaje imaju pet intervala ugradnje filtera.

Početak opažanja kakvoće podzemnih voda u okviru monitoringa kakvoće je različit na pojedinim mjernim postajama i mijenja se od 2000. do 2012. godine. Na 122 mjerne postaje monitoring se provodi od 2000. godine. U 2006. godini u monitoring mrežu je uključena 51 mjerna postaja, a 2007. godine njih 36. Prestanak motrenja kakvoće podzemnih voda je zabilježen na 29 objekata u razdoblju od 2005. do 2011. godine (Slika 5.5).

Tablica 5.1. Nacionalni monitoring kakvoće u brojkama

Rbr	Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina grupe tijela podzemne vode (km <sup>2</sup> )	Ukupni broj piezometara iz nacionalnoga monitoringa kakvoće podzemne vode	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%)
1	CDGI_18	Međimurje	746,83	8	10,7	50,56
2	CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	11	27,4	29,58
3	CDGI_20	Sliv Bednje	724,92	-	-	-
4	CDGI_21	Legrad - Slatina	2.370,58	9	3,8	68,36
5	CDGI_22	Novo Virje	97,30	-	-	-
6	CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	5.010,97	21	4,2	66,85
7	CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	1.405,99	5	3,6	58,40
8	CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	5.188,11	4	0,8	72,63
9	CSGN_26	Sliv Orljave	1.575,64	4	2,5	57,57
10	CSGI_27	Zagreb	987,91	151	152,8	19,06
11	CSGI_28	Lekenik - Lužani	3.445,60	6	1,7	42,93
12	CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	3.329,40	21	6,3	61,70
13	CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	443,47	1	2,3	74,22
14	CSGI_31	Donji tok Kupe	2.871,41	7	2,4	44,48
15	CSGI_32	Donji tok Une	540,78	-	-	-
				248		



Slika 5.5. Prostorni raspored mjernih postaja iz Nacionalnog monitoringa kakvoće

Postojeći nacionalni monitoring kakvoće podzemne vode nije u cijelosti usklađen sa zahtjevima koji proizlaze iz EU direktiva, a naročito u odnosu na kriterije koji su definirani smjernicama iz CIS vodiča i tehničkih vodiča. Prije svega, potrebno je konstatirati da u okviru postojećega nacionalnoga monitoringa nisu razlikovani nadzorni i operativni monitoring kemijskoga stanja. Nadalje, nisu poznati kriteriji odabira postojećih lokacija mjernih postaja. Nije poznato niti to jesu li prilikom odabira mjernih postaja razmatrani konceptualni modeli tijela podzemnih voda, naročito regionalne i lokalne geološke i hidrogeološke značajke, intenzitet i veličina pritisaka od ljudskih aktivnosti te njihov mogući utjecaj na značajne ekosustave i/ili crpilišta/izvorišta u razmatranim tijelima podzemne vode. Uz navedeno, nije poznato jesu li uzeti u obzir specifični kriteriji iz CIS vodiča i tehničkih vodiča, koji se odnose na reprezentativnost mjernih postaja, kako u odnosu na broj mjernih postaja u pojedinim grupama ili osnovnim tijelima podzemnih voda, tako i u odnosu na RU indeks, koji je preduvjet za prostorno agregiranje podataka za ocjenu stanja i procjenu rizika te za utvrđivanje trendova na razini grupe tijela podzemne vode. Podaci u Tablici 5.1 pokazuju da kriterij reprezentativnosti mjernih postaja (izražen kroz RU indeks) nije zadovoljavajući u barem 30% grupa tijela podzemne vode. Primjerice, iako je u vodnom tijelu Zagreb broj mjernih postaja izuzetno velik, što se odražava i u izuzetnoj velikoj gustoći monitoring mreže na 1000 Km<sup>2</sup>, RU indeks je vrlo mali (19,06), što nije dobro i što svakako treba promijeniti. U odnosu na odabir

parametara i učestalost uzimanja uzoraka, rezultati ocjene stanja (temeljem nacionalnoga monitoringa) pokazali su da se na mjernim postajama prate glavni parametri navedeni u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode i dopunama Direktive za podzemne vode, međutim, nije poznato na koji način su utvrđeni dopunski parametri, koji mogu ukazivati na mogući utjecaj pritiska određenih tijekom procjene rizika, naročito u slučajevima kada je procjena rizika provedena s niskom razinom pouzdanosti. Uz navedeno, rezultati ocjene stanja i procjene rizika, prikazani u poglavljima 12 i 15, pokazuju da u pojedinim slučajevima učestalost uzimanja uzoraka nije bila zadovoljavajuća, radi čega nije bilo moguće provesti određene testove, odnosno pouzdanost dobivenih rezultata je bila niska.

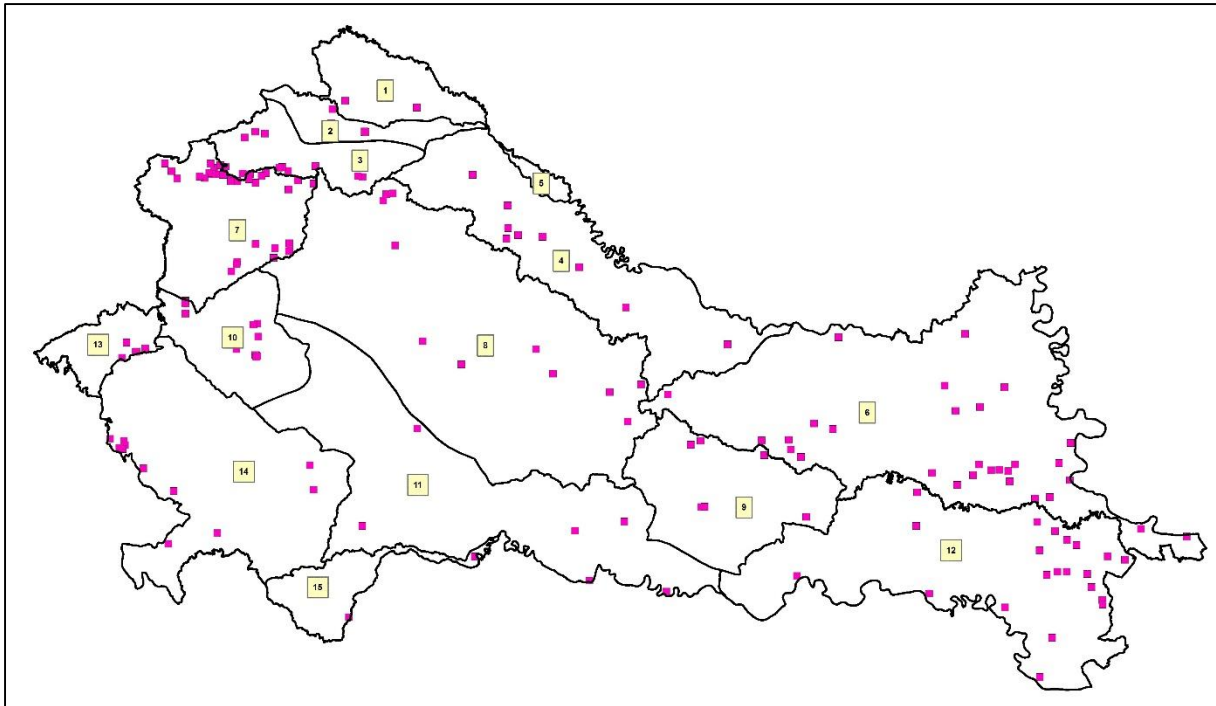
### 5.2.3. Monitoring sirove vode

Ukupan broj mjernih postaja, u grupama tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske na kojima se provodi monitoring kakvoće sirove vode, je 179. Mjernih postaja nema jedino u vodnom tijelu Novo Virje. Za samo 5 od 15 vodnih tijela, RU indeks je veći od 50%, što nije zadovoljavajuće (Tablica 5.2; Slika 5.6).

Tablica 5.2. Monitoring sirove vode

Rbr	Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina grupe tijela podzemne vode (km <sup>2</sup> )	Ukupan broj zdenaca/crpilišta i izvorišta iz monitoringa kakvoće sirove vode	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%)
1	CDGI_18	Međimurje	746,83	2	2,7	76,84
2	CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	10	24,9	24,69
3	CDGI_20	Sliv Bednje	724,92	11	15,2	57,84
4	CDGI_21	Legrad - Slatina	2.370,58	10	4,2	67,62
5	CDGI_22	Novo Virje	97,30	0	0	-
6	CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	5.010,97	29	5,8	57,80
7	CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	1.405,99	38	27,0	34,92
8	CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	5.188,11	11	2,1	60,85
9	CSGN_26	Sliv Orljave	1.575,64	6	3,8	67,83
10	CSGI_27	Zagreb	987,91	15	15,2	43,49
11	CSGI_28	Lekenik - Lužani	3.445,60	6	1,7	57,70
12	CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	3.329,40	22	6,6	55,69
13	CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	443,47	5	11,3	40,36
14	CSGI_31	Donji tok Kupe	2.871,41	12	4,2	53,94
15	CSGI_32	Donji tok Une	540,78	2	3,7	50,34
				179		

Kao što je već ranije navedeno, monitoring kakvoće sirove vode provodi se s ciljem dobivanja odgovora na pitanja kakva je kakvoća sirove vode na crpilištima i izvorištima i koje tehnološke postupke je potrebno uvesti za osiguranje zdravstveno ispravne vode za piće u Hrvatskoj. U tom smislu, ovaj monitoring služi kao dopuna nacionalnom monitoringu kakvoće podzemne vode prilikom ocjene kemijskoga stanja i procjene rizika. Činjenica jest da ovaj monitoring obuhvaća značajna crpilišta i izvorišta, međutim nije poznato jesu li u istu uključene sve reprezentativne lokacije zdenaca ili crpilišta u sustavu javne vodoopskrbe, sukladno zahtjevima monitoringa za praćenje ciljeva za zaštićena područja za pitke vode. Naime, potrebno je naglasiti da je temeljni cilj ovoga monitoringa osiguranje zdravstveno ispravne vode za piće, međutim, upravo radi zadovoljenja ciljeva za zaštićena područja za pitke vode, isti bi se morao provoditi i sa svrhom ocjene kemijskoga stanja i procjene rizika za tijela podzemne vode, u dijelu koji se odnosi na provedbu testa za zaštićena područja za pitke vode. S obzirom na navedeno, kakvoću sirove vode potrebno je pratiti u odnosu na specifične zahtjeve koji proizlaze iz CIS vodiča i tehničkih vodiča za nadzorni i operativni monitoring (opisano u poglavlju 5.1.), što trenutno nije slučaj. Osim toga, u cilju usporedbe i dopune podataka iz nacionalnoga monitoringa kakvoće podzemnih voda, potrebno je uskladiti učestalost praćenja pojedinih parametara kakvoće sirove vode s učestalosti praćenja parametara u okviru nacionalnoga monitoringa kakvoće podzemnih voda, što također trenutno nije slučaj. Naime, kao i u prethodnom slučaju (nacionalnoga monitoringa kakvoće) pokazalo se da, prilikom provedbe ocjene stanja i procjene rizika (poglavlja 12 i 15), učestalost uzimanja uzoraka u okviru ovoga monitoringa, u pojedinim slučajevima, nije bila zadovoljavajuća, radi čega nije bilo moguće provesti test za zaštićena područja za pitke vode, odnosno pouzdanost dobivenih rezultata je bila niska.



Slika 5.6. Prostorni raspored mjernih postaja iz Monitoringa kakvoće sirove vode

#### 5.2.4. Monitoring količinskoga stanja (razina) podzemne vode

Ukupan broj mjernih postaja (piezometara), u grupama tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske na kojima se provodi monitoring razina podzemnih voda, je 679 (Tablica 5.3, Slika 5.7). U tri vodna tijela ovaj monitoring nije uspostavljen. U samo četiri vodna tijela je RU indeks veći od 50%, što nije zadovoljavajuće.

Uvidom u ulazne podatke, uočeno je također i sljedeće:

Svi piezometri imaju poznatu kotu „0“, 603 objekta ima poznatu kotu terena, dok 403 piezometra ima poznatu kotu filtera. Svih 76 piezometara bez poznate kote terena nalaze se u dravskom slivu, gotovo svi se nalaze unutar grupa vodnih tijela Međimurje, Legrad-Slatina i Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava. 276 piezometara bez poznate kote filtera se nalazi u devet vodnih tijela, a najviše ih je grupama tijela podzemne vode Zagreb (90), Varaždin (49), Međimurje (45), Legrad-Slatina (40) i Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava. Piezometri s poznatom kotom filtera su na temelju toga i provjere na hidrogeološkom modelu, uvršteni u novi predloženi nadzorni monitoring količinskog stanja.

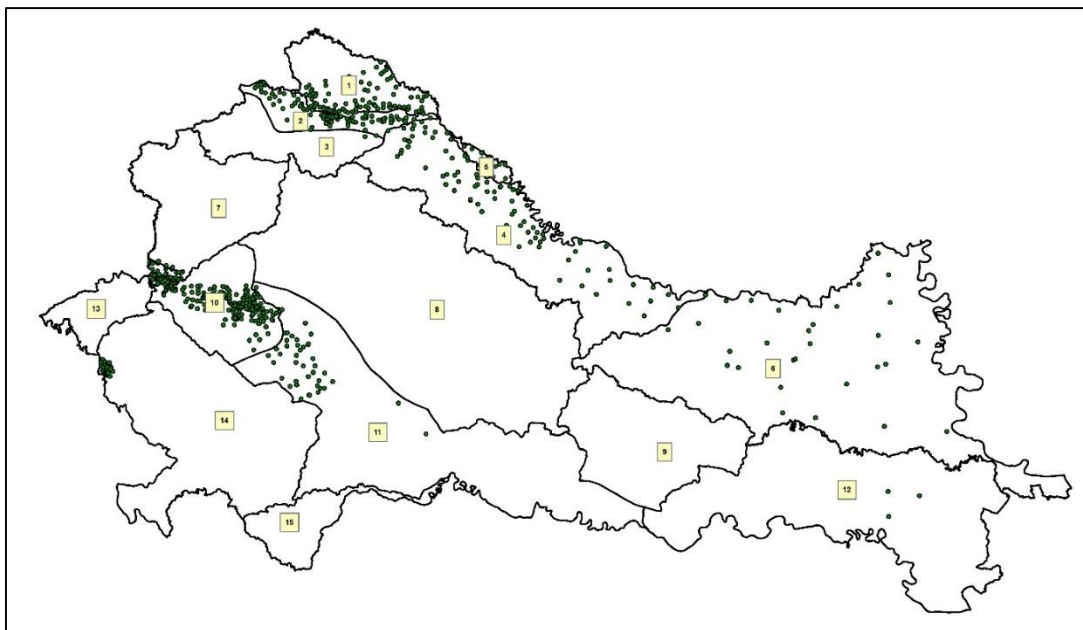
Drugi bitan podatak za mjerne postaje u ovom monitoringu je činjenica je li mjerna postaja limnigraf ili se mjerenje razine podzemne vode mjeri ručno na piezometrима.



Utvrđeno je da limnigrafa ima samo 96 (najviše u Zagrebu i Legrad-Slatini). Ti objekti su u većem broju uvršteni u predloženi monitoring količinskog stanja (u poglavlju 6).

Tablica 5.3. Monitoring razina podzemne vode

Rbr	Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina grupe tijela podzemne vode (km <sup>2</sup> )	Ukupni broj piezometara na kojima se mjeri razina podzemne vode	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%)
1	CDGI_18	Međimurje	746,83	88	117,8	31,30
2	CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	93	231,3	53,93
3	CDGI_20	Sliv Bednje	724,92	2	2,8	25,99
4	CDGI_21	Legrad - Slatina	2.370,58	86	36,3	49,09
5	CDGI_22	Novo Virje	97,30	15	154,2	73,62
6	CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	5.010,97	30	6,0	59,80
7	CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	1.405,99	8	5,7	19,75
8	CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	5.188,11	0	0	-
9	CSGN_26	Sliv Orljave	1.575,64	0	0	-
10	CSGI_27	Zagreb	987,91	282	285,5	22,37
11	CSGI_28	Lekenik - Lužani	3.445,60	47	13,6	16,12
12	CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	3.329,40	6	1,8	32,90
13	CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	443,47	0	0	-
14	CSGI_31	Donji tok Kupe	2.871,41	22	7,7	11,91
15	CSGI_32	Donji tok Une	540,78	0	0	-
				679		



Slika 5.7. Prostorni raspored mjernih postaja iz Monitoringa razina podzemne vode

Temeljem analize mjernih postaja u okviru monitoringa količinskoga stanja (razina podzemnih voda), pokazalo se da postojeći monitoring količinskoga stanja (razina podzemnih voda) nije u cijelosti usklađen sa zahtjevima koji proizlaze iz EU direktiva, a naročito u odnosu na kriterije koji su definirani smjernicama iz CIS vodiča i tehničkih vodiča. Prije svega, potrebno je konstatirati da u okviru postojećega monitoringa nisu poznati kriteriji odabira postojećih lokacija mjernih postaja. Nije poznato niti to jesu li prilikom odabira mjernih postaja razmatrani konceptualni modeli tijela podzemnih voda, naročito regionalne i lokalne geološke i hidrogeološke značajke, kao i utjecaj crpljenja podzemnih voda na mjerne postaje. Uz navedeno, nije poznato jesu li uzeti u obzir specifični kriteriji iz CIS vodiča i tehničkih vodiča, koji se odnose na reprezentativnost mjernih postaja, kako u odnosu na broj mjernih postaja u pojedinim grupama ili osnovnim tijelima podzemnih voda, tako i u odnosu na RU indeks, koji je preduvjet za prostorno agregiranje podataka za ocjenu količinskoga stanja i procjenu rizika te za utvrđivanje trendova na razini grupe tijela podzemne vode. Podaci u Tablici 5.3 pokazuju da kriterij reprezentativnosti mjernih postaja (izražen kroz RU indeks) nije zadovoljavajući u većini grupa tijela podzemne vode. Već je ranije spomenuto u tekstu da organizirano motrenje količinskoga stanja nije uspostavljeno u savskom bazenu nizvodno od Siska, osim na području ekosustava Spačvanskog bazena, niti na brdovitim i brežuljkastim predjelima između dolina rijeke Drave i Save, Karlovačkom bazenu, te Žumberku i Samoborskom gorju. Zbog navedenoga, rezultati analize trendova razina podzemnih voda, u okviru ocjene količinskoga stanja i procjene rizika, ponekad nisu bili pouzdani ili analize nije bilo moguće provesti (poglavlje 11).

6. Prijedlozi nadzornog i operativnog monitoringa kemijskog stanja i monitoringa količinskog stanja podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

## Sadržaj

6. Prijedlozi nadzornog i operativnog monitoringa kemijskog stanja i monitoringa količinskog stanja podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	6-1
6.1. Nadzorni monitoring količinskog stanja .....	6-2
6.2. Nadzorni monitoring kemijskog stanja .....	6-6
6.3. Operativni monitoring kemijskog stanja .....	6-9
6.4. Analiza sveukupnog kemijskog monitoringa .....	6-12

## 6. Prijedlozi nadzornog i operativnog monitoringa kemijskog stanja i monitoringa količinskog stanja podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

Za potrebe određivanja kemijskoga stanja tijela podzemnih voda (TPV) utvrđeni su programi nadzornoga i operativnoga motrenja. Za potrebe određivanja količinskoga stanja TPV utvrđen je program nadzornoga motrenja. Sukladno odredbama iz dodatka V.2 Okvirne direktive o vodama, programi motrenja podzemnih voda utvrđeni su na način da omogućuju: procjenu rizika te ocjenu kemijskoga i količinskoga stanja podzemnih voda, utvrđivanje prisutnosti dugotrajnih trendova koji su posljedica prirodnih značajki i utjecaja čovjeka, utvrđivanje značajnih i stalnih uzlaznih trendova koncentracija onečišćivala i njihovu promjenu, zadovoljenje ciljeva za zaštićena područja za pitke vode te motrenje ranjivih zona za nitrata, sukladno zahtjevima Direktive o zaštiti voda od onečišćenja izazvanih nitratima poljoprivrednoga podrijetla (Nitratne direktive, 91/676/EEC).

Prilikom definiranja lokacija, parametara i učestalosti motrenja podzemnih voda u obzir su uzete regionalne i lokalne značajke svakog tijela podzemne vode, u okviru konceptualnih modela. U regionalnom mjerilu, u obzir su uzete značajke tijela podzemne vode (geološke i hidrogeološke značajke), kao i stvarni ili potencijalni utjecaj pritisaka na podzemne vode. U lokalnom mjerilu, u obzir su uzeti podaci o lokalnim geološkim i hidrogeološkim uvjetima, uključujući znanja o: lokalnim uvjetima tečenja podzemnih voda, veličini utjecajnog područja (područja reprezentativnosti) svake mjerne postaje te korištenju zemljišta i značajnim pritiscima u utjecajnom području svake mjerne postaje.

Osim ulaznih podataka tri postojeća monitoringa (Nacionalnoga monitoringa kakvoće, Monitoringa kakvoće sirove vode te Monitoringa razina podzemnih voda) te nekih kombiniranih slojeva, u izradi prijedloga monitoringa korišteni su još:

- GIS slojevi s podacima o raspršenim zagađivačima (Agronomski fakultet, 2014).
- GIS slojevi s podacima o točkastim zagađivačima (AZO, 2015).
- Hidrogeološki GIS sloj s podacima o vodonosnim slojevima osnovnih vodnih cjelina (osnovni, sekundarni, neproduktivni) (Brkić et al., 2009).

- CORINE sloj iz 2012. godine (AZO, 2013).
- Ranjivost vodonosnika (Brkić et al., 2009).
- Osjetljivost tla na propuštanje onečišćivača s površine poljoprivrednog zemljišta (Agronomski fakultet, 2014).
- Ranjivost i osjetljivost, područja samo najviše kategorije.
- Konceptualni hidrogeološki modeli s kartama i profilima vodnih cjelina.
- GIS slojevi s podacima o količinskom i kemijskom stanju grupa vodnih cjelina.
- GIS slojevi s podacima o postizanju rizika dobrog količinskog i kemijskog stanja.

Posljednja četiri sloja s gornjeg popisa izrađena su u ovoj Studiji.

## 6.1. Nadzorni monitoring količinskog stanja

Program nadzornoga monitoringa količinskoga stanja napravljen je tako da omogućuje procjenu obnovljivih zaliha podzemne vode i izračun bilance voda te utvrđivanje stupnja međudjelovanja između podzemnih i površinskih voda i/ili kopnenih ekosustava. Potrebno ga je provoditi u svim tijelima podzemne vode, neovisno jesu li u riziku ili ne.

Predložene mjerne postaje, u okviru nadzornoga monitoringa količinskoga stanja, su zastupljene, prije svega, u hidrogeološki reprezentativnim dijelovima tijela podzemne vode (osnovni i sekundarni vodonosnici), a po potrebi i ovisno o konceptualnom modelu, uključene su i u neproduktivnim dijelovima TPV. Reprezentativnost mjerne postaje ovisi o lokalnim hidrogeološkim značajkama i pritiscima. Mjerna postaja je, u pravilu, izvan neposrednoga utjecajnoga područja crpljenja podzemne vode.

U tijelima podzemne vode, koje graniče sa susjednim državama članicama EU, u program monitoringa su uključene mjerne postaje uz granicu ili u neposrednoj blizini granice sa susjednim državama. Program monitoringa je postavljen tako da omogućuje procjenu smjera i brzine tečenja podzemnih voda u prekograničnom području.

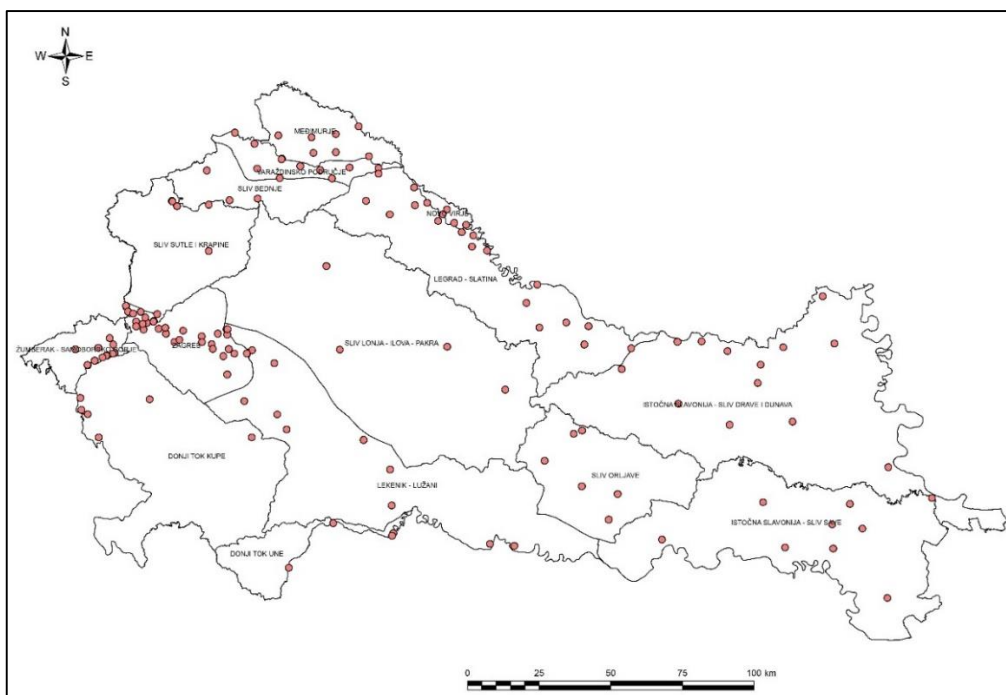
U okviru programa količinskoga monitoringa prate se razine podzemnih voda u piezometrima te izdašnosti izvora.

U tijelima podzemne vode, u kojima prevladavaju neproduktivni vodonosnici (stijene slabe propusnosti), kao i u krškim vodonosnicima, za motrenje količinskog stanja se koriste mjerenja izdašnosti izvora, a u manjoj mjeri mjerenja razina podzemnih voda u piezometrima.

Učestalost provedbe programa nadzornoga količinskoga monitoringa razrađena je uzimajući u obzir konceptualne modele svakog tijela podzemne vode, koji uključuju sve relevantne pritiske. U tijelima podzemne vode u kojima prevladavaju otvoreni vodonosnici, sa značajnim amplitudama razina podzemnih voda i/ili izdašnosti izvorišta, učestalost motrenja je, ili može biti veća u odnosu na tijela podzemne vode u kojima prevladavaju duboki, zatvoreni vodonosnici, u kojima su te amplitude (potencijala) neznatne. Minimalna učestalost motrenja parametara količinskoga stanja mora biti:

- jednom dnevno motrenje izdašnosti izvora u tijelima podzemne vode u krškim vodonosnicima;
- dva puta tjedno motrenje razina podzemnih voda u tijelima podzemne vode u međuzrnskim vodonosnicima;
- kontinuirano motrenje razina podzemne vode (limnigraf) na što većem broju mjernih postaja u tijelima podzemne vode koja nisu u riziku, ali za koje je utvrđena niska razina pouzdanosti.

Predloženi nadzorni monitoring količinskog stanja uključuje 145 objekata (Slika 6.1). Broj postaja, gustoća mreže i RU indeks za svako grupirano vodno tijelo prikazani su u Tablici 6.1.



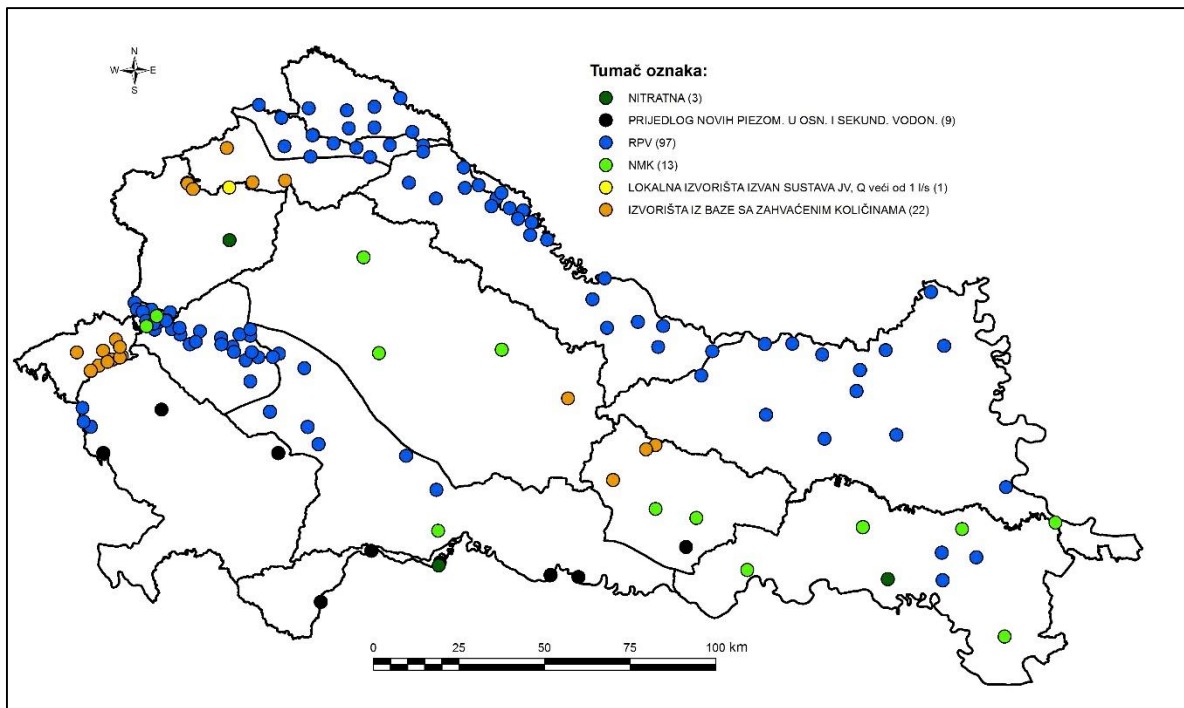
Slika 6.1. Predloženi nadzorni monitoring količinskog stanja

Tablica 6.1. Prostorni podaci količinskog monitoringa

Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina GTPV (km <sup>2</sup> )	Predložen broj mjernih postaja u GTPV	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%)
CDGI_18	Međimurje	746,83	8	11	64,46
CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	10	25	76,42
CDGI_20	Sliv Bednje	724,92	3	4	60,37
CDGI_21	Legrad - Slatina	2.370,58	18	8	59,50
CDGI_22	Novo Virje	97,30	4	41	54,71
CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	5.010,97	13	3	67,87
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	1.405,99	6	4	58,23
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	5.188,11	4	1	84,53
CSGN_26	Sliv Orljave	1.575,64	6	4	65,40
CSGI_27	Zagreb	987,91	29	29	41,67
CSGI_28	Lekenik - Lužani	3.445,60	12	3	54,15
CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	3.329,40	10	3	73,08
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	443,47	12	27	41,50
CSGI_31	Donji tok Kupe	2.871,41	6	2	47,92
CSGI_32	Donji tok Une	540,78	4	7	41,25
			145		



Ovaj monitoring uključuje objekte iz šest različitih izvora podataka (Slika 6.2).



Slika 6.2. Izvori podataka količinskog monitoringa

U Tumaču oznaka navedeni su izvori podataka:

NITRATNA (3) – mjerne postaje iz GIS projekta, koji je sastavni dio Izvješća „Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj“ iz 2014. godine (Agronomski fakultet, 2014). Radi se o postojećim mjernim postajama iz programa monitoringa (piezometri), konkretno o postajama za praćenje kakvoće podzemne vode, ali koje se mogu iskoristiti i za količinski monitoring.

PRIJEDLOG NOVIH PIEZOM. U OSN. I SEKUND. VODON. (9) – mjerne postaje koje su predložene kao novi piezometri, koji se trebaju smjestiti u osnovnim i sekundarnim vodnosnicima, za praćenje razina podzemne vode. Njihova lokacija je odabrana korištenjem relevantnih slojeva s početka ovog poglavlja, uz, naravno, DOF podlogu s Geoportala DGU:

RPV (97) – mjerne postaje iz postojećega Monitoringa razina podzemne vode. Radi se o limnigrafima, osim u slučajevima gdje se mjerenje provodi ručno i limnigrafa nema.

NMK (13) – mjerne postaje iz Nacionalnoga monitoringa kakvoće.

LOKALNA IZVORIŠTA IZVAN SUSTAVA JV, Q veći od 1 l/s (1) – radi se o jednoj mjernoj postaji, koja je uvrštena temeljem podataka iz Studije „Analiza malih vodoopskrbnih sustava na području RH koji nisu uključeni u sustave javne vodoopskrbe“ (Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 2008).

IZVORIŠTA IZ BAZE SA ZAHVAĆENIM KOLIČINAMA (22) – radi se o izvorištima u sustavu javne vodoopskrbe; izvor podataka je GIS sloj „vodozahvati“ s količinama crpljenja, dobiven od Hrvatskih voda.

## 6.2. Nadzorni monitoring kemijskog stanja

Program nadzornoga monitoringa kemijskoga stanja provodi se u tijelima podzemnih voda bez obzira na rizik. Odabir lokacija, parametara i učestalosti napravljen je tako da omogućuje:

- dopunu i vrednovanje procjene rizika za svako tijelo podzemne vode;
- ocjenu stanja za tijela podzemne vode koja nisu u riziku,
- procjenu dugotrajnih trendova (kao posljedicu prirodnih uvjeta i antropogenih utjecaja).

Prilikom odabira lokacija mjernih postaja, u obzir su uzete regionalne i lokalne značajke svakog tijela podzemne vode, u skladu s konceptualnim modelima tijela podzemne vode. U obzir je uzet i indeks reprezentativnosti (RU indeks), s ciljem odabira što ravnomjernije prostorne raspodjele motrenja unutar svakog tijela podzemne vode. U tijelima podzemne vode koja graniče sa susjednim državama članicama EU, u program monitoringa je uključena barem jedna mjerna postaja uz granicu ili u neposrednoj blizini granice sa susjednim državama.

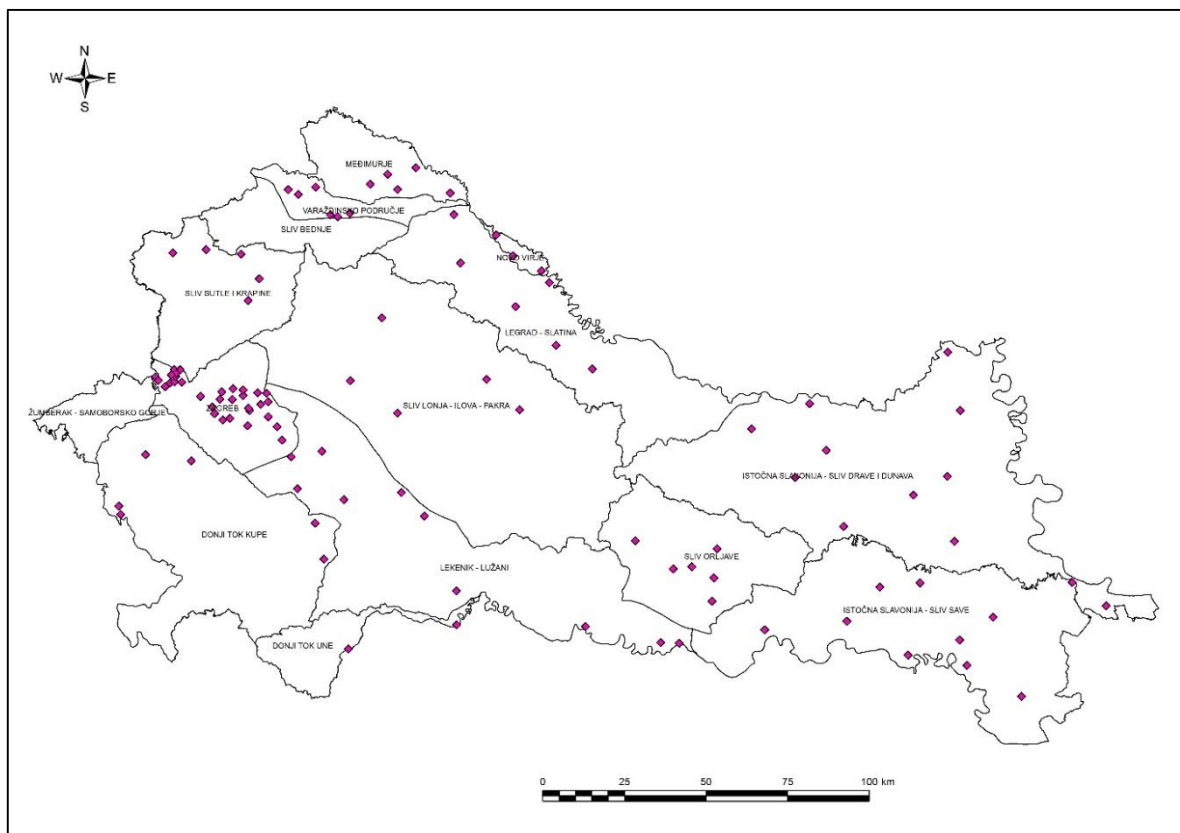
U okviru programa nadzornoga monitoringa potrebno je pratiti glavne parametre navedene u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode i dopunama Direktive za podzemne vode: nitrati, aktivne tvari u pesticidima, nitriti, arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, ukupni fosfor/ortofosfati, trikloreten, tetrakloreten, električna vodljivost te parametri: otopljeni kisik, pH i temperatura vode. Lista glavnih parametara može se dopuniti s dopunskim parametrima, koji mogu ukazivati na mogući utjecaj pritisaka određenih tijekom procjene rizika, naročito u slučajevima kada je procjena rizika provedena s niskom razinom pouzdanosti.

Na svakoj mjernoj postaji u okviru programa nadzornoga monitoringa potrebno je kroz kompletnu analizu, barem jednom u planskom ciklusu, motriti sve parametre definirane relevantnim Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 141/13, 128/15).

Učestalost provedbe programa nadzornoga monitoringa razrađena je uzimajući u obzir konceptualne modele tijela podzemne vode. Minimalna učestalost provedbe nadzornoga motrenja (za sve relevantne glavne i dopunske parametre) jest:

- minimalno jednom godišnje u poluzatvorenim ili zatvorenim vodonosnicima s međuzrnskom poroznosti;
- minimalno četiri puta godišnje (jednom kvartalno) u otvorenim vodonosnicima s međuzrnskom poroznosti;
- minimalno četiri puta godišnje (jednom kvartalno) u krškim vodonosnicima.

Predloženi nadzorni monitoring kemijskog stanja uključuje 113 objekata (Slika 6.3).

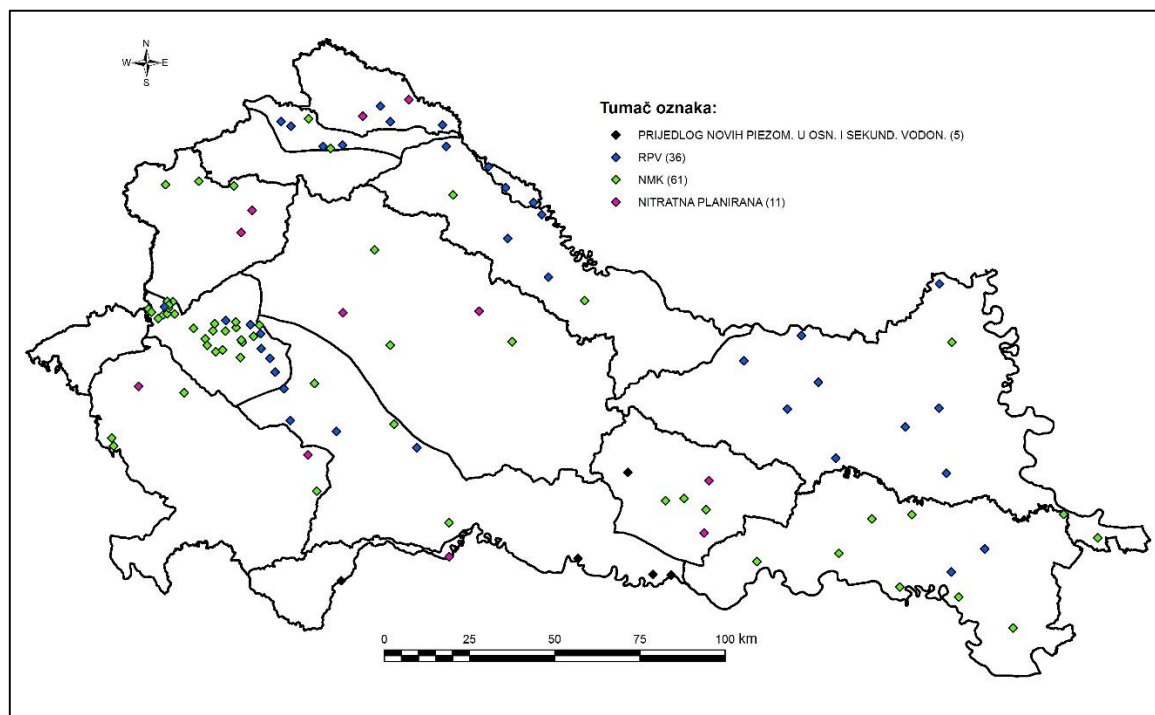


Slika 6.3. Predloženi nadzorni monitoring kemijskog stanja

Broj postaja, gustoća mreže i RU indeks za svaku grupiranu vodnu cjelinu prikazani su u Tablici 6.2. Ovaj monitoring uključuje objekte iz četiri različita izvora podataka (Slika 6.4).

Tablica 6.2. Prostorni podaci nadzornog kemijskog monitoringa

Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina grupe tijela podzemne vode (km <sup>2</sup> )	Predložen broj mjernih postaja u GTPV	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%)
CDGI_18	Međimurje	746,83	5	7	51,15
CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	7	17	35,28
CDGI_20	Sliv Bednje	724,92	-	-	-
CDGI_21	Legrad - Slatina	2.370,58	6	3	57,57
CDGI_22	Novo Virje	97,30	3	31	75,52
CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	5.010,97	11	2	70,61
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	1.405,99	6	4	72,91
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	5.188,11	5	1	71,92
CSGN_26	Sliv Orljave	1.575,64	6	4	66,34
CSGI_27	Zagreb	987,91	34	34	43,78
CSGI_28	Lekenik - Lužani	3.445,60	10	3	59,72
CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	3.329,40	12	4	72,17
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	443,47	-	-	-
CSGI_31	Donji tok Kupe	2.871,41	6	2	51,27
CSGI_32	Donji tok Une	540,78	2	4	50,11
			113		



Slika 6.4. Izvori podataka nadzornog kemijskog monitoringa

U Tumaču oznaka su navedeni izvori podataka:

PRIJEDLOG NOVIH PIEZOM. U OSN. I SEKUND. VODON. (5) – mjerne postaje koje su predložene kao novi piezometri za praćenje kakvoće podzemne vode. Njihova lokacija je odabrana korištenjem relevantnih slojeva s početka ovog poglavlja, uz, naravno, DOF podlogu s Geoportala DGU:

RPV (36) – mjerne postaje iz postojećega Monitoringa razina podzemne vode. Ovdje se radi isključivo o mjernim postajama koji nisu limnografi, kako bi se lakše mogao uzeti uzorak za kemijsku analizu.

NMK (61) – mjerne postaje iz Nacionalnog monitoringa kakvoće.

NITRATNA PLANIRANA (11) – mjerne postaje iz GIS projekta, koji je sastavni dio Izvješća „Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj“ iz 2014. godine (Agronomski fakultet, 2014). Radi se o planiranim mjernim postajama (piezometrima) za praćenje kakvoće podzemne vode.

### 6.3. Operativni monitoring kemijskog stanja

Program operativnoga monitoringa provodi se u tijelima podzemnih voda koje su u riziku. Potrebno ga je provoditi onoliko dugo vremena koliko je tijelo podzemne vode u riziku. Odabir lokacija, parametara i učestalosti napravljen je tako da omogućuje:

- ocjenu kemijskoga stanja za tijela podzemne vode koja su u riziku;
- utvrđivanje prisutnosti dugotrajnih i stalnih uzlaznih trendova koncentracija onečišćivala;
- procjenu djelotvornosti programa mjera koje se provode u cjelinama koje su u lošem stanju i/ili u kojima su zabilježeni značajni i stalni uzlazni trendovi koncentracija onečišćivala.

Mjerne postaje u programu operativnoga monitoringa su piezometri, za koje je utvrđeno ili se pretpostavlja da su pod izravnim utjecajem značajnih izvora onečišćenja. Prilikom odabira lokacija mjernih postaja, u obzir su uzete postojeće lokacije iz programa Nacionalnoga monitoringa i programa Monitoringa razina podzemnih voda. U konačni

prijedlog operativnoga motrenja odabrane su one lokacije mjernih postaja koje se nalaze u najosjetljivijim ili najranjivijim dijelovima tijela podzemne vode koje su u riziku i u kojima su zabilježeni, ili pretpostavljeni značajni pritisci iz plošnih i značajnih točkastih izvora onečišćenja.

U okviru programa operativnoga monitoringa potrebno je pratiti glavne parametre navedene u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode i dopunama Direktive za podzemne vode: nitrati, aktivne tvari u pesticidima, nitriti, arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, ukupni fosfor/ortofosfati, trikloreten, tetrakloreten, vodljivost te parametri: otopljeni kisik, pH i temperatura vode. Lista glavnih parametara dopunjuje se sa svim dopunskim parametrima, koji doprinose ili potencijalno doprinose da je tijelo podzemne vode u riziku. Odabir dopunskih parametara potrebno je provesti posebno za svako tijelo podzemne vode. Prilikom odabira potrebno je uzeti u obzir postojeće rezultate motrenja kakvoće podzemnih voda iz programa Nacionalnoga monitoringa kakvoće podzemne vode, informacije i podatke o pritiscima (izvorima onečišćenja), kao i postojeće karte korištenja zemljišta.

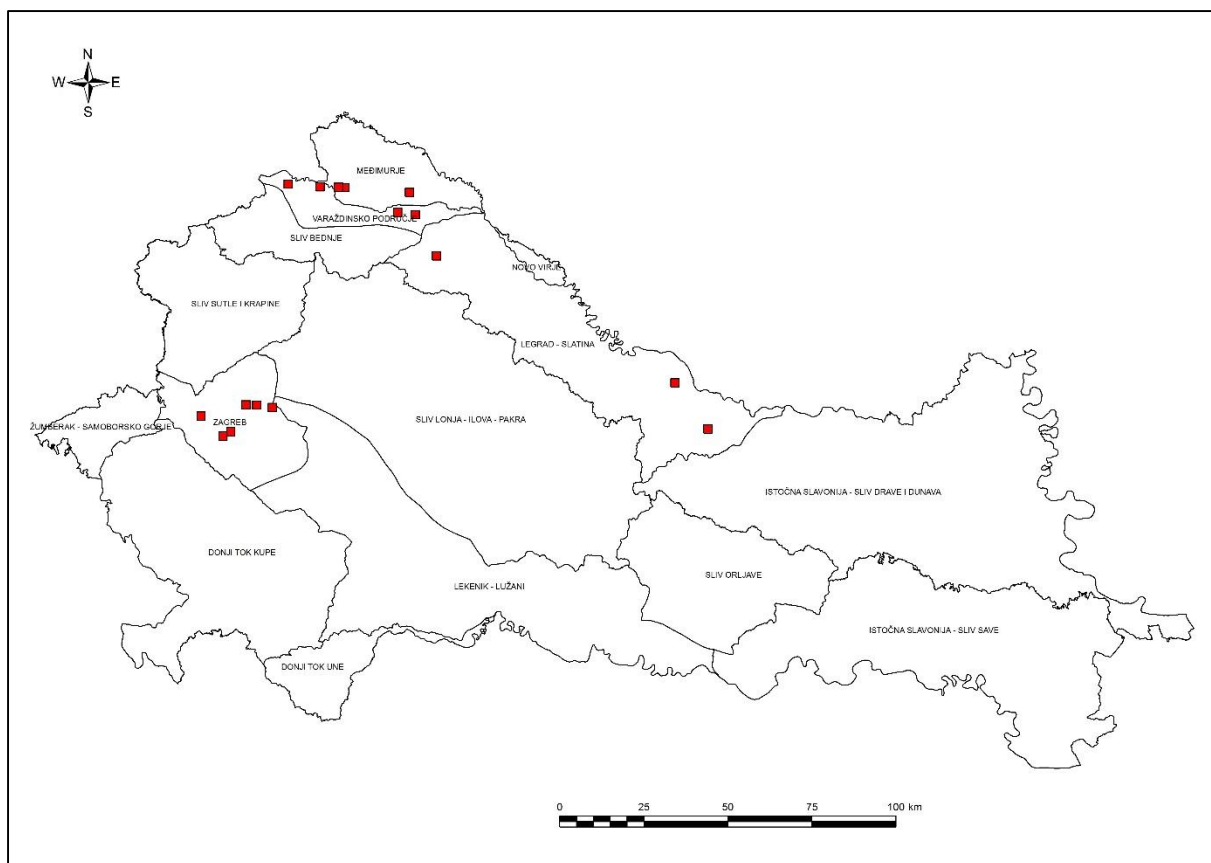
Učestalost provedbe programa operativnoga monitoringa razrađena je uzimajući u obzir konceptualne modele tijela podzemne vode, koji uključuju sve relevantne izvore onečišćenja i pritiske. Minimalna učestalost provedbe operativnoga motrenja (za sve relevantne glavne i dopunske parametre) je identična učestalosti provedbe programa nadzornoga monitoringa kemijskoga stanja.

Predloženi operativni monitoring kemijskog stanja uključuje 17 objekata (Slika 6.5). Broj postaja, gustoća mreže i RU indeks za grupirana vodna tijela, koja su u riziku postizanja dobrog kemijskog stanja, prikazani su u Tablici 6.3. Ovaj monitoring uključuje mjerne postaje iz dva različita izvora podataka (Slika 6.6).

U Tumaču oznaka su navedeni izvori podataka:

RPV (7) – mjerne postaje iz postojećega Monitoringa razina podzemne vode. Ovdje se radi isključivo o mjernim postajama koji nisu limnigrafi, kako bi se lakše mogao uzeti uzorak za kemijske analize.

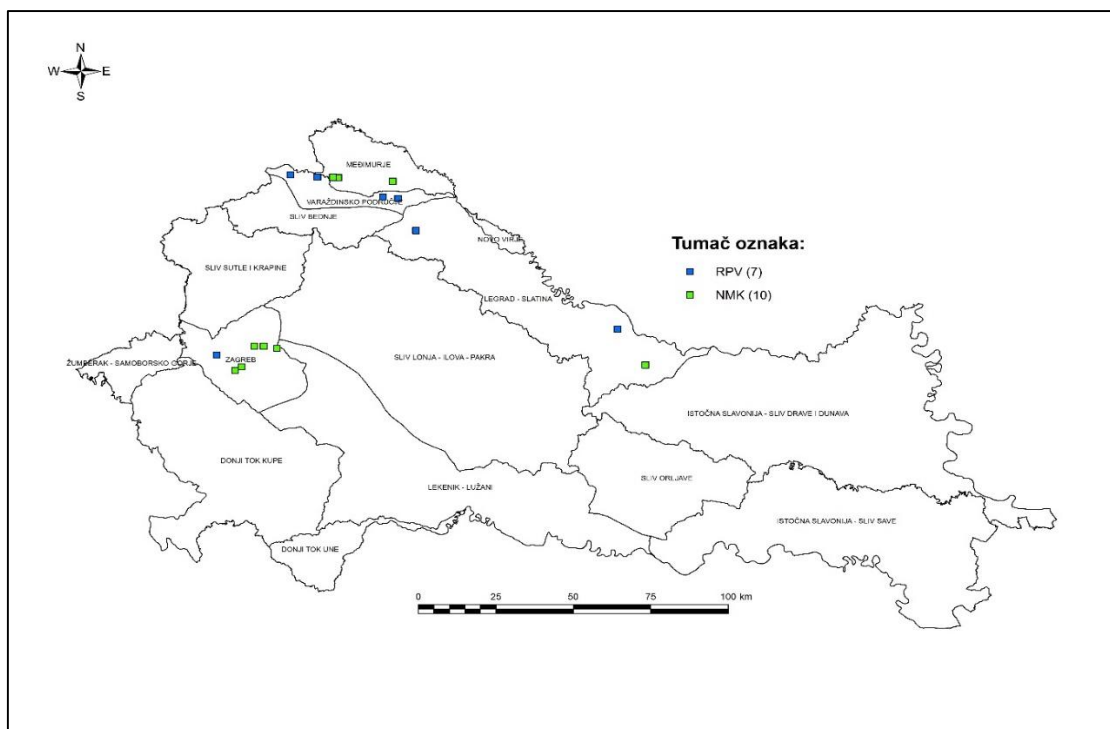
NMK (10) – mjerne postaje iz Nacionalnog monitoringa kakvoće podzemnih voda.



Slika 6.5. Predloženi operativni monitoring kemijskog stanja

Tablica 6.3. Prostorni podaci operativnog kemijskog monitoringa

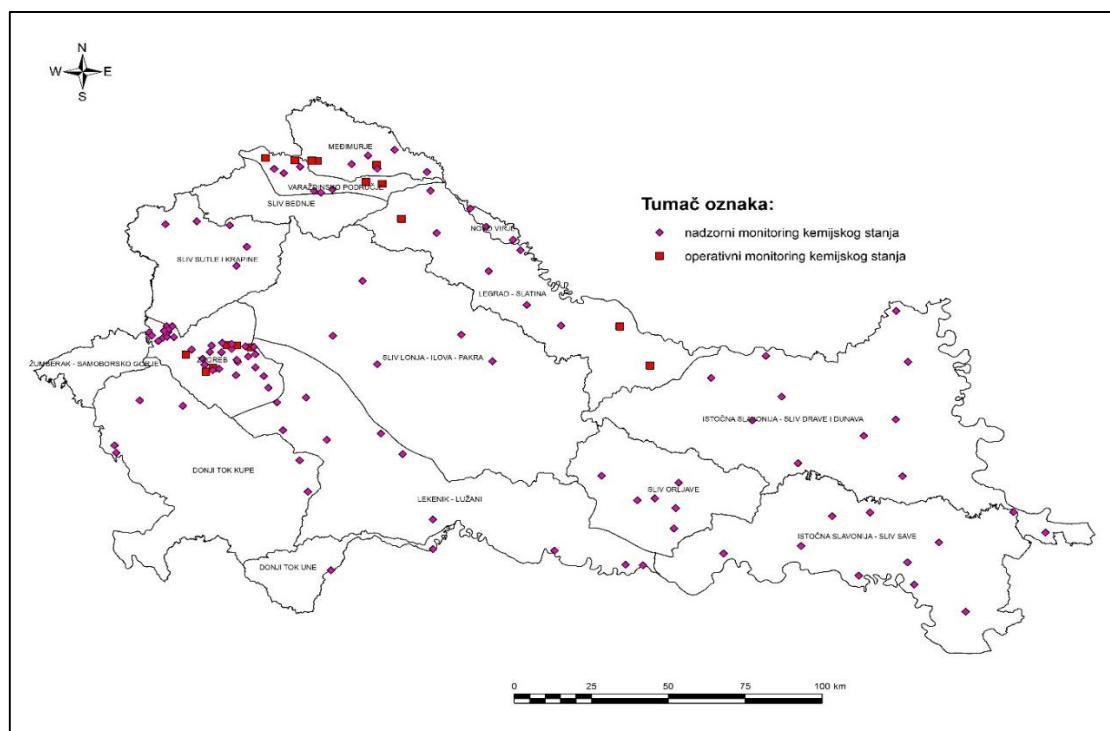
Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina grupe tijela podzemne vode (km <sup>2</sup> )	Predložen broj mjernih postaja u GTPV	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )
CDGI_18	Međimurje	746,83	3	4
CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	4	10
CDGI_21	Legrad - Slatina	724,92	3	1
CSGI_27	Zagreb	2.370,58	7	7
			17	



Slika 6.6. Izvori podataka operativnog kemijskog monitoringa

#### 6.4. Analiza sveukupnog kemijskog monitoringa

Sveukupni monitoring kemijskog stanja uključuje 130 mjernih objekata (Slika 6.7).



Slika 6.7. Monitoring kemijskog stanja (nadzorni i operativni)



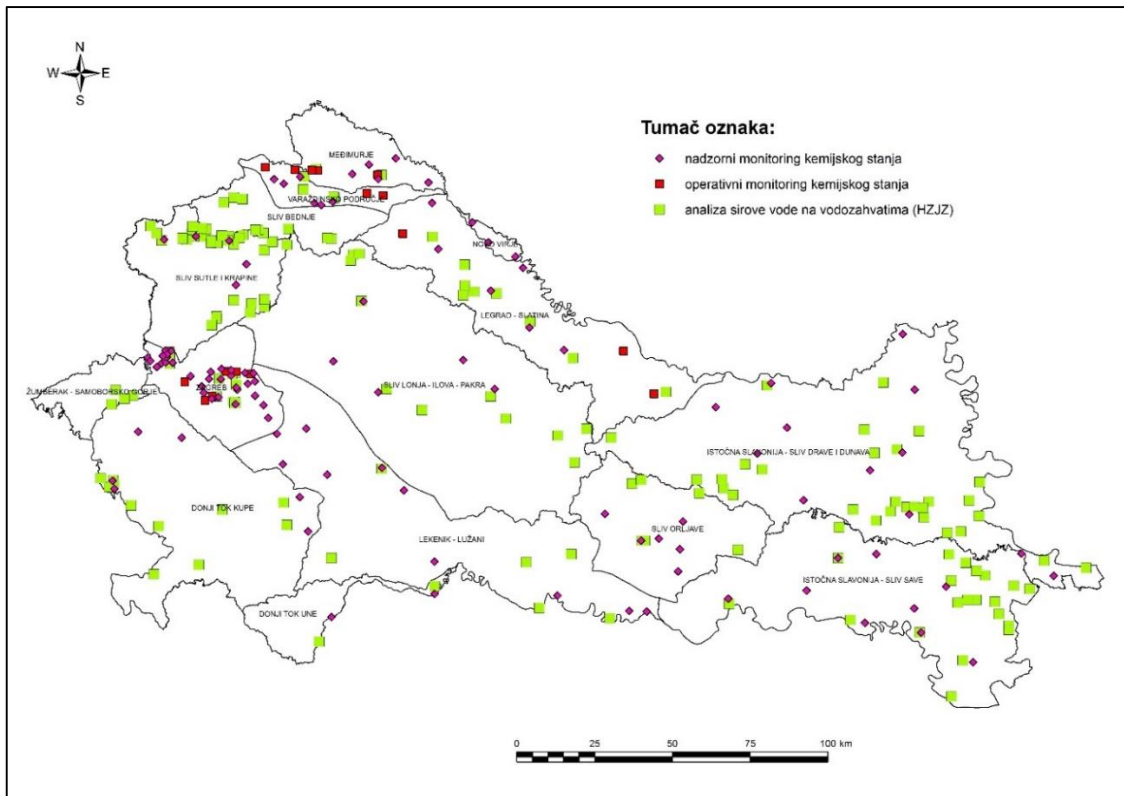
Broj postaja, gustoća mreže i RU indeks za svako grupirano vodno tijelo prikazani su u Tablici 6.4.

Tablica 6.4. Prostorni podaci kemijskog (nadzornog i operativnog) monitoringa

Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina grupe tijela podzemne vode (km <sup>2</sup> )	Predložen broj mjernih postaja u GTPV	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%)
CDGI_18	Međimurje	746,83	8	11	54,15
CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	11	27	61,95
CDGI_20	Sliv Bednje	724,92	-	-	
CDGI_21	Legrad - Slatina	2.370,58	9	4	84,06
CDGI_22	Novo Virje	97,30	3	31	75,52
CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	5.010,97	11	2	70,61
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	1.405,99	6	4	72,91
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	5.188,11	5	1	71,92
CSGN_26	Sliv Orljave	1.575,64	6	4	66,34
CSGI_27	Zagreb	987,91	41	42	41,83
CSGI_28	Lekenik - Lužani	3.445,60	10	3	59,72
CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	3.329,40	12	4	72,17
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	443,47	-	-	
CSGI_31	Donji tok Kupe	2.871,41	6	2	51,27
CSGI_32	Donji tok Une	540,78	2	4	50,11
			130		

Ovaj predloženi kemijski monitoring upotpunjuju mjerne postaje iz monitoringa sirove vode na crpilištima i izvorištima. Tih mjernih postaja je na području panonskog dijela Hrvatske ukupno 179 te s objektima iz predloženog monitoringa sveukupno broje 309 objekata. Monitoring sirove vode je prikazan u poglavlju 5, na Slici 5.2 i u Tablici 5.2.

Zajednički su ta dva monitoringa prikazana na Slici 6.8. Broj postaja, gustoća mreže i RU indeks za svako grupirano vodno tijelo prikazani su u Tablici 6.5.



Slika 6.8. Predloženi monitoring kemijskog stanja i monitoring sirove vode HZJZ

Tablica 6.5. Prostorni podaci predloženog kemijskog monitoringa i monitoringa sirove vode HZJZ

Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina grupe tijela podzemne vode (km <sup>2</sup> )	Predložen broj mjernih postaja u GTPV	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%)
CDGI_18	Međimurje	746,83	10	13	49,00
CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	21	52	47,96
CDGI_20	Sliv Bednje	724,92	11	15	57,84
CDGI_21	Legrad - Slatina	2.370,58	19	8	67,88
CDGI_22	Novo Virje	97,30	3	31	75,52
CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	5.010,97	40	8	65,33
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	1.405,99	44	31	38,82
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	5.188,11	16	3	60,49
CSGN_26	Sliv Orljave	1.575,64	12	8	69,37
CSGI_27	Zagreb	987,91	56	57	35,96
CSGI_28	Lekenik - Lužani	3.445,60	16	5	68,93
CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	3.329,40	34	10	56,75
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	443,47	5	11	40,36
CSGI_31	Donji tok Kupe	2.871,41	18	6	59,97
CSGI_32	Donji tok Une	540,78	4	7	42,75
			309		

7. Analiza usklađenosti prijedloga nadzornih monitoringa  
količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda u panonskom  
dijelu Republike Hrvatske s monitorinzima podzemnih voda  
prijavljenih EU komisiji

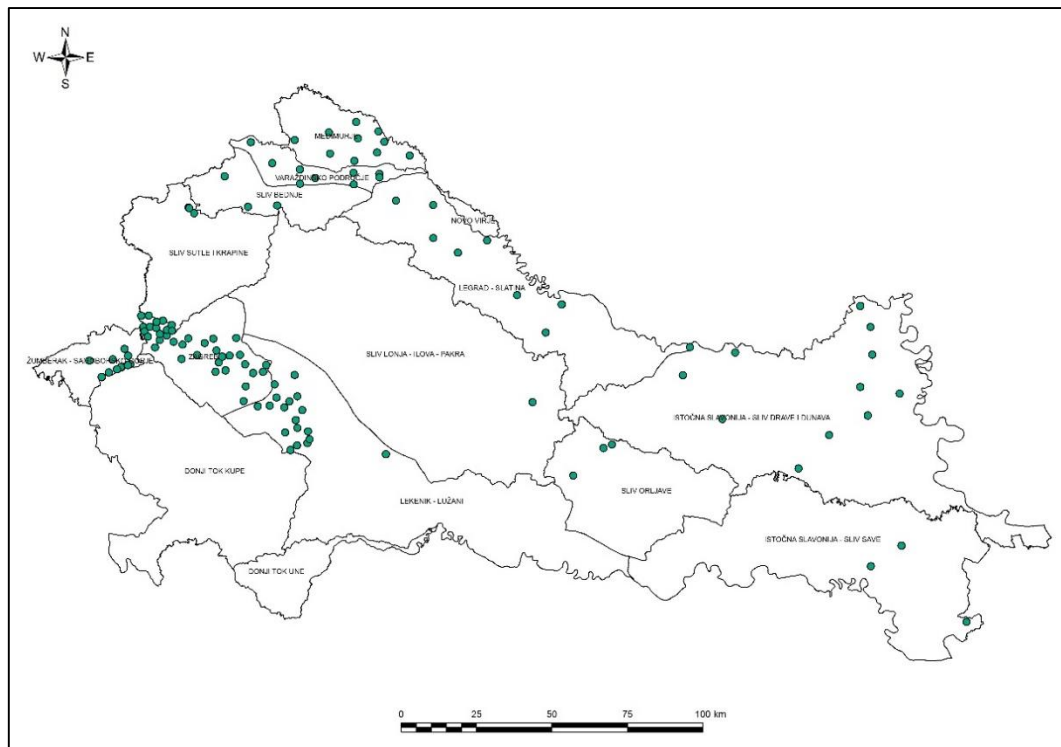
## Sadržaj

7. Analiza usklađenosti prijedloga nadzornih monitoringa količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske s monitorinzima podzemnih voda prijavljenih EU komisiji .....	7-1
7.1. Nadzorni monitoring količinskog stanja prijavljen EU komisiji .....	7-1
7.2. Nadzorni monitoring kemijskog stanja prijavljen EU komisiji.....	7-4
7.3. Analiza usklađenosti monitoringa .....	7-7

## 7. Analiza usklađenosti prijedloga nadzornih monitoringa količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske s monitorinzima podzemnih voda prijavljenih EU komisiji

### 7.1. Nadzorni monitoring količinskog stanja prijavljen EU komisiji

Nadzorni monitoring količinskog stanja, koji je prijavljen EU, uključuje 121 mjernu postaju (Slika 7.1). Broj postaja, gustoća mreže i RU indeks za svako grupirano vodno tijelo prikazani su u Tablici 7.1. U Tablici 7.2 prikazani su podaci o monitoringu količinskog stanja, prijavljenog EU, zajedno s podacima o predloženom monitoringu količinskog stanja iz poglavlja 6.



Slika 7.1. Nadzorni monitoring količinskog stanja prijavljen EU komisiji

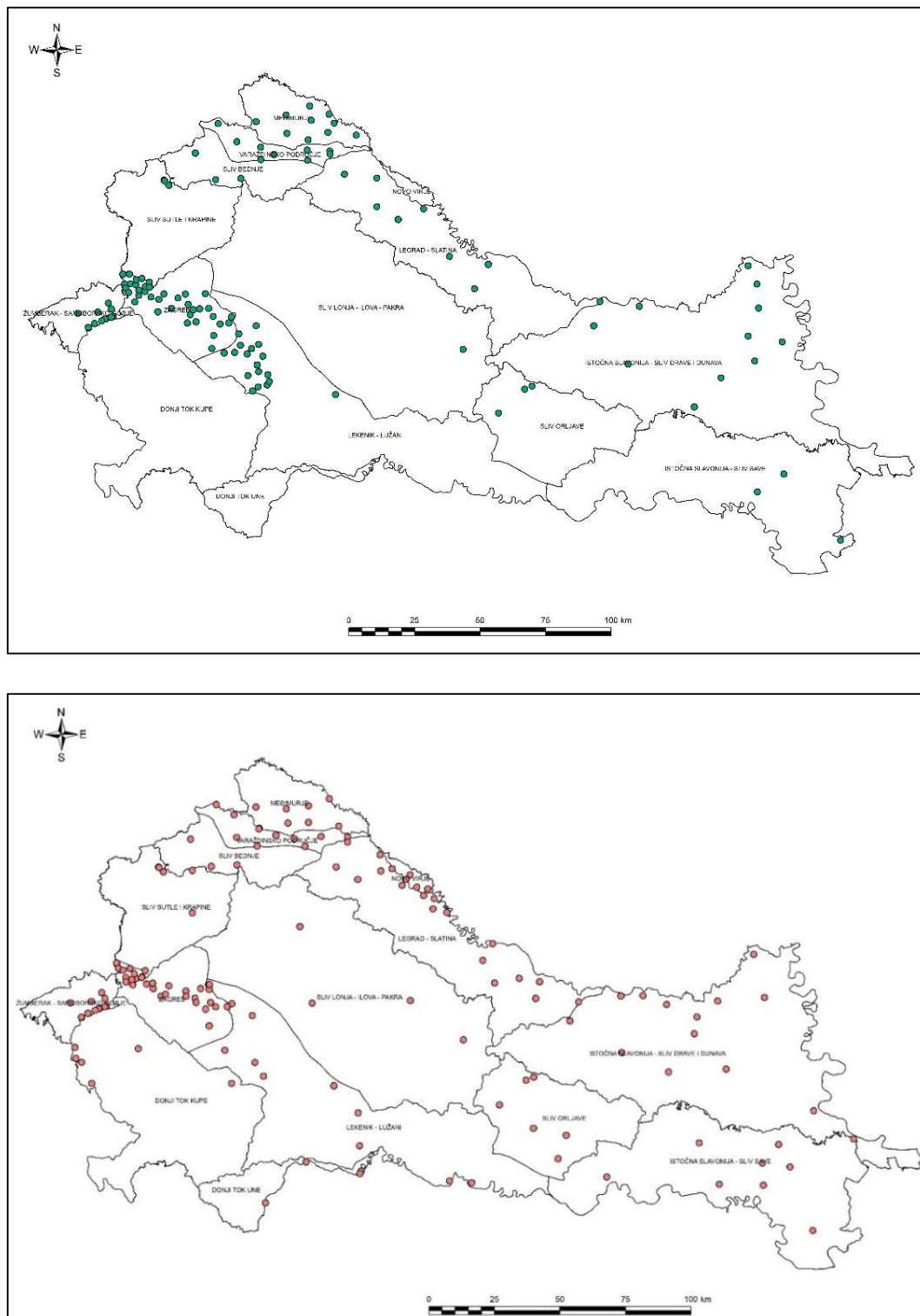
Tablica 7.1. Prostorni podaci nadzornog monitoringa količinskog stanja prijavljenog EU

Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina GTPV (km <sup>2</sup> )	Broj mjernih postaja u GTPV	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%)
CDGI_18	Međimurje	746,83	10	13	68,08
CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	9	22	71,50
CDGI_20	Sliv Bednje	724,92	3	4	60,37
CDGI_21	Legrad - Slatina	2.370,58	8	3	59,70
CDGI_22	Novo Virje	97,30	-	0	-
CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	5.010,97	12	2	54,51
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	1.405,99	5	4	44,52
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	5.188,11	1	0	57,11
CSGN_26	Sliv Orljave	1.575,64	3	2	45,96
CSGI_27	Zagreb	987,91	37	37	49,53
CSGI_28	Lekenik - Lužani	3.445,60	18	5	19,98
CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	3.329,40	3	1	48,17
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	443,47	12	27	41,50
CSGI_31	Donji tok Kupe	2.871,41	-	-	-
CSGI_32	Donji tok Une	540,78	-	-	-
			121		

Tablica 7.2. Usporedni prostorni podaci za dva monitoringa količinskog stanja - prijavljenog EU i novo predloženog monitoringa iz poglavlja 6

Kod GTPV	Broj mjernih postaja prijavljenih EU	Broj mjernih postaja u okviru novo predloženog monitoringa	Gustoća monitoring mreže prijavljene EU (na 1000 km <sup>2</sup> )	Gustoća predložene monitoring mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%) monitoring mreže prijavljene EU	RU indeks (%) predložene monitoring mreže
CDGI_18	10	8	13	11	68,08	64,46
CDGI_19	9	10	22	25	71,50	76,42
CDGI_20	3	3	4	4	60,37	60,37
CDGI_21	8	18	3	8	59,70	59,50
CDGI_22	-	4	0	41	-	54,71
CDGI_23	12	13	2	3	54,51	67,87
CSGI_24	5	6	4	4	44,52	58,23
CSGN_25	1	4	0	1	57,11	84,53
CSGN_26	3	6	2	4	45,96	65,40
CSGI_27	37	29	37	29	49,53	41,67
CSGI_28	18	12	5	3	19,98	54,15
CSGI_29	3	10	1	3	48,17	73,08
CSGI_30	12	12	27	27	41,50	41,50
CSGI_31	-	6	-	2	-	47,92
CSGI_32	-	4	-	7	-	41,25
		121	145			

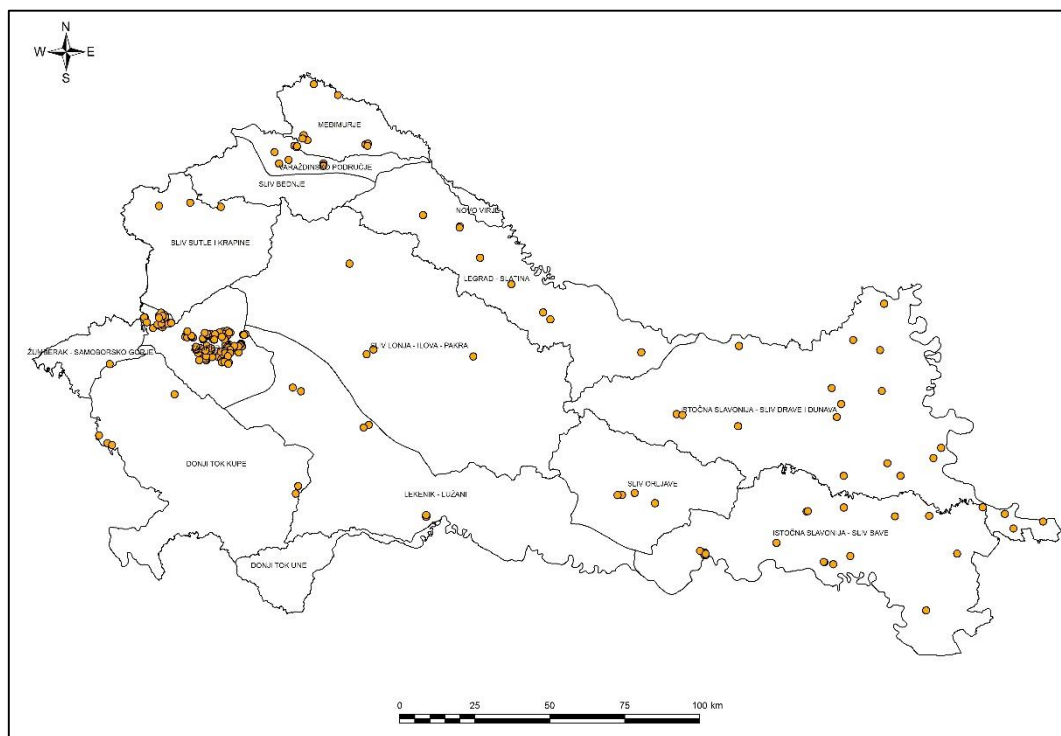
Usporedni prikaz prostornog rasporeda oba monitoringa količinskog stanja prikazan je na Slici 7.2.



Slika 7.2. Usporedni prikaz prostornog rasporeda oba nadzorna monitoringa količinskog stanja (gornji - monitoring prijavljen EU; donji - prijedlog novog monitoringa iz poglavlja 6)

## 7.2. Nadzorni monitoring kemijskog stanja prijavljen EU komisiji

Nadzorni monitoring kemijskog stanja, koji je prijavljen EU, uključuje 234 mjerne postaje (Slika 7.3). Broj postaja, gustoća mreže i RU indeks za svako grupirano vodno tijelo prikazani su u Tablici 7.3. U Tablici 7.4. prikazani su podaci o monitoringu kemijskog stanja, prijavljenog EU, zajedno s podacima o predloženom monitoringu kemijskog stanja iz poglavlja 6.



Slika 7.3. Nadzorni monitoring kemijskog stanja prijavljen EU komisiji



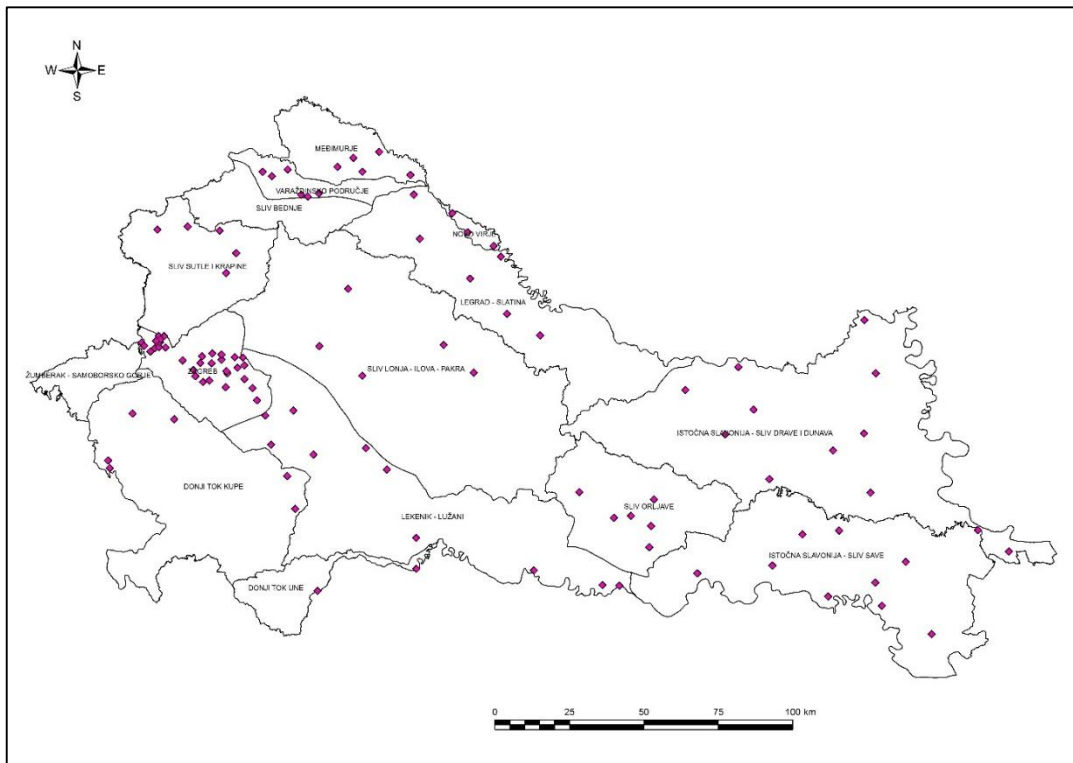
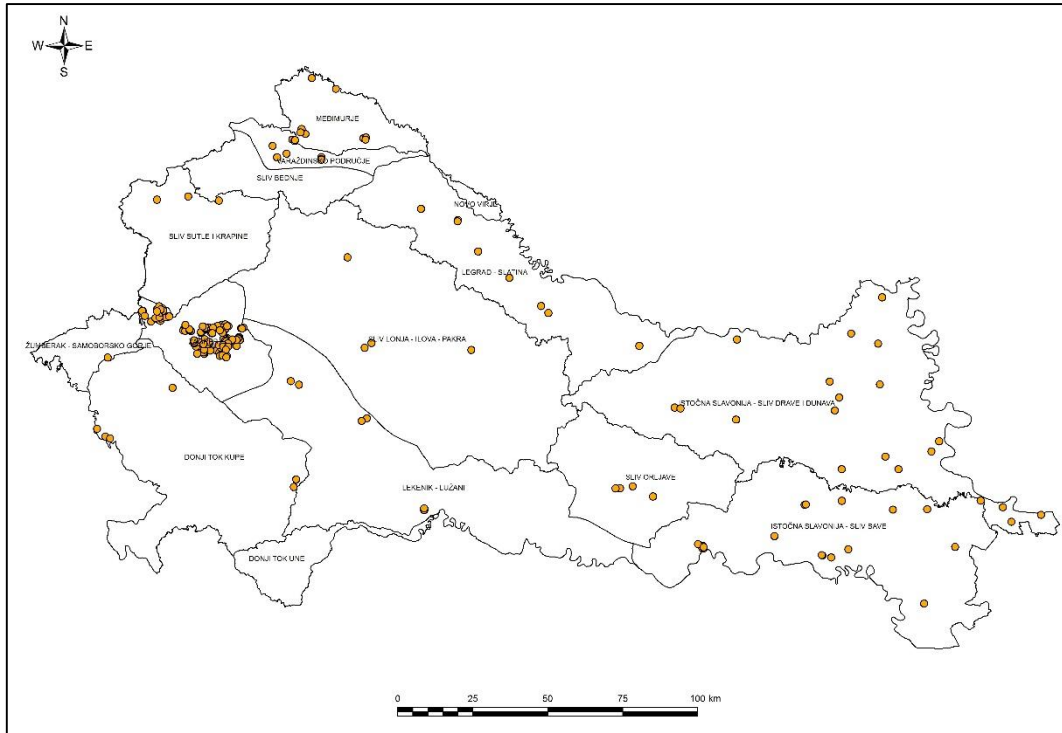
Tablica 7.3 Prostorni podaci nadzornog monitoringa kemijskog stanja prijavljenog EU

Kod GTPV	Grupa tijela podzemne vode	Površina GTPV (km <sup>2</sup> )	Broj mjernih postaja u GTPV	Gustoća mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%)
CDGI_18	Međimurje	746,83	8	11	54,40
CDGI_19	Varaždinsko područje	402,11	9	22	30,88
CDGI_20	Sliv Bednje	724,92	-	-	-
CDGI_21	Legrad - Slatina	2.370,58	9	4	66,97
CDGI_22	Novo Virje	97,30	-	-	-
CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	5.010,97	20	4	65,56
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	1.405,99	3	2	55,94
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	5.188,11	4	1	73,95
CSGN_26	Sliv Orljave	1.575,64	4	3	57,58
CSGI_27	Zagreb	987,91	146	148	19,01
CSGI_28	Lekenik - Lužani	3.445,60	6	2	43,34
CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	3.329,40	18	5	62,78
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	443,47	1	2	74,22
CSGI_31	Donji tok Kupe	2.871,41	6	2	47,74
CSGI_32	Donji tok Une	540,78	-	-	-
			234		

Tablica 7.4. Usporedni prostorni podaci za dva monitoringa kemijskog stanja - prijavljenog EU i novo predloženog monitoringa iz poglavlja 6

Kod GTPV	Broj mjernih postaja prijavljenih EU	Broj mjernih postaja u okviru novo predloženog monitoringa	Gustoća monitoring mreže prijavljene EU (na 1000 km <sup>2</sup> )	Gustoća predložene monitoring mreže (na 1000 km <sup>2</sup> )	RU indeks (%) monitoring mreže prijavljene EU	RU indeks (%) predložene monitoring mreže
CDGI_18	8	5	11	7	54,40	51,15
CDGI_19	9	7	22	17	30,88	35,28
CDGI_20	-	-	-	-	-	-
CDGI_21	9	6	4	3	66,97	57,57
CDGI_22	-	3	-	31	-	75,52
CDGI_23	20	11	4	2	65,56	70,61
CSGI_24	3	6	2	4	55,94	72,91
CSGN_25	4	5	1	1	73,95	71,92
CSGN_26	4	6	3	4	57,58	66,34
CSGI_27	146	34	148	34	19,01	43,78
CSGI_28	6	10	2	3	43,34	59,72
CSGI_29	18	12	5	4	62,78	72,17
CSGI_30	1	-	2	-	74,22	-
CSGI_31	6	6	2	2	47,74	51,27
CSGI_32	-	2	-	4	-	50,11
234		113				

Usporedni prikaz prostornog rasporeda oba monitoringa kemijskog stanja prikazan je na Slici 7.4.



Slika 7.4. Usporedni prikaz prostornog rasporeda oba nadzorna monitoringa kemijskog stanja (gornji - monitoring prijavljen EU; donji - prijedlog novog monitoringa iz poglavlja 6)

### 7.3. Analiza usklađenosti monitoringa

#### Pokazatelji usklađenosti monitoringa količinskog stanja

Analiza usklađenosti monitoringa količinskoga stanja, prijavljenog EU, i predloženoga monitoringa količinskog stanja iz poglavlja 6, pokazala je da između dva monitoringa postoje određene razlike, koje se prije svega odnose na prostorne pokazatelje. Iz Tablice 7.2 je evidentno da je broj mjernih postaja, u okviru novo predloženoga monitoringa, veći u odnosu na broj mjernih postaja koje su prijavljene EU. Grupe tijela podzemne vode, u kojima je zamjetno povećan broj objekata u predloženom monitoringu, su: Legrad - Slatina, Novo Virje, Sliv Lonja – Ilova – Pakra, Sliv Orljave, Istočna Slavonija – sliv Save, Donji tok Kupe i Donji tok Une.

Značajne razlike mogu se evidentirati i u gustoći mjernih postaja u pojedinim grupiranim vodnim tijelima, kao i u RU indeksu, koji je viši za značajan broj grupiranih vodnih tijela u novo predloženom monitoringu. Uz navedeno, suštinska razlika jest i u tome da su mjerne postaje u okviru novo predloženoga monitoringa predložene u skladu s prethodno definiranim konceptualnim modelima za svako grupirano vodno tijelo, što je dokumentirano u poglavlju 6, ali i sa zahtjevima koji proizlaze iz EU direktiva, a naročito u odnosu na kriterije koji su definirani smjernicama iz CIS vodiča i tehničkih vodiča. Mjerne postaje u okviru monitoringa količinskoga stanja, prijavljenog EU komisiji, nisu usklađene s konceptualnim modelima grupa tijela podzemnih voda, a nije poznato jesu li, i u kojoj mjeri, uzeti u obzir zahtjevi koji proizlaze iz EU direktiva, odnosno smjernica iz CIS vodiča i tehničkih vodiča.

S obzirom na navedeno, predlaže se da se postojeći monitoring količinskoga stanja, prijavljen EU komisiji, u što kraćem roku uskladi s predloženim monitoringom količinskog stanja iz poglavlja 6.

U smislu izmjena i dopuna postojeće monitoring mreže, prijavljene EU, potrebno je odmah uspostaviti (ili nastaviti ukoliko se provodi) motrenje količinskoga stanja na postojećim mjernim postajama koje nisu bile uključene u monitoring koji je prijavljen EU, a koje su definirane prijedlogom novoga monitoringa. S tim u vezi, predlaže se da se za sve mjerne postaje u okviru novo predloženoga monitoringa, a naročito za one koje nisu bile uključene u

prijavljenu monitoring mrežu, napravi terensko rekognosciranje koje će potvrditi reprezentativnost mjernih postaja s obzirom na lokalne značajke, odnosno konceptualne modele. Uz navedeno, predlaže se da se za svaku mjernu postaju definiraju tehničke značajke. Za piezometarske bušotine, u kojima će se mjeriti razina podzemnih voda, to uključuje položaj i dubinu filtra, kao i stanje limnigrafa ukoliko su isti ugrađeni u bušotinu. S obzirom da je u okviru novo predložene monitoring mreže predviđena izrada samo 9 novih piezometara, predlaže se da se izrada novih piezometara (bušenje i ugradnja) i njihovo uključivanje u novo predloženu monitoring mrežu provede istovremeno s rekognosciranjem postojećih piezometara. Na taj način realno je za očekivati da će se osigurati zadovoljavajući niz podataka o razinama podzemnih voda u pojedinim grupama tijela podzemne vode za potrebe ocjene količinskoga stanja i procjene rizika za iduće plansko razdoblje.

#### Pokazatelji usklađenosti monitoringa kemijskog stanja

Analiza usklađenosti monitoringa kemijskoga stanja, prijavljenog EU, i predloženoga monitoringa kemijskoga stanja iz poglavlja 6, pokazala je da između dva monitoringa postoje značajne razlike. Iz Tablice 7.4 je evidentno da predloženi monitoring kemijskog stanja ima približno dvostruko manje monitoring postaja, 113, u odnosu na 234 mjerne postaje u okviru monitoringa kemijskoga stanja, prijavljenog EU. Ako se nadzornom monitoringu pribroje mjerne postaje iz operativnog monitoringa kemijskoga stanja (prikazane u poglavlju 6), predloženi monitoring kemijskog stanja sveukupno obuhvaća 130 mjernih postaja. Broj mjernih postaja, u okviru predloženog monitoringa, smanjen je u većini grupiranih vodnih tijela, osim u grupiranim vodnim tijelima: Novo Virje, Sliv Sutle i Krapine, Sliv Orljave, Sliv Lonja – Ilova - Pakra, Lekenik – Lužani i Donji tok Une. U okviru monitoringa kemijskoga stanja, prijavljenog EU, grupirana vodna tijela: Sliv Bednje, Novo Virje i Donji tok Une nemaju mjernih postaja za motrenje kemijskoga stanja. U okviru novo predloženoga monitoringa kemijskoga stanja, grupirana vodna tijela Žumberak – Samoborsko gorje i Sliv Bednje nemaju mjernih postaja za motrenje kemijskog stanja.

Gustoće mjernih postaja po grupama tijela podzemne vode za obje monitoring mreže (prijavljene EU i novo predložene) se uglavnom podudaraju, osim za grupu tijela Zagreb, za koju je značajno smanjena gustoća mjernih postaja u novo predloženom monitoringu.

Značajne razlike mogu se evidentirati u RU indeksu, koji je znatno viši za deset grupiranih vodnih tijela u novo predloženom monitoringu.

Suštinska razlika između dva monitoringa, onoga prijavljenoga EU i novo predloženoga, jest u tome da su mjerne postaje u okviru novo predloženoga monitoringa predložene u skladu s prethodno definiranim konceptualnim modelima za svako grupirano vodno tijelo, što je dokumentirano u poglavlju 6, ali i sa zahtjevima koji proizlaze iz EU direktiva, a naročito u odnosu na kriterije koji su definirani smjernicama iz CIS vodiča i tehničkih vodiča. Mjerne postaje u okviru monitoringa kemijskoga stanja, prijavljenog EU komisiji, nisu usklađene s konceptualnim modelima grupa tijela podzemnih voda, a nije poznato jesu li i u kojoj mjeri uzeti u obzir zahtjevi koji proizlaze iz EU direktiva, odnosno smjernica iz CIS vodiča i tehničkih vodiča.

S obzirom na sve navedeno, predlaže se da se postojeći monitoring kemijskoga stanja, prijavljen EU komisiji, u što kraćem roku uskladi s predloženim monitoringom kemijskoga stanja iz poglavlja 6.

U smislu izmjena i dopuna postojeće monitoring mreže, prijavljene EU, potrebno je odmah uspostaviti (ili nastaviti ukoliko se provodi) motrenje kemijskoga stanja na postojećim mjernim postajama koje nisu bile uključene u monitoring koji je prijavljen EU, a koje su definirane prijedlogom novoga monitoringa. S tim u vezi, predlaže se da se za sve mjerne postaje u okviru novo predloženoga monitoringa, a naročito za one koje nisu bile uključene u prijavljenu monitoring mrežu, napravi terensko rekognosciranje koje će potvrditi reprezentativnost mjernih postaja s obzirom na lokalne značajke, odnosno konceptualne modele. Uz navedeno, predlaže se da se za svaku mjernu postaju definiraju tehničke značajke. Za piezometarske bušotine, u kojima će se mjeriti kemijski sastav podzemnih voda, to uključuje određivanje položaja i dubine filtra te materijala ugradnje. S obzirom da je u okviru novo predložene monitoring mreže predviđena izrada 5 novih piezometara u osnovnim i sekundarnim vodonosnicima, predlaže se da se izrada novih piezometara (bušenje i ugradnja PVC materijala) i njihovo uključivanje u novo predloženu monitoring mrežu provede istovremeno s rekognosciranjem postojećih piezometara. U narednoj fazi, koja će slijediti nakon terenskoga rekognosciranja postojećih piezometara i izrade 5 novih piezometara, može se provesti izrada (bušenje i ugradnja PVC materijala) 11 planiranih (novih) piezometara za

provedbu Nitratne direktive (uključene u novo predloženu monitoring mrežu kemijskoga stanja, vidi poglavlje 6).

Usporedno s terenskim rekognosciranjem postojećih i izradom novih piezometara, mora se provesti i provjera učestalosti provedbe programa nadzornoga motrenja za sve relevantne glavne i dopunske kemijske parametare koje je potrebno motriti na postojećim piezometrima u okviru novo predložene monitoring mreže, sukladno kriterijima navedenim u poglavlju 6. Isti kriteriji moraju se primijeniti i za sve nove piezometre u okviru novo predložene monitoring mreže.

Na gore prikazan način realno je za očekivati da će se osigurati zadovoljavajući niz podataka o kemijskom stanju podzemnih voda u pojedinim grupama tijela podzemne vode za potrebe ocjene kemijskoga stanja i procjene rizika za iduće plansko razdoblje.

## 8. Metodologija ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

## Sadržaj

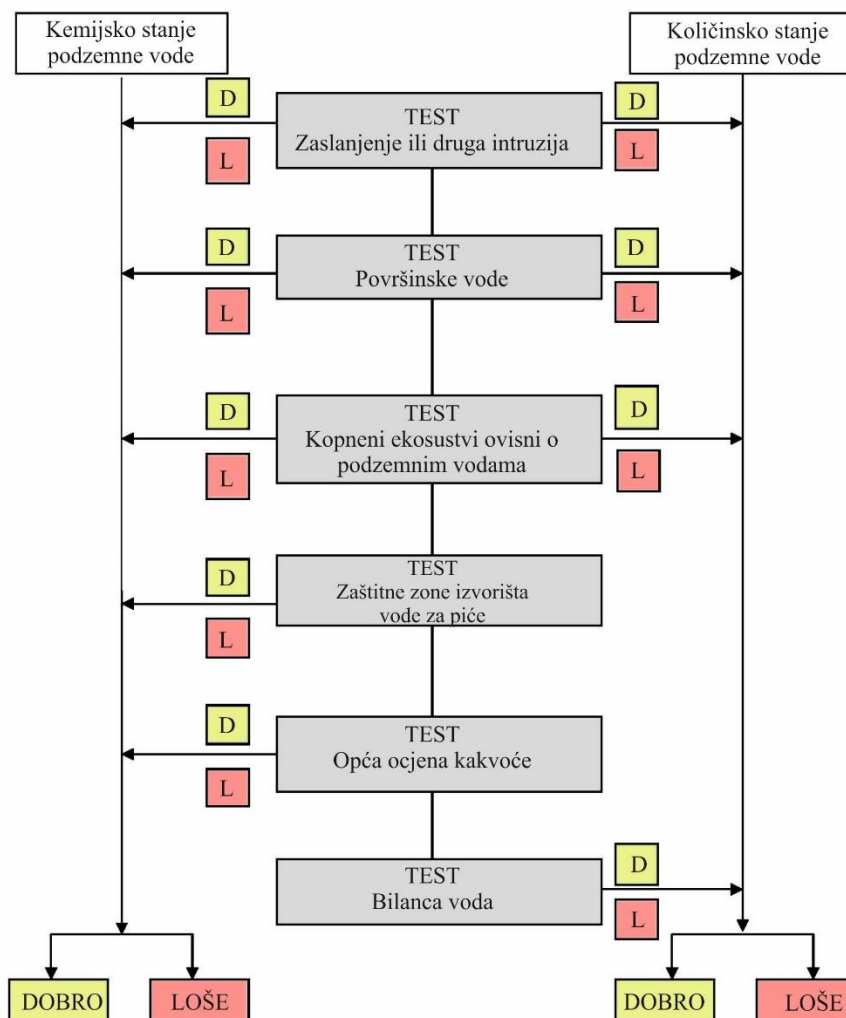
8. Metodologija ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.....	8-1
8.1. Opći dio.....	8-1
8.2. Određivanje pozadinskih ( <i>engl. background</i> ) i graničnih ( <i>engl. threshold</i> ) vrijednosti ....	8-4
8.3. Provedba testova za ocjenu kemijskoga stanja.....	8-8



## 8. Metodologija ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

### 8.1. Opći dio

1. Sukladno uvjetima iz Okvirne direktive o vodama, ODV (2000/60/EZ) i Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (Direktiva o podzemnim vodama, DPV 2006/118/EZ), kemijsko stanje tijela (grupa tijela) podzemnih voda može biti dobro ili loše.
2. Ocjena kemijskoga (i količinskoga) stanja provodi se primjenom klasifikacijskih testova, prema pristupu iz CIS vodiča br. 18 (*Vodič o ocjeni stanja i trendova podzemnih voda*, 2009) (Slika 8.1). Najlošiji rezultat od svih relevantnih testova usvaja se za ukupnu ocjenu kemijskoga stanja nekoga tijela (grupe tijela) podzemne vode.



Slika 8.1. Ocjena kemijskoga i količinskoga stanja tijela podzemnih voda kroz provedbu klasifikacijskih testova (CIS vodič br. 18, 2009)

3. Za ocjenjivanje kemijskog stanja tijela (grupe tijela) podzemne vode koriste se parametri za koje su *Direktivom o podzemnim vodama* i *Uredbom o standardu kakvoće voda (Uredba)* određeni standardi kakvoće podzemnih voda. To su nitrati i aktivne tvari u pesticidima. Koriste se i parametri za koje nisu određeni standardi kakvoće podzemnih voda, ali za koje je *Uredbom* propisano da predstavljaju elemente za ocjenu kemijskog stanja te ih je potrebno uzeti u obzir u postupku ocjene kemijskoga stanja. To su: arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, nitriti, ukupni fosfor/fosfati, suma trikloretena i tetrakloretena te električna vodljivost. Za sve parametre, za koje ne postoje određeni standardi kakvoće voda, određuju su granične vrijednosti koncentracija (engl. threshold values).
4. Za ocjenjivanje kemijskog stanja mogu se, osim parametara koji su definirani *Uredbom o standardu kakvoće voda*, koristiti i ostale (specifične) onečišćujuće tvari (i njihove granične vrijednosti) koje doprinose da je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u riziku od nepostizanja ciljeva definiranih *Okvirnom direktivom o vodama* i *Direktivom o podzemnim vodama*. U ovoj metodologiji, svi parametri koji doprinose riziku i koji se koriste u postupku ocjene kemijskoga stanja definiraju se kao „kritični“ parametri.
5. Za ocjenjivanje kemijskoga stanja tijela ili grupe tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske ne koriste se granične vrijednosti definirane *Uredbom o standardu kakvoće* te *Izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda*, već se određuju nove granične vrijednosti, temeljem preporuka iz CIS vodiča br. 18 (*Vodič o ocjeni stanja i trendova podzemnih voda*), *Vodiča o kemijskoj klasifikaciji podzemnih voda* (UKTAG paper br. 11.b), te izvještaja pod nazivom: *Dubinska procjena razlika u graničnim vrijednostima podzemnih voda ustanovljenih od zemalja članica EU* (Scheidleder, A. (2012): In depth assessment of the differences in groundwater threshold values established by Member States)
6. Postupak ocjene kemijskog stanja provodi se u dva koraka:
  - a. U prvom koraku provjerava se prelaze li srednje vrijednosti „kritičnih“ parametara (na pojedinačnim lokacijama mjernih postaja: zdenaca, izvorišta i/ili piezometara) standarde kakvoće podzemnih voda i/ili granične vrijednosti koncentracija. Ukoliko se utvrdi da srednje vrijednosti koncentracija „kritičnih“ parametara ne prelaze standarde kakvoće podzemnih voda i sve relevantne granične vrijednosti

- koncentracija niti na jednoj lokaciji mjerne postaje, zaključuje se da je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u dobrom kemijskom stanju. U tom slučaju nije potrebno provoditi klasifikacijske testove za tijelo (grupu tijela) podzemne vode.
- b. U svim slučajevima u kojima srednje vrijednosti koncentracija prelaze ili neki od standarda kakvoće podzemnih voda ili neku od graničnih vrijednosti parametara na jednoj ili više lokacija mjernih postaja, tada se sukladno odredbama Direktive za podzemne vode i CIS vodiča br. 18, provodi *odgovarajuće istraživanje* kroz provedbu klasifikacijskih testova za ocjenu kemijskoga stanja, kako bi se definiralo uzrokuje li prekoračenje standarda kakvoće podzemnih voda ili graničnih vrijednosti loše stanje tijela (grupe tijela) podzemnih voda.
7. Klasifikacijski testovi iz točke 2 i 6b ove metodologije definirani su CIS vodičem br. 18. Za ocjenu kemijskoga stanja tijela (grupe tijela) koriste se testovi koji se odnose na podzemne vode: *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode loše kakvoće* (engl. Saline or other intrusions); *Zaštićena područja za pitke vode* (engl. Drinking Water Protected Areas, DWPA), *Ocjena opće kakvoće (tijela ili grupe tijela)* (engl. General quality assessment), *Površinska voda* (engl. Surface water) i *Kopneni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama* (engl. Groundwater dependent terrestrial ecosystems).
8. Ocjenjivanje kemijskoga stanja tijela (grupe tijela) kroz provedbu testa *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode loše kakvoće* i *DWPA testa* provodi se uspoređivanjem mjerenih vrijednosti sa standardima kakvoće i/ili relevantnim graničnim vrijednostima u kombinaciji s analizom trendova.
9. Za ocjenu kemijskoga stanja tijela (grupe tijela) podzemne vode koriste se srednje vrijednosti parametara (koji doprinose riziku) za zadnjih dvije do šest godina, ovisno o kvaliteti podataka.
10. Tijelo (grupa tijela) podzemne vode je u lošem kemijskom stanju ukoliko rezultati bilo kojega klasifikacijskoga testa pokazuju loše stanje.
11. Konačni rezultat ocjene kemijskoga stanja izražava se s određenom razinom pouzdanosti (visokom ili niskom), koja ovisi o kvaliteti i dostupnosti podataka. Postupak određivanja razine pouzdanosti provodi se prema procedurama koje su opisane u ovoj metodologiji za svaki pojedini test.

- a. U slučajevima kada u određenom tijelu (grupi tijela) podzemne vode ne postoje dovoljno kvalitetni podaci (ili podataka nema) za provedbu određenoga testa, tada je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u dobrom kemijskom stanju, s niskom razinom pouzdanosti za taj određeni test. U takvim slučajevima, potrebno je dati prijedlog budućih istraživanja, koji će omogućiti provedbu testa (s visokom razinom pouzdanosti) za idući plan upravljanja vodnim područjima.
- b. U slučajevima kada srednje vrijednosti „kritičnih“ parametara na razini tijela (grupe tijela) podzemne vode prelaze u manje od 50% svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) barem jedan standard kakvoće podzemnih voda i/ili bilo koju graničnu vrijednost koncentracija za određeni test, a rezultati procjene rizika i konceptualni model ukazuju na postojanje rizika za taj test, tada je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u lošem kemijskom stanju, s niskom razinom pouzdanosti.
- c. U slučajevima kada srednje vrijednosti „kritičnih“ parametara na razini tijela (grupe tijela) podzemne vode prelaze u više od 50% svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) barem jedan standard kakvoće podzemnih voda i/ili bilo koju graničnu vrijednost koncentracija za taj test, a rezultati procjene rizika i konceptualni model ukazuju na postojanje rizika za taj test, tada je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u lošem kemijskom stanju, s visokom razinom pouzdanosti.

## 8.2. Određivanje pozadinskih (*engl. background*) i graničnih (*engl. threshold*) vrijednosti

12. CIS vodič br. 18 definira metodologiju za određivanje graničnih vrijednosti „kritičnih parametara“. Sukladno navedenoj metodologiji potrebno je odrediti jednu ili više relevantnih graničnih vrijednosti za svako tijelo (grupu tijela) podzemnih voda. To drugim riječima znači da je moguće imati više graničnih vrijednosti za isti parametar u jednom tijelu (grupi tijela) podzemne vode. Za sve one parametre koji se javljaju u prirodnom stanju i pod utjecajem čovjeka, potrebno je koristiti pristup određivanja graničnih vrijednosti na razini pojedinačnih tijela (grupa tijela) podzemne vode. Za sve one parametre koji se javljaju isključivo pod utjecajem čovjeka, granična vrijednost se određuje na nacionalnoj razini.

13. Sukladno CIS vodiču br. 18, općenito se razlikuju granične vrijednosti koje se odnose na *korištenje podzemnih voda* (engl. usage criteria, primjerice granične vrijednosti koje se koriste prilikom provedbe testova za zaštićena područja za pitke vode) i one koje se odnose na okolišne kriterije (engl. environmental criteria, primjerice granične vrijednosti koje se koriste prilikom provedbe testova za površinske vode i kopnene ekosustave).
14. Za sva tijela (grupe tijela) podzemne vode potrebno je odrediti granične vrijednosti za potrebe provedbe testa *Ocjena opće kakvoće* (osim u iznimnim slučajevima kada nije zadovoljen uvjet naveden u točki 31 ove metodologije). Granične vrijednosti za potrebe provedbe klasifikacijskih testova *Zaštićena područja za pitke vode (DWPA test)* i *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora* određuju se isključivo ukoliko u tijelu (grupi tijela) podzemne vode postoji crpilište za javnu vodoopskrbu (*DWPA test*), odnosno ukoliko je utjecaj crpljenja takav da uzrokuje promjenu geokemijskih uvjeta u vodonosnoj sredini (test *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora*), a time i porast koncentracija parametara koji se javljaju prirodno ili pod utjecajem čovjeka, a koji su osjetljivi na promjene pH i Eh uvjeta u vodonosnoj sredini (vidi obrazloženje pod točkom 17b ovoga pristupa). Za potrebe određivanja pojedinih graničnih vrijednosti u okviru nekoga tijela (grupe tijela) podzemne vode koriste se mjerne postaje, koje su relevantne za pojedini test (primjerice, ukoliko se određuju granične vrijednosti za *DWPA test*, tada se u obzir uzimaju samo mjerne postaje u priljevnom području crpilišta koja se koriste za javnu vodoopskrbu).
15. Prilikom određivanja graničnih vrijednosti koncentracija potrebno je uzeti u obzir *princip predostrožnosti* (sukladno *Priopćenju komisije o principu predostrožnosti*, COM (2000)), na način da se granična vrijednost određuje kao postotak maksimalno dopuštene koncentracije (M.D.K.) vrijednosti parametara definiranih *Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju*. U okviru ovoga pristupa uzima se u obzir 75% vrijednost M.D.K., koja se primjenjuje u okviru postupka koji je opisan pod točkom 17 ove metodologije.
16. Ukoliko se određuje granična vrijednost parametra koji se može javljati prirodno i pod utjecajem čovjeka, tada je za sve glavne parametre, navedene u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode (nitrati, arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, ukupni fosfor, fosfati i vodljivost) potrebno odrediti *pozadinsku vrijednost* (engl. background

value, BL). Pozadinska vrijednost se za potrebe određivanja graničnih vrijednosti i ocjene kemijskoga stanja određuje kao *ambijentalna pozadinska vrijednost*, pod malo izmijenjenim uvjetima, kada povišene razine koncentracija neke tvari u vodi proizlaze iz dugoročnog utjecaja čovjeka, kao što su poljoprivreda, industrija ili urbanizacija, što znači da izmjerene vrijednosti koncentracija neke tvari nisu i ne mogu biti (u cijelosti) odraz prirodnih uvjeta. Pozadinske vrijednosti, za sve glavne parametre, navedene u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode, određuju se za svako tijelo (grupu tijela) podzemnih voda posebno, ovisno o dostupnim podacima iz programa motrenja kakvoće podzemnih voda i sirove vode na izvorištima. Iznimno, pozadinske vrijednosti za parametre koji su osjetljivi na promjene oksidacijsko-redukcijskih uvjeta u vodonosnoj sredini (primjerice nitrate), mogu se određivati posebno za područja u kojima prevladavaju oksidativni uvjeti, odnosno reduktivni uvjeti. Za određivanje pozadinskih vrijednosti koriste se sljedeće metode: IT – iterativna  $2\sigma$  tehnika i IFR – izračunata funkcija raspodjele. Ukoliko nije moguće primijeniti navedene metode za određivanje pozadinskih vrijednosti, primjerice zbog ograničenoga niza podataka parametara za koje se određuju pozadinske vrijednosti, tada je, sukladno odredbama Direktive o izmjenama i dopunama Direktive za podzemne vode iz 2014. godine (točka 1b Dodatka Direktive) moguće primijeniti pojednostavljeni pristup. U navedenim slučajevima, određivanje pozadinskih vrijednosti parametara provodi se u intervalima  $\mu \pm 2SD$  ili medijan  $\pm 2 MAD$ . Ukoliko podataka uopće nema za neku grupu tijela podzemne vode, tada je, sukladno odredbama Direktive o izmjenama i dopunama Direktive za podzemne vode iz 2014. godine (točka 1c Dodatka Direktive) moguće koristiti pozadinske vrijednosti definirane u nekoj drugoj grupi tijela podzemne vode koja ima isti tip vodonosnika.

17. Postupak određivanja graničnih vrijednosti za potrebe provedbe klasifikacijskih testova provodi se kroz sljedeće korake, prema smjernicama iz CIS vodiča br. 18:

a. Određivanje granične vrijednosti za „DWPA“ test

- i. Određuje se *kriterijska vrijednost* (engl. criteria value,  $CV_i$ ) relevantnoga parametra koji doprinosi riziku (kemijski i fizikalno-kemijski parametri). *Kriterijska vrijednost* postavlja se kao M.D.K. vrijednost sukladno odredbama *Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju*.

- ii. Ukoliko se radi o kemijskom ili fizikalno-kemijskom parametru koji se u podzemnim vodama javlja u prirodnom stanju i pod utjecajem čovjeka, za navedeni parametar je potrebno definirati pozadinsku vrijednost ( $BL_i$ ).
- Uspoređuje se kriterijska vrijednost i pozadinska vrijednost:
    - a. Ako je  $CV_i \leq BL_i$ , tada je granična vrijednost parametra ( $TV_i$ ) za DWPA test jednaka  $BL_i$ . Pozadinska vrijednost  $BL_i$ , koja se primjenjuje u postupku računanja granične vrijednosti, određuje se kao gornja granica raspona pozadinske vrijednosti. Izuzetak može biti otopljeni kisik, ukoliko se za njega određuje pozadinska vrijednost, koji se definira kao donja granica raspona pozadinske vrijednosti. (Obrazloženje: metodologija za određivanje pozadinskih vrijednosti temelji se određivanju normalne razdiobe za razmatrani niz podataka, s 95% pouzdanosti, odnosno pozadinska vrijednost određuje se kao raspon vrijednosti (ne kao pojedinačna vrijednost), na način da se „prava ili populacijska“ pozadinska vrijednost nalazi unutar toga raspona vrijednosti s 95% pouzdanosti).
    - b. Ako je  $CV_i > BL_i$ , tada je  $TV_i$  za DWPA test jednaka:
      - i. 75% M.D.K. ( $TV$  za nitrata jednaka je 75% vrijednosti standarda kakvoće podzemne vode, određenoga Direktivom o podzemnim vodama), ukoliko je  $BL_i < 75\% \text{ M.D.K.}$
      - ii.  $BL_i$ , ukoliko je  $75\% \text{ M.D.K.} < BL_i < \text{M.D.K.}$
- iii. Ukoliko se radi o parametru koji se isključivo javlja u podzemnim vodama pod utjecajem čovjeka, tada je  $TV_i$  jednaka 75% M.D.K. (za pojedinačne i ukupne pesticide  $TV$  jednaka je 75% vrijednosti standarda kakvoće podzemne vode određenih Direktivom o podzemnim vodama)
- b. Određivanje granične vrijednosti za test „Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora“
- i. *Kriterijska vrijednost* ( $CV_i$ ) i granična vrijednost parametra ( $TV_i$ ) relevantnoga parametra koji doprinosi riziku jednake su njegovoj pozadinskoj koncentraciji:  $CV_i = TV_i = BL_i$ .
    - Parametri za koje se određuje granična koncentracija su električna vodljivost i ostali relevantni parametri koji mogu biti pokazatelj

prodora slane vode ili drugih (prirodnih) prodora (primjerice kloridi i sulfati). Sukladno CIS vodiču br. 18, prilikom provedbe ovoga testa potrebno je uzeti u obzir i one parametre za koje, zbog utjecaja crpljenja podzemne vode i radi toga promjene geokemijskih (pH i Eh) uvjeta u podzemlju, mjerene vrijednosti koncentracija prelaze njihove pozadinske vrijednosti prije početka crpljenja podzemne vode (primjerice, ukoliko zbog crpljenja podzemnih voda dolazi do promjene Eh-pH uvjeta u vodonosnoj sredini i postupnoga otapanja prirodnih minerala te posljedično do rasta koncentracije otopljenih iona (primjerice željeza i mangana) u podzemnoj vodi iznad njihovih pozadinskih vrijednosti prije početka crpljenja).

c. Određivanje granične vrijednosti za *test „Ocjena opće kakvoće“*

- i. Za potrebe testa „Ocjena opće kakvoće“ granična vrijednost parametra (TV<sub>i</sub>) relevantnoga parametra koji doprinosi riziku određuje se na jednak način kao za „DWPA“ test.

### 8.3. Provedba testova za ocjenu kemijskoga stanja

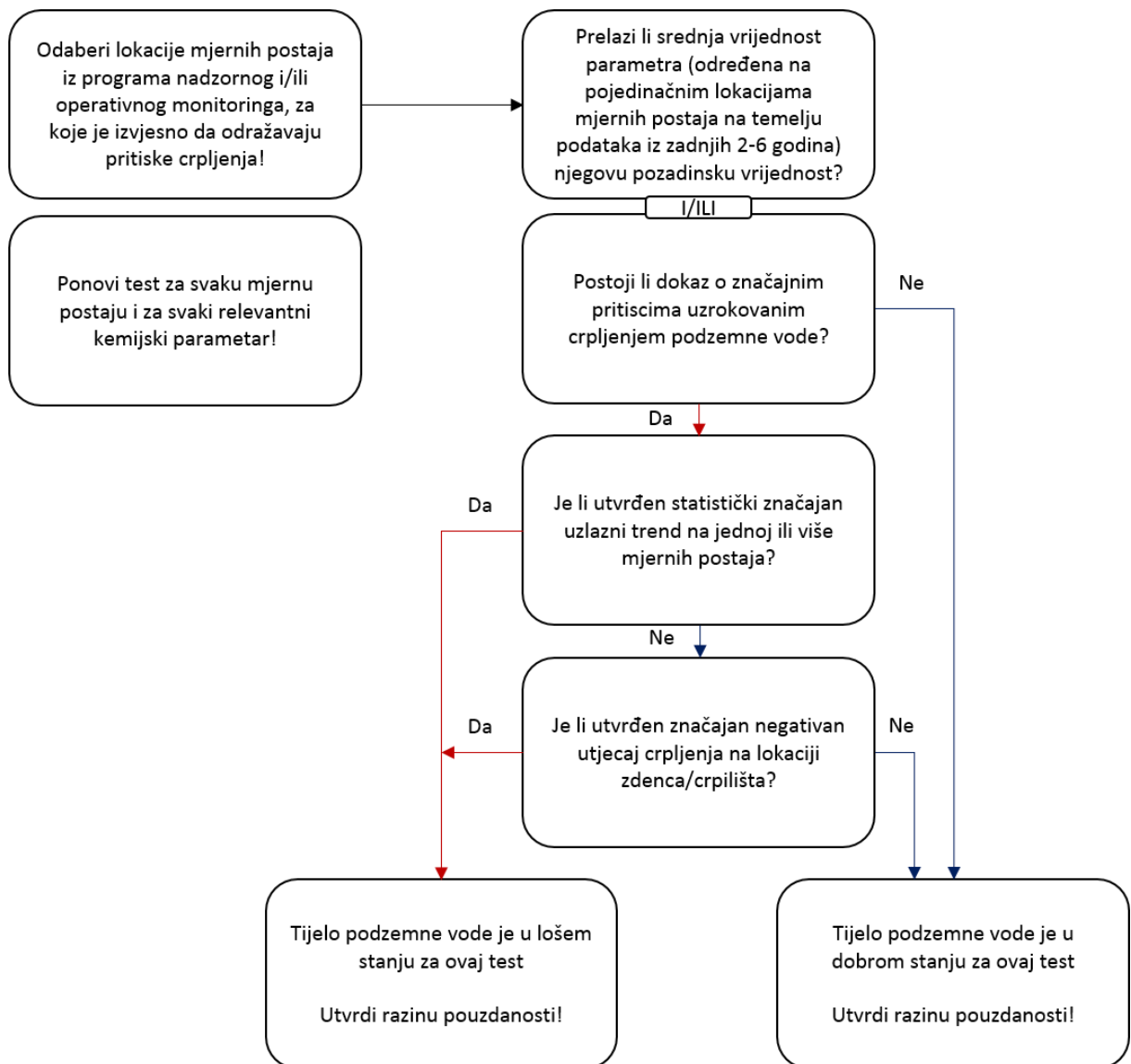
#### *Test Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora*

18. Tijelo (grupa tijela) podzemne vode za ovaj test je u lošem kemijskom stanju ukoliko srednja vrijednost električne vodljivosti i/ili drugih relevantnih parametara, koji mogu biti pokazatelj prodora slane vode ili drugih (prirodnih) prodora, prelazi graničnu vrijednost te ukoliko je za barem jedan od parametara utvrđen statistički značajni uzlazni trend koncentracija na ključnim mjernim postajama (trend se određuje na pojedinačnim mjernim postajama u utjecajnom području zdenca/crpilišta koji zbog crpljenja uzrokuje prodor slane vode ili drugi prodor).
19. Ukoliko niti na jednoj lokaciji mjerne postaje nije utvrđen statistički značajan uzlazni trend, potrebno je utvrditi postoji li zabilježen utjecaj prodora na lokaciji zdenca/crpilišta (koji je uzročnik prodora zbog crpljenja). Primjerice, značajan utjecaj može biti postojanje uređaja za obradu pitke vode (koji iz podzemne vode uklanja neki od relevantnih parametara iz točke 17b ove metodologije, koji ukazuju na prodor) bez kojega se voda sa crpilišta ne može koristiti za piće. Ukoliko postoji uređaj za obradu vode na crpilištu te ukoliko mjerene vrijednosti parametara na mjernim postajama u



utjecajnom području crpilišta prelaze granične vrijednosti, tada je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u lošem stanju za taj test.

20. Test se provodi za svaki od parametara koji mogu biti pokazatelj prodora slane vode ili drugih (prirodnih) prodora, a minimalno barem za električnu vodljivost.
21. Postupak za provedbu testa grafički je prikazan na Slici 8.2.
22. Konačni rezultat ocjene kemijskoga stanja za ovaj test izražava se s određenom razinom pouzdanosti. Kriteriji za određivanje (niske ili visoke) razine pouzdanosti za provedbu testa *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora* prikazani su u Tablici 8.1.



Slika 8.2. Postupak provedbe testa *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora*

Tablica 8.1. Kriteriji za određivanje razine pouzdanosti ocjene stanja tijela podzemne vode kroz provedbu testa

*Prodor slane vode ili drugih prodora*

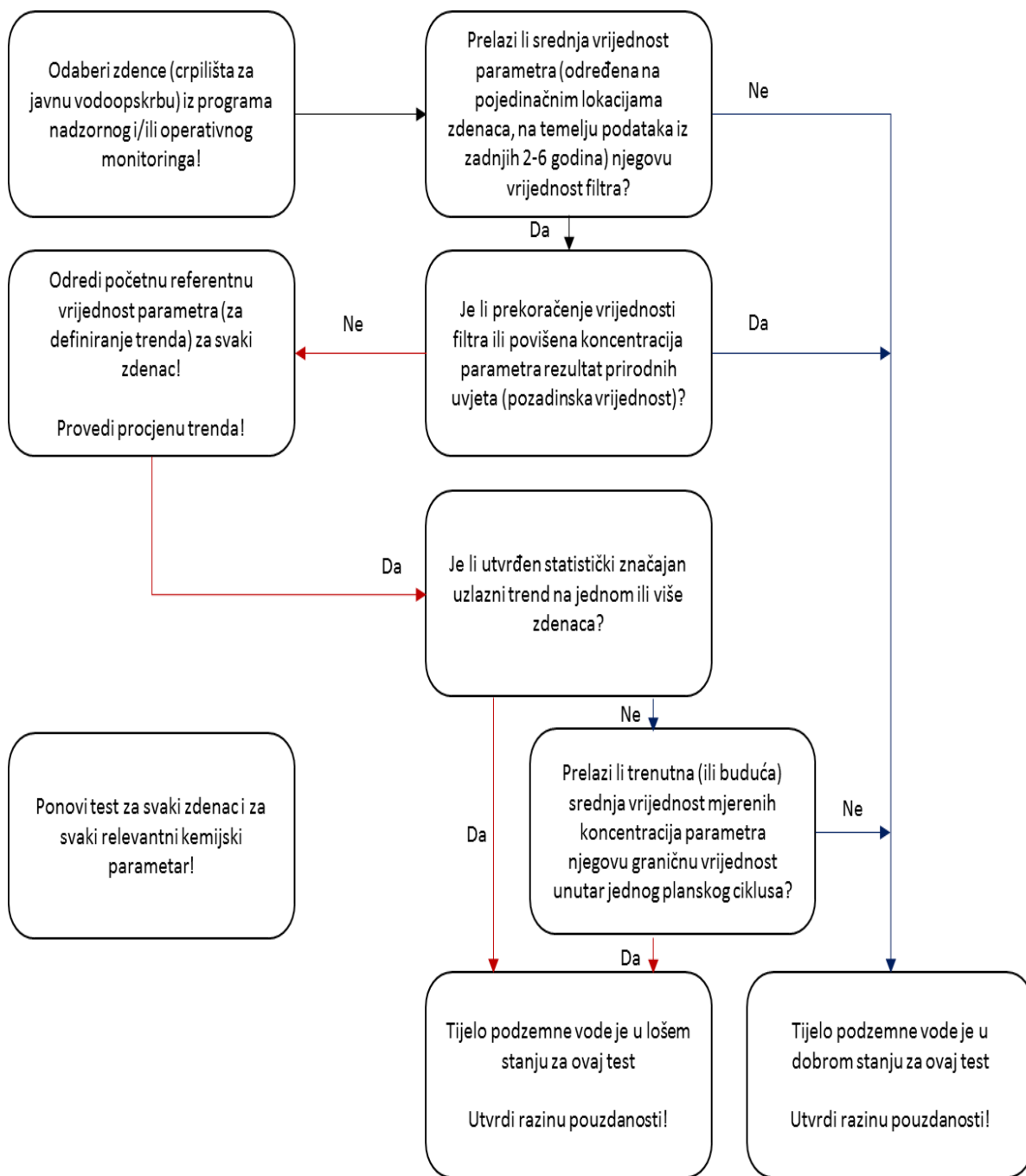
Stanje	Pouzdanost	Kriteriji
Dobro	Visoka	Nisu zabilježeni pritisci od crpljenja podzemne vode koji bi mogli uzrokovati prodor slane vode ili druge prirodne prodore  II  U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na prodor slane vode ili druge prodore, međutim, rezultati motrenja i drugi relevantni podaci ne ukazuju na postojanje značajnih uzlaznoga trenda i prekoračenje granične vrijednosti barem jednoga relevantnog parametra
	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na prodor slane vode ili druge prirodne prodore  I  Ne postoji zadovoljavajući program monitoringa podzemnih voda koji bi potvrdio rezultate procjene rizika, a svi ostali dostupni dokazi (podaci i informacije) ne potvrđuju postojanje značajnih uzlaznih trendova i negativne utjecaje na zdence/crpilišta
Loše	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na prodor slane vode ili druge prirodne prodore  I  Na barem jednoj lokaciji mjerne postaje mjerene vrijednosti koncentracija barem jednoga relevantnog parametra prelaze njegovu graničnu vrijednost  I  Daljnja istraživanja potvrđuju da crpljenje podzemne vode vjerojatno uzrokuje prekoračenje granične vrijednosti i/ili uzlazni trend razmatranoga parametra na barem jednoj mjernoj postaji, međutim, za to postoje tek ograničeni dokazi
	Visoka	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na prodor slane vode ili druge prodore  I  Na barem jednoj lokaciji mjerne postaje mjerene vrijednosti koncentracija barem jednoga relevantnog parametra prelaze njegovu graničnu vrijednost  I  Svi dokazi, uključujući podatke iz programa monitoringa, potvrđuju značajni utjecaj prodora slane vode ili drugih prodora ili značajne negativne utjecaje na zdence/crpilišta, zbog prodora slane vode ili drugih prirodnih prodora.

*DWPA test*

23. Ocjena kemijskoga stanja tijela (grupa tijela) podzemne vode za ovaj test provodi se na način da se utvrđuje je li nastupilo pogoršanje kakvoće sirove vode na zdencima crpilišta za javnu vodoopskrbu, zbog antropogenog utjecaja, koje bi moglo dovesti do potrebe uvođenja novih i/ili složenijih (u odnosu na postojeće) postupaka obrade vode za piće. Ocjenu kemijskoga stanja nije potrebno provoditi na svim zdencima crpilišta,

već samo na reprezentativnim zdencima, temeljem konceptualnog modela tijela (grupe tijela) podzemne vode.

24. Tijelo (grupa tijela) podzemne vode za ovaj test je u lošem kemijskom stanju ukoliko srednja vrijednost koncentracije relevantnoga parametra, koji doprinosi riziku, u sirovoj vodi na lokacijama zdenaca/crpilišta prelazi graničnu vrijednost te ukoliko je za isti parametar utvrđen statistički značajni uzlazni trend koncentracija (trend se određuje na pojedinačnim zdencima na crpilištu za javnu vodoopskrbu). Pritom, parametri za ocjenu ovoga testa su svi relevantni kemijski i fizikalno-kemijski parametri, sukladno odredbama ODV-a.
25. Statistički značajan uzlazni trend određuje se u odnosu na *početnu referentnu vrijednost* (engl. baseline value), koju je potrebno definirati za svaki relevantni parametar prije provedbe analize trenda. *Početna referentna vrijednost* određuje se temeljem rezultata monitoringa sirove vode i u pravilu se određuje kao prva mjerena vrijednost za koju se može dokazati visoka analitička pouzdanost u vremenskom nizu nekog relevantnog parametra.
26. Statistički značajan uzlazni trend određuje se temeljem mjerenih podataka i predviđanja budućih vrijednosti (ekstrapolacijom trenda dobivenog linearnom regresijom). Pritom je poželjno predvidjeti buduće vrijednosti kroz prvi idući ciklus plana upravljanja vodnim područjima.
27. Postupak za provedbu testa grafički je prikazan na Slici 8.3, a sastoji se iz dva koraka. U prvom koraku utvrđuje se prelazi li srednja vrijednost relevantnoga parametra tzv. *vrijednost filtra* (engl. screening value). *Vrijednost filtra* jest granična vrijednost koja se koristi u postupku procjene rizika, a određuje se kao 50% M.D.K. vrijednosti promatranoga parametra, prema odredbama *Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju*. Ukoliko srednja vrijednost relevantnoga parametra ne prelazi *vrijednost filtra*, tijela (grupa tijela) je u dobrom stanju za taj test. Ukoliko prelazi, tada se provodi drugi korak, koja obuhvaća analizu trendova i usporedbu mjerenih vrijednosti s graničnim vrijednostima iz točke 17a ove metodologije.
28. Konačni rezultat ocjene kemijskoga stanja za ovaj test izražava se s određenom razinom pouzdanosti. Kriteriji za određivanje (niske ili visoke) razine pouzdanosti za provedbu *DWPA testa* prikazani su u Tablici 8.2.



Postupak provedbe DWPA testa

Slika 8.3. Postupak provedbe DWPA testa

Tablica 8.2. Kriteriji za određivanje razine pouzdanosti ocjene stanja tijela podzemne vode kroz provedbu  
DWPA testa

Stanje	Pouzdanost	Kriteriji
Dobro	Visoka	Nije prekoračena granična vrijednost niti jednoga relevantnoga parametra niti na jednoj lokaciji zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu I Nije utvrđen statistički značajni uzlazni trend razmatranog parametra niti na jednoj lokaciji zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu
	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na cilj(eve) za DWPA I Rezultati motrenja ukazuju da je granična vrijednost nekog parametra prekoračena na jednoj ili više lokacija zdenaca koji se koriste za javnu vodoopskrbu, međutim ne postoji zadovoljavajući program monitoringa podzemnih voda koji bi potvrdio prisutnost statistički značajnoga uzlaznog trenda razmatranog parametra II Rezultati motrenja ukazuju da je granična vrijednost nekog relevantnoga parametra prekoračena na jednoj ili više lokacija zdenaca koji se koriste za javnu vodoopskrbu, međutim nije utvrđen statistički značajni uzlazni trend razmatranog parametra niti na jednoj lokaciji zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu
Loše	Niska	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na cilj(eve) za DWPA I Na barem jednoj lokaciji zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu mjerene vrijednosti koncentracija barem jednoga relevantnoga parametra prelaze granične vrijednosti, a tijekom procjene trendova utvrđen je statistički značajni uzlazni trend razmatranog parametra, međutim, postoji određeno odstupanje između rezultata procjene trendova te analize pritiska i/ili podataka o obradi vode na promatranom crpilištu
	Visoka	U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku s obzirom na cilj(eve) za DWPA I Na barem jednoj lokaciji zdenca koji se koristi za javnu vodoopskrbu mjerene vrijednosti koncentracija barem jednoga relevantnoga parametra prelaze granične vrijednosti, a tijekom procjene trendova utvrđen je statistički značajni uzlazni trend razmatranog parametra I Postoji nedvojbeno utvrđeni dokaz o pogoršanju kakvoće sirove vode na barem jednom crpilištu za javnu vodoopskrbu, zbog antropogenog utjecaja, koje bi moglo dovesti do potrebe uvođenja novih i/ili složenijih (u odnosu na postojeće) postupaka obrade vode za piće

### Test „Ocjena opće kakvoće“

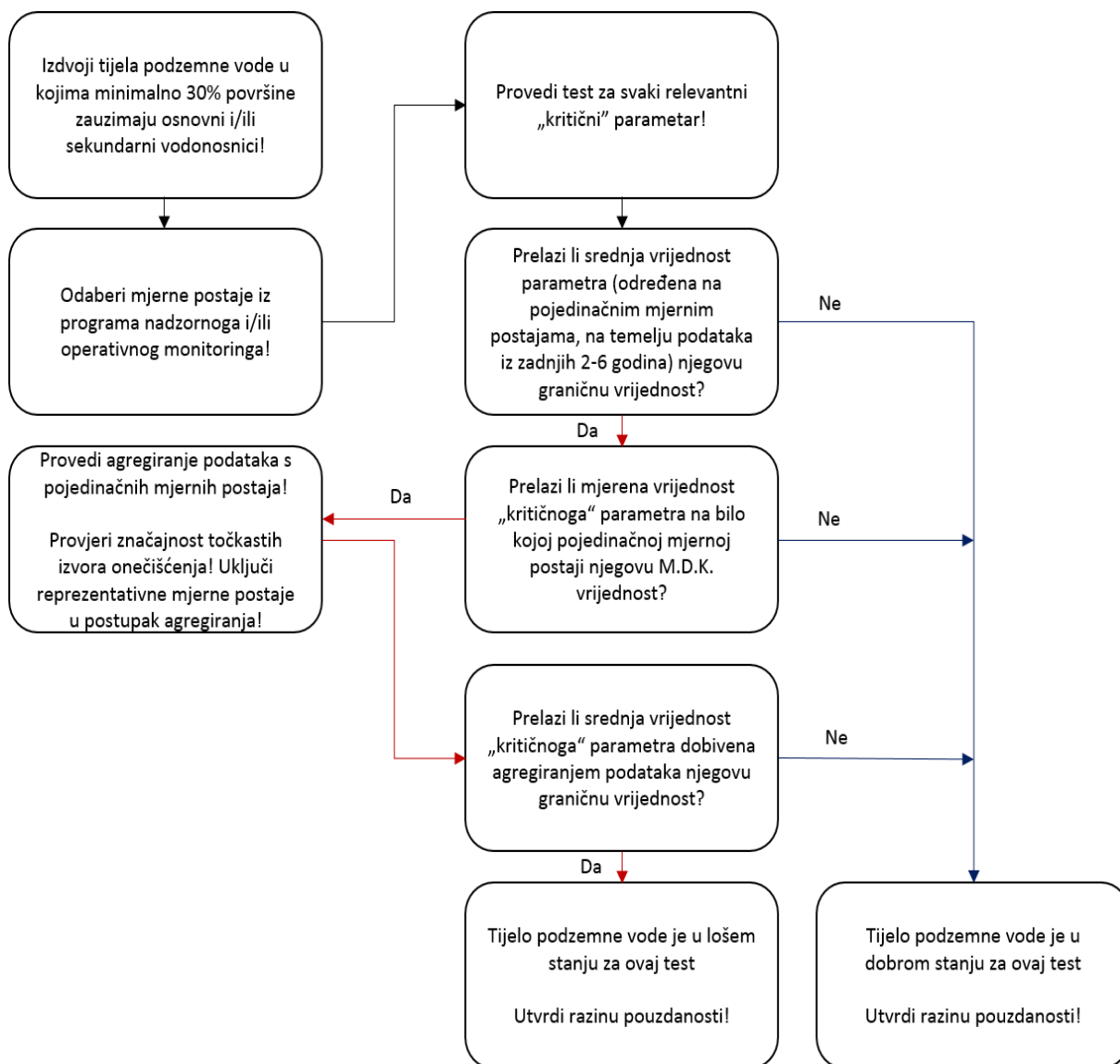
29. Ocjena kemijskoga stanja tijela (grupe tijela) podzemne vode za ovaj test provodi se na način da se određuje koliki je dio površine tijela (grupe tijela) podzemne vode, gdje srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra, koji doprinosi riziku, prelazi graničnu

vrijednost. Cilj testa jest procjena je li površinska rasprostranjenost onečišćenja u tijelu (grupi tijela) podzemne vode takva da može ugroziti korištenje vode za sadašnju ili buduću ljudsku uporabu. Cilj testa nije procjena utjecaja lokalnih onečišćenja na podzemne vode, osim u slučajevima kada lokalna onečišćenja mogu značajno doprinijeti da je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u lošem kemijskom stanju.

30. Tijelo (grupa tijela) podzemne vode za test „Ocjena opće kakvoće“ je u lošem kemijskom stanju ukoliko srednja vrijednost koncentracije „kritičnoga“ parametra na pojedinačnoj mjernoj postaji prelazi graničnu vrijednost te ukoliko srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra dobivena agregiranjem podataka s mjernih postaja, koje su (kumulativno) reprezentativne za minimalno 30% površine tijela (grupe tijela) podzemne vode, prelazi graničnu vrijednost toga parametra.
31. Ocjena kemijskoga stanja tijela (grupe tijela) podzemne vode za ovaj test provodi se isključivo za ona tijela (grupe tijela) u kojima minimalno 30% površine tijela (grupe tijela) podzemne vode zauzimaju osnovni i/ili sekundarni vodonosnici, iz kojih se ostvaruje ili će se ostvarivati značajno korištenje podzemne vode i koji imaju značajnu ulogu za održanje ekosustava. Ocjena kemijskoga stanja se ne provodi ukoliko više od 70% površine tijela (grupe tijela) podzemne vode zauzimaju neproduktivni vodonosnici, koji ne daju količine veće od 10 m<sup>3</sup>/dan.
32. Postupak za provedbu testa grafički je prikazan na Slici 8.4, a sastoji se iz tri koraka.
  - a. U prvom koraku utvrđuje se prelazi li srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra na bilo kojoj pojedinačnoj mjernoj postaji graničnu vrijednost tog parametra. Ukoliko ne prelazi, tijelo (grupa tijela) jest u dobrom kemijskom stanju za ovaj test. Ukoliko prelazi, provodi se drugi korak.
  - b. U drugom koraku utvrđuje se prelazi li mjerena vrijednost „kritičnoga“ parametra na bilo kojoj pojedinačnoj mjernoj postaji M.D.K. vrijednost sukladno odredbama *Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju*. Ukoliko ne prelazi, tijelo (grupa tijela) jest u dobrom kemijskom stanju za ovaj test. Ukoliko prelazi, provodi se treći korak.
  - c. U trećem koraku utvrđuje se prelazi li srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra dobivena agregiranjem podataka s mjernih postaja, koja je (kumulativno) reprezentativna za minimalno 30% površine tijela (grupe tijela) podzemne

vode, graničnu vrijednost tog parametra. Ukoliko ne prelazi, tijelo (grupa tijela) jest u dobrom kemijskom stanju za ovaj test.

33. Agregiranje podataka (iz točke 32c ove metodologije) provodi se uzimajući u obzir:
- a. tipove vodonosnika (osnovni, sekundarni, neproduktivni), koji se razlikuju u odnosu na: mogućnost korištenja podzemne vode za različite namjene te hidraulička svojstva vodonosnika i krovinskih naslaga;
  - b. prirodnu ranjivost vodonosnika;
  - c. osjetljivost tla na propuštanje onečišćenja i
  - d. površinsku rasprostranjenost plošnih izvora onečišćenja.
34. Agregiranje podataka provodi se isključivo s onih mjernih postaja koje se nalaze u:
- a. osnovnim ili sekundarnim vodonosnicima i
  - b. u područjima s određenim kategorijama prirodne ranjivosti i osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača:
    - i. kategorije prirodne ranjivosti podzemne vode: umjerena ili povišena ili visoka i
    - ii. kategorije osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača: umjerena do jaka ili jaka do umjerena ili jaka i
  - c. u područjima s utvrđenim pritiscima iz plošnih izvora onečišćenja.
35. Ukoliko konceptualni model pokazuje da se određena mjerna postaja nalazi u utjecajnom području značajnoga točkastoga izvora onečišćenja, tada se podaci s te mjerne postaje mogu uključiti u postupak agregiranja podataka iz točke 34 ove metodologije. Je li ili nije točkasti izvor onečišćenja značajan utvrđuje se iz rezultata numeričkoga modeliranja ili analize trendova „kritičnih“ parametara na pojedinačnim mjernim postajama u utjecajnom području promatranoga točkastoga izvora onečišćenja.
36. Konačni rezultat ocjene kemijskoga stanja za ovaj test izražava se s određenom razinom pouzdanosti. Kriteriji za određivanje (niske ili visoke) razine pouzdanosti za provedbu testa „*Ocjena opće kakvoće*“ prikazani su u Tablici 8.3.



Slika 8.4. Postupak provedbe testa *Ocjena opće kakvoće*



Tablica 8.3. Kriteriji za određivanje razine pouzdanosti ocjene stanja tijela podzemne vode kroz provedbu testa

*Ocjena opće kakvoće*

Stanje	Pouzdanost	Kriteriji
Dobro	Visoka	<p>U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode nije u riziku za ovaj test</p> <p>I</p> <p>Granične vrijednosti relevantnih „kritičnih parametara“ nisu prekoračene i svi drugi dostupni podaci i informacije potvrđuju da ne postoji značajan utjecaj onečišćenja koji bi uzrokovao loše stanje tijela podzemne vode</p>
	Niska	<p>U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku za ovaj test</p> <p>I</p> <p>Na barem jednoj mjernoj postaji srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu graničnu vrijednost, međutim daljnja istraživanja potvrđuju da mjerena vrijednost „kritičnoga“ parametra ne prelazi njegovu M.D.K. vrijednost niti na jednoj mjernoj postaji</p> <p>III</p> <p>Srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu graničnu vrijednost na manje od 30% površine tijela podzemne vode ili postoji odstupanje između podataka motrenja i konceptualnoga modela tijela podzemne vode koji prikazuje poznate pritiske i njihove utjecaje na podzemne vode</p>
Loše	Niska	<p>U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku za ovaj test</p> <p>I</p> <p>Na barem jednoj mjernoj postaji srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu graničnu vrijednost i barem jedna mjerena vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu M.D.K. vrijednost na barem jednoj mjernoj postaji</p> <p>I</p> <p>Daljnja istraživanja potvrđuju da srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu graničnu vrijednost na više od 30% površine tijela podzemne vode, međutim, postoji odstupanje između podataka motrenja i konceptualnoga modela tijela podzemne vode koji prikazuje poznate pritiske i njihove utjecaje na podzemne vode</p>
	Visoka	<p>U postupku procjene rizika utvrđeno je da tijelo podzemne vode jest u riziku za ovaj test</p> <p>I</p> <p>Na barem jednoj mjernoj postaji srednja vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu graničnu vrijednost i barem jedna mjerena vrijednost „kritičnoga“ parametra prelazi njegovu M.D.K. vrijednost na barem jednoj mjernoj postaji</p> <p>I</p> <p>Svi dostupni podaci i informacije, uključujući podatke iz programa monitoringa, potvrđuju postojanje značajnoga onečišćenja tijela podzemne vode (na više od 30% površine tijela podzemne vode prekoračene su granične vrijednosti „kritičnog“ parametra)</p>

9. Granične (threshold) i pozadinske (background) vrijednosti  
parametara u podzemnim vodama panonskoga dijela  
Republike Hrvatske

## Sadržaj

9. Granične (threshold) i pozadinske (background) vrijednosti parametara u podzemnim vodama panonskoga dijela Republike Hrvatske .....	9-1
9.1. Pristup određivanju pozadinskih vrijednosti parametara koji se u podzemnim vodama javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka .....	9-1
9.2. Rezultati određivanja pozadinskih vrijednosti parametara u tijelima podzemnih voda panonskoga dijela Republike Hrvatske .....	9-8
9.3. Rezultati određivanja graničnih vrijednosti „kritičnih parametara“ u tijelima podzemnih voda panonskoga dijela Republike Hrvatske .....	9-12

## 9. Granične (threshold) i pozadinske (background) vrijednosti parametara u podzemnim vodama panonskoga dijela Republike Hrvatske

Metodologija za određivanje graničnih vrijednosti „kritičnih parametara“ (parametara koji doprinose riziku i koji se koriste u postupku ocjene kemijskoga stanja) u podzemnim vodama panonskoga dijela Republike Hrvatske detaljno je prikazana u poglavlju 7 (u metodologiji ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske), od točke 12 do točke 17. U poglavlju 7 ukratko je prikazan i pristup određivanju pozadinskih vrijednosti parametara koji se u podzemnim vodama mogu javljati prirodno i pod utjecajem čovjeka.

U ovom poglavlju detaljno je prikazan pristup (metodologija) određivanju pozadinskih vrijednosti parametara u podzemnim vodama u panonskom dijelu Republike Hrvatske, kao i rezultati određivanja pozadinskih vrijednosti parametara dobivenih temeljem navedenoga pristupa. Također su prikazani rezultati određivanja graničnih vrijednosti „kritičnih parametara“ u podzemnim vodama, za grupe tijela podzemnih voda koje su u riziku, temeljem metodologije iz poglavlja 7.

### 9.1. Pristup određivanju pozadinskih vrijednosti parametara koji se u podzemnim vodama javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka

Nužnost određivanja pozadinskih vrijednosti parametara u podzemnoj vodi proizlazi izravno iz odredbi dodatka II.A *Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće* (Direktiva o podzemnim vodama, DPV 2006/118/EZ; 2014/80/EZ). U točki 3 dodatka IIA navedeno je sljedeće: „Gdjegod se javljaju povišene pozadinske vrijednosti tvari ili iona ili njihovih pokazatelja zbog prirodnih hidrogeoloških značajki, te pozadinske vrijednosti u relevantnim tijelima podzemnih voda moraju se uzeti u obzir prilikom određivanja graničnih vrijednosti. Kada se određuju pozadinske vrijednosti, sljedeći principi moraju se uzeti u obzir: a) određivanje pozadinskih vrijednosti mora biti temeljeno na karakterizaciji tijela podzemnih voda u skladu s dodatkom II. Direktive 2000/60/EZ (ODV) i na rezultatima monitoringa stanja podzemnih voda u skladu s dodatkom V. te Direktive....“.

Za određivanje pozadinskih vrijednosti parametara, u kontekstu implementacije odredbi ODV i DPV, vrlo je važno definirati što su to *pozadinske vrijednosti* (engl. background

levels; background concentrations) te zašto je njihovo određivanje važno za razlikovanje između koncentracija nekoga elementa ili spoja koje se javljaju kao posljedica prirodnih procesa i koncentracija toga istoga elementa ili spoja koje su posljedica antropogenih utjecaja na podzemne vode.

Kakvoća podzemne vode je posljedica sumarnih utjecaja prirodnih i antropogeno uvjetovanih procesa koji se javljaju u nezasićenoj i zasićenoj zoni, što u određenim uvjetima može dovesti do povišenih koncentracija pojedinih tvari u podzemnoj vodi, čak i iznad standarda za pitku vodu. Činjenica jest, međutim, da povišene koncentracije ne znače *a priori* da je podzemna voda onečišćena ili zagađena zbog utjecaja ljudskih aktivnosti. Dapače, u određenim hidrogeokemijskim uvjetima realno je za očekivati da sumarni utjecaji prirodnih procesa (primjerice procesa desorpcije i otapanja tvari u određenim Eh-pH uvjetima) dovode do visokih koncentracija tvari (primjerice As, F, Fe) koje se u podzemnoj vodi mogu javiti prirodno, ali i zbog utjecaja ljudskih aktivnosti. Pozadinske vrijednosti su, prije svega, važne kao referentna razina u odnosu na koju se provodi kvantitativna ili kvalitativna procjena jesu li povišene (anomalije) vrijednosti neke tvari u podzemnoj vodi posljedica prirodnih uvjeta ili onečišćenja zbog ljudskoga djelovanja (Edmunds & Shand, 2008).

Prirodne pozadinske vrijednosti odražavaju prirodne procese, koji nisu posljedica ljudskih aktivnosti, i potrebne su za razlikovanje između prirodnih i antropogeno uvjetovanih koncentracija neke tvari u podzemnoj vodi (Balderacchi et al., 2013). Tu činjenicu prepoznaje i Direktiva o podzemnim vodama, koja specifično određuje *pozadinsku vrijednost* kao: „koncentraciju tvari ili vrijednost pokazatelja u tijelu podzemne vode koja je jednaka stanju, nenarušenom ljudskim djelovanjem, ili tek neznatno promijenjenom stanju zbog ljudskoga djelovanja“.

Iz gornje definicije pozadinskih vrijednosti, vidljivo je da DPV definira pozadinsku vrijednost kao stanje koje se može neznatno promijeniti zbog dugotrajnih ljudskih utjecaja. Tome u prilog idu i razmišljanja nekih autora (Kelly & Panno, 2008), koji smatraju da prirodne pozadinske vrijednosti kemijskih tvari više ne postoje zbog ljudskoga utjecaja na cijelom planetu. Dapače, navedeni autori smatraju da su u mnogim dijelovima svijeta ljudske aktivnosti bile prisutne toliko dugo vrijeme da je besmisleno pokušati odrediti prirodne pozadinske vrijednosti (prije utjecaja čovjeka), čak i u područjima za koja se općenito smatra da su „netaknuta“ ljudskim djelovanjem.

U nekim slučajevima, pozadinske vrijednosti su određene temeljem povijesnih podataka, iz uzoraka u područjima za koja se smatra da su „netaknuta“ ljudskim djelovanjem (Jaquet et al., 1982; Kilchmann et al., 2004) ili iz dubokih podzemnih voda, u koje nije moglo prodrijeti onečišćenje (Hernández-García & Custodio, 2004). No, kao što je i prethodno navedeno, neki autori dvoje o ovako dobivenim rezultatima, a dodatno ograničenje ovoga pristupa jest da su takvi podaci općenito slabo dostupni. Uz navedeno, povijesni podaci mogu biti prikupljeni i analizirani metodama koje su danas neprihvatljive, s obzirom na općeprihvaćene procedure osiguranja kvalitete i kontrole kvalitete podataka.

Prihvaćajući ova razmišljanja, Reiman & Garrett 2005. godine definiraju tzv. *ambijentalnu pozadinsku vrijednost*. Radi se o pozadinskoj vrijednosti pod malo izmijenjenim uvjetima, kada povišene razine koncentracija neke tvari u vodi proizlaze iz dugoročnog utjecaja čovjeka, kao što su poljoprivreda, industrija ili urbanizacija, što znači da izmjerene vrijednosti koncentracija neke tvari nisu i ne mogu biti (u cijelosti) odraz prirodnih uvjeta. Ovaj koncept preuzimaju i drugi autori (Panno, 2006; Nakić et al., 2007; Nakić et al., 2010), uvažavajući činjenicu da za neke tvari u podzemnim vodama (primjerice nitrata) postoje mnogobrojni prirodni i antropogeni izvori, koji su mogli utjecati na njihove koncentracije. Sukladno navedenom, koncept određivanja *ambijentalne pozadinske vrijednosti* primijenjen je za potrebe određivanja pozadinskih vrijednosti u okviru metodologije određivanja graničnih vrijednosti i ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.

Prilikom određivanja pozadinskih vrijednosti potrebno je uzeti u obzir i prirodnu varijabilnost kakvoće podzemne vode, zbog kumulativnoga učinka prirodnih procesa na kemijski sastav podzemne vode. Naime, pozadinske vrijednosti se vrlo često određuju kao nepromjenjive vrijednosti neke tvari u promatranom području, bez da se uzima u obzir prirodna varijabilnost (Matschullat et al., 2000). Takav pristup je pogrešan, jer se pozadinske vrijednosti vrlo često mijenjaju zbog promjenjivih hidrodinamičkih i hidrogeokemijskih uvjeta u vodonosnoj sredini. Korištenjem nepromjenjive (stalne) pozadinske vrijednosti za određeni parametar u nekom vodonosniku, koja je djelomično onečišćena, često se precjenjuje kakvoća podzemne vode u onečišćenom dijelu vodonosnika, odnosno podcjenjuje kakvoća podzemne vode u dijelu vodonosnika koje nije zahvaćeno onečišćenjem. Pokazalo se da većina znanstvenih i tehničkih problema, povezanih s procjenom utjecaja izvora onečišćenja na kakvoću podzemne vode, proizlazi iz nepoznavanja prirodne varijabilnosti nekoga elementa ili

spoja u podzemnoj vodi (Kwiatkowski, 1991). Zbog navedenoga, pozadinsku vrijednost je potrebno određivati kao intervalnu vrijednost, odnosno kao koncentracijski raspon neke tvari u prirodnim uvjetima, koji pokazuje prirodnu varijabilnost te tvari, a unutar kojega se nalazi „prava“ pozadinska vrijednost.

Na razini Europske Unije ne postoji jedinstveni pristup za određivanje pozadinskih vrijednosti tvari u podzemnoj vodi. U okviru europskoga FP5 projekta BaSeLiNe (engl. Natural baseline quality in european aquifers: a basis for aquifer management), predložen je pristup koji se temelji na određivanju prirodne varijabilnosti kakvoće podzemne vode. Iako zemlje članice EU primjenjuju vrlo različite pristupe u određivanju pozadinskih vrijednosti, najčešće se koriste *medijan  $\pm$  2 MAD* (srednje apsolutno odstupanje od medijana, engl. median absolute deviation) i *srednja vrijednost  $\pm$  2SD* (standardno odstupanje, engl. standard deviation) (Edmunds & Shand, 2008). Sličan pristup određivanju pozadinskih vrijednosti predložen je i u okviru FP6 projekta BRIDGE (engl. Background cRiteria for the IDentification of Groundwater thrEsholds), temeljem rezultata istraživanja provedenih u 14 studija slučaja, u reprezentativnim tipovima vodonosnika u državama članicama EU. Činjenica jest, međutim, da navedeni pristupi imaju određena ograničenja. Pristup koji se temelji na određivanju *srednje vrijednosti  $\pm$  2SD* vrlo često se koristi za određivanje granice između ekstremnih vrijednosti, koje se javljaju izvan normalne razdiobe podataka nekoga kemijskoga spoja ili elementa (koje se javljaju kao posljedica onečišćenja) i prirodne varijabilnosti podataka, koja se opisuje normalnom razdiobom. Problem u ovom pristupu je što se vrlo često ekstremne vrijednosti javljaju i unutar normalne razdiobe podataka u okviru nekoga statističkoga uzorka (Balderacchi et al., 2013), naročito ukoliko dolazi do preklapanja dvije ili više (normalnih) razdioba podataka iz više populacija koje mogu biti posljedica različitih procesa i/ili onečišćenja u nekom prostorno izoliranom području. Umjesto navedenoga pristupa, temeljenoga na određivanju *srednje vrijednosti  $\pm$  2SD*, neki autori određuju pozadinsku vrijednost u okviru intervala *medijan  $\pm$  2 MAD*. Prednost ovoga pristupa je u tome što se radi o robustnom alatu, koji u znatnom dijelu rješava problem ekstremnih vrijednosti. Ovaj pristup ima i svoje nedostatke, prije svega, u činjenici da se isti temelji na normalnoj razdiobi unutarnje „jezgre“ podataka (unutarnjih 50% podataka), a osim toga, postotak ekstremnih vrijednosti korištenjem navedenoga pristupa može biti znatno precijenjen (Reimann et al., 2009).

Oba gore navedena pristupa, *medijan  $\pm 2$  MAD* i *srednja vrijednost  $\pm 2SD$* , pripadaju u tzv. *subjektivne metode temeljene na modelu* (engl. model-based subjective methods), koje u osnovi predviđaju primjenu određenoga statističkoga ili matematičkoga modela na odabrani niz geokemijskih podataka, ali koje se ne temelje na nekom prethodno definiranom obliku razdiobe podataka. Danas se sve češće koriste tzv. *objektivne metode temeljene na modelu* (engl. model-based objective methods), koje se temelje na pristupu određivanja funkcije raspodjele vjerojatnosti i koje se razlikuju od *subjektivnih metoda temeljene na modelu* u tome da su granice između pozadinskih i antropogeno uvjetovanih koncentracija određene temeljem podataka, a ne temeljem proizvoljne odluke istraživača (Sinclair, 1991). U osnovi, pristup određivanja funkcije raspodjele vjerojatnosti temelji se na podjeli cjelovitoga skupa podataka (iz nekoga statističkog uzorka) u određene podskupine, koje su odraz relevantnih geokemijskih procesa i/ili događaja onečišćenja. Podskupina koja predstavlja pozadinske koncentracije nekoga elementa ili kemijskoga spoja ima karakterističnu funkciju gustoće vjerojatnosti koja je rezultat kumulativnoga utjecaja različitih procesa na promatranom području. Takva podskupina podataka se može aproksimirati s normalnom ili log normalnom razdiobom (Sinclair, 1991).

U *objektivne metode temeljene na modelu* pripadaju IT – iterativna  $2\sigma$  tehnika i IFR – izračunata funkcija raspodjele. Obje metode temelje se na određivanju skupa podataka koji se može aproksimirati s normalnom razdiobom, a koja predstavlja koncentracijski raspon vrijednosti u okviru kojega se nalazi pozadinska vrijednost populacije u promatranom području (vodonosnom sloju). Postupak određivanja normalne razdiobe kod obje metode svodi se na procesuiranje mjerenih podataka (uklanjanjem ekstremnih vrijednosti) sve dok se ne postigne normalna razdioba (Balderacchi et al., 2013).

IT – iterativna  $2\sigma$  tehnika je metoda kojom se normalna razdioba aproksimira oko moda podataka iz statističkoga uzorka (Matschullat et al., 2000). Ona se naročito primjenjuje u situacijama kada je potrebno odrediti donju i/ili gornju granicu koncentracijskoga raspona (opisanoga normalnom razdiobom) pozadinske vrijednosti populacije. Primjerice, donja granica koncentracijskoga raspona pozadinske vrijednosti je važna ukoliko se određuje pozadinska vrijednost za otopljeni kisik. Naime, primjenom ove metode određuju se minimumi, odnosno ekstremne vrijednosti koncentracija otopljenoga kisika ispod donje granice pozadinske vrijednosti, koje ukazuju da u onečišćenom dijelu vodonosnika dolazi do



promjene oksidacijsko-redukcijskih uvjeta zbog onečišćenja s tvarima koje troše kisik u podzemnoj vodi.

IFR – izračunata funkcija raspodjele se primjenjuje u situacijama kada je potrebno odrediti gornju granicu koncentracijskoga raspona (opisanoga normalnom razdiobom) pozadinske vrijednosti populacije, a naročito ukoliko su u statističkom uzorku prisutne brojne ekstremne vrijednosti nekoga parametra (kao pokazatelji antropogenih utjecaja), koji se na grafu razdiobe podataka pokazuju kao pozitivne anomalije normalne razdiobe (Matschullat et al., 2000).

Obje metode mogu se primjenjivati na razmjerno malom skupu ( $n > 30$ ) nekoga statističkoga uzorka. Ukoliko je  $n < 30$ , ali je normalni niz podataka ( $n_1$ ) nakon odstranjivanja ekstremnih vrijednosti veći od 4 ( $n_1 > 4$ ), tada se primjenjuje Lilliefors-ova inačica Kolmogorov-Smirnov procedure (Lilliefors, 1967) za testiranje normalne razdiobe na nekom skupu podataka (Nakić et al., 2007). Važno je naglasiti da su obje metode primjenjive u slučajevima unimodalne i desnostrano asimetrične razdiobe podataka nekoga statističkoga uzorka mjerenih podataka, pa čak i u slučajevima raštrkane (engl. scattered) razdiobe, pod uvjetom da je Lilliefors-ova T vrijednost manja od  $T_{krit.}$ . IFR – izračunata funkcija raspodjela se može vrlo uspješno primijeniti u slučajevima kada neki statistički uzorak sadrži mjerene vrijednosti koncentracija koje su posljedica raznorodnih procesa i/ili onečišćenja, koje rezultiraju višemodalnom razdiobom podataka. Glavna prednost ovih metoda u odnosu na druge metode (primjerice *subjektivne metode temeljene na modelu*) jest u tome da se njihovom primjenom određuje normalni niz podataka (populacijska pozadinska vrijednost nalazi se u rasponu  $\mu \pm 2SD$ ) s 95% pouzdanosti (Balderacchi et al., 2013).

Općenito, dakle, postoje brojne metode koje se mogu koristiti prilikom određivanja pozadinskih vrijednosti neke tvari. Prilikom donošenja odluke o najprikladnijoj metodi, potrebno je uzeti u obzir: svrhu određivanja pozadinskih vrijednosti; kvalitetu podataka iz „originalnoga“ niza podataka nekoga statističkoga uzorka; primjenjivost metode s obzirom na njena ograničenja te reprezentativnost pozadinske vrijednosti, odnosno radi li se o *stvarnoj* ili *ambijentalnoj pozadinskoj vrijednosti*. Uz navedeno, potrebno je uzeti u obzir prisutnost poznatih izvora onečišćenja, prostorno mjerilo te lokacije uzimanja uzoraka iz kojih se dobiva statistički uzorak (Balderacchi et al., 2013).

Temeljem svega navedenoga, *ambijentalne pozadinske vrijednosti* za sve glavne parametre u podzemnim vodama panonskoga dijela Republike Hrvatske, navedene u dodatku

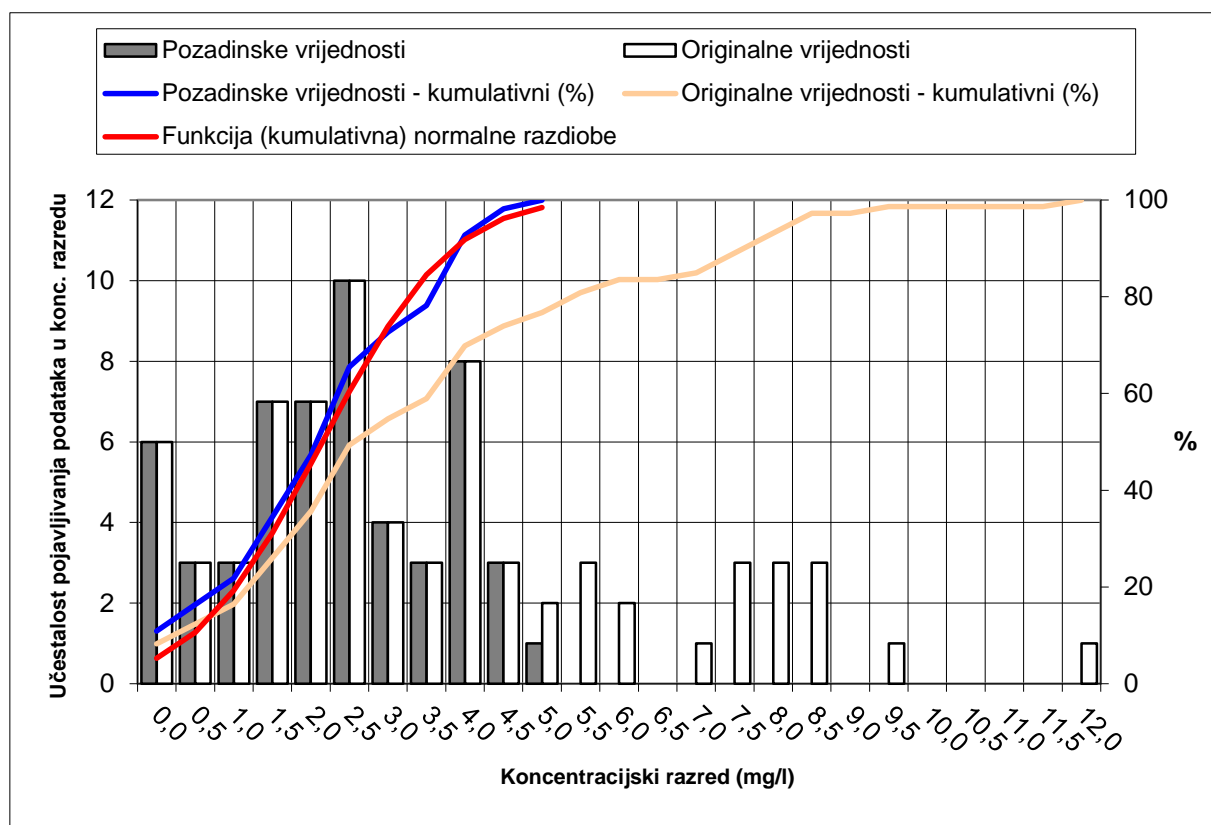
I. i II. Direktive za podzemne vode (nitrati, arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, ukupni fosfor, fosfati i vodljivost), kao i za neke dodatne pokazatelje mogućega onečišćenja podzemnih voda, određene su, prije svega, primjenom IT – iterativne  $2\sigma$  tehnike i IFR – izračunate funkcije raspodjele. Koja metoda je primijenjena na realnom skupu podataka, zavisilo je o prethodno definiranim ograničenjima i kriterijima za odabir metoda za određivanje pozadinskih vrijednosti. Prilikom izračuna pozadinskih vrijednosti, primjenom navedenih metoda, određeni su: normalni niz podataka (u rasponu  $\mu \pm 2SD$ ), gornja i/ili donja granica koncentracijskoga raspona parametra, kumulativna funkcija normalne razdiobe, kumulativni % originalnoga i normalnoga niza podataka te histogrami originalnoga i normalnoga niza podataka (Slika 9.1).

Test normalne razdiobe podataka za razinu značajnosti  $\alpha=0,05$  proveden je primjenom Lilliefors-ove inačice Kolmogorov-Smirnov procedure, na način da je izračunata  $T_{krit.}$  i  $T$  vrijednost. Pritom, jedna ili druga metoda je primjenjiva ukoliko je izračunata  $T$  vrijednost manja od  $T_{krit.}$

Ukoliko nije bilo moguće primijeniti navedene metode za određivanje pozadinskih vrijednosti, primjerice zbog nedostatnosti ili loše kvalitete podataka parametara za koje je bilo potrebno odrediti pozadinske vrijednosti, tada je, sukladno odredbama Direktive o izmjenama i dopunama Direktive za podzemne vode iz 2014. godine (točka 1b Dodatka Direktive) primijenjen pojednostavljeni pristup. Konkretno, određivanje pozadinskih vrijednosti parametara provedeno je korištenjem *subjektivne metode temeljene na modelu*, odnosno metodom određivanja *srednje vrijednosti  $\pm 2SD$* .

Bez obzira kojom metodom su određene ambijentalne pozadinske vrijednosti parametara kakvoće podzemne vode u razmatranim grupama tijela podzemne vode, statistički uzorak za izračun koncentracijskoga raspona pozadinskih vrijednosti morao je sadržavati određeni minimalni broj prostornih podataka o koncentracijama razmatranoga parametara u nekom homogenom području. Drugim riječima, pozadinske vrijednosti su određene temeljem podataka nacionalnoga monitoringa kakvoće podzemne vode s različitim lokacija (piezometara) u razmatranoj grupi tijela podzemne vode. Iznimno, ukoliko su podaci iz nacionalnoga monitoringa kakvoće podzemne vode bili nedostatni ili ih nije bilo, u obzir su uzeti podaci o kakvoći sirove vode sa zdenaca crpilišta. U tom slučaju pozadinske vrijednosti su određene temeljem vremenskih podataka s reprezentativnoga zdenca (koji se nalazi u području u kojem nema ili je minimalno prisutan antropogeni utjecaj na podzemne vode).

U pojedinim slučajevima utvrđeno je da podataka uopće nema za pojedine grupe tijela podzemne vode. Tada je, sukladno odredbama Direktive o izmjenama i dopunama Direktive za podzemne vode iz 2014. godine (točka 1c Dodatka Direktive) *ambijentalna pozadinska vrijednost* za neki parametar u razmatranoj grupi tijela podzemne vode preuzeta iz grupe tijela podzemne vode koja ima isti tip vodonosnika i za koju je bilo dovoljno podataka za određivanje *ambijentalne pozadinske vrijednosti* za taj parametar.



Slika 9.1 Način određivanja *ambijentalnih pozadinskih vrijednosti* primjenom IT – iterativne  $2\sigma$  tehnike ili IFR – izračunate funkcije raspodjele

## 9.2. Rezultati određivanja pozadinskih vrijednosti parametara u tijelima podzemnih voda panonskoga dijela Republike Hrvatske

Ambijentalne pozadinske vrijednosti parametara kakvoće podzemnih voda određene su posebno za svaku grupu tijela podzemnih voda, ovisno o tome jesu li ili ne bili dostupni podaci odgovarajuće kvalitete iz programa motrenja kakvoće podzemnih voda i sirove vode na izvorištima (Tablica 9.1). Ambijentalne pozadinske vrijednosti parametara uglavnom su određene iz podataka nacionalnoga monitoringa kakvoće podzemnih voda, osim za fosfate i kadmij, za koje su korišteni podaci sirove vode sa zdenaca crpilišta (Tablica 9.1). S obzirom da

metodologija za određivanje pozadinskih vrijednosti omogućuje da se za parametre koji su osjetljivi na promjene oksidacijsko-redukcijskih uvjeta u vodonosnoj sredini ambijentalne pozadinske vrijednosti mogu određivati posebno za područja u kojima prevladavaju oksidativni uvjeti, odnosno reduktivni uvjeti, takav pristup primijenjen je za nitrate.

Tablica 9.1. Ambijentalne pozadinske vrijednosti „kritičnih“ parametara kakvoće podzemnih voda u grupama tijela podzemnih voda

Parametar	Grupe tijela podzemne vode														
	Međimurje	Varaždinsko područje	Sliv Bednje***	Legrad – Slatina	Novo Virje***	Istočna Slavonija Sliv Drave i Dunava	Sliv Sutle i Krapine	Sliv Lonja – Ilova – Pakra	Sliv Orljave	Zagreb	Lekenik – Lužani	Istočna Slavonija Sliv Save	Žumberak Samoborsko gorje***	Kupa	Una***
	CDGI_18	CDGI_19	CDGI_20	CDGI_21	CDGI_22	CDGI_23	CSGI_24	CSGN_25	CSGN_26	CSGI_27	CSGI_28	CSGI_29	CSGI_30	CSGI_31	CSGI_32
Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	3,7 – 5,4 IT	1,8 – 6,3 IT		0 – 3,5 IFR		0,3 – 2,6 IFR	0,4 – 0,8 IT		0 – 23,5 IFR	0 – 18,9 IT		0,8 – 2,3 IFR		0,9 – 7,8 IT	
Amonij N mg/l				0 – 0,6 IT		0 – 1,1 IT		0 – 4,1 IT		0 – 1,1 IFR	0 – 3,0 IFR	0 – 2,4 IT			
Ukupni Fosfor mg P/l						0 – 1 IFR		0 – 0,2 IFR	0 – 0,1 IFR		0 – 0,5 IFR	0,1 – 0,3 IFR			
Sulfati mg/l	23,1 – 44,5 IFR	0 – 57,6 IFR		0 – 27,6 IFR		0 – 4,2 IFR	8,5 – 20,3 μ ± 2 SD	0,4 – 1,5 IFR	0 – 77,6 IFR	10,7 – 38,7 IFR	0 – 5,9 IFR	0 – 6,5 IFR		2,6 – 16,9 IFR	
Kloridi mg/l	0,6 – 33,8 IT	1,3 – 21,1 IT		0 – 13,7 IFR		1,7 – 10,4 IFR	0,5 – 3,9 μ ± 2 SD	0 – 53,1 IFR	0 – 39,3 IT	2,8 – 19,9 IT	1,8 – 4,9 IT	1 – 6,5 IT		0 – 17,2 IT	
Vodljivost μS/cm	253,8 – 902,2 IFR	349,6 – 911,4 IFR		336,2 – 636,8 IFR		480,4 – 994,7 IT	521,2 – 636,0 IT	381,2 – 953,8 IT	295,5 – 1046,5 IT	317,0 – 940,7 IT	487 – 841 IFR	234,3 – 913,7 IFR		182,3 – 705,4 IT	
Otopljeni kisik mg O <sub>2</sub> /l	1,1 – 9,7 IT	0,5 – 2,0 IT		0,2 – 7,4 IT				0,5 – 3,7 IT						1,0 – 8,2 IT	
Arsen μg As/l				0 – 11,7 IT		0 – 62 IFR		0 – 20,0 IT		0,0 – 4,0 IT	0 – 9,8 IT	0 – 19,2 IFR			
Olovo μg Pb/l										0 – 16,0 IFR					
Željezo μg Fe/l	0 – 72,5 IT	0 – 14,1 IT		0 – 4133,6 IT		0 – 2064,8 IFR	0 – 16,6 IFR			0 – 6,3 IT		0 – 676,1 IT		0 – 11,2 IFR	
Mangan μg Mn/l	0,6 – 5,6 IFR	0 – 10,0 IFR		0 – 334,8 IFR		0 – 149,3 IT		0 – 147,4 IFR	0 – 54,5 IT	0 – 0,6 IT	0 – 258,2 IT	0 – 141,8 IFR		0 – 12,0 IFR	
Fosfati* μg/l						2,7 – 64,3 IFR									
Kadmij* μg Cd/l						0 – 0,2 IT						0 – 0,2** IT			

Napomene: crvenom bojom je označena prihvaćena pozadinska vrijednost za određeni parametar; ispod raspona pozadinskih vrijednosti navedena je šifra metode s kojom su određene pozadinske vrijednosti: IT – iterativna 2σ tehnika; IFR – izračunata funkcija raspodjele; ako niti jedna od navedenih metoda nije primjenjiva, korištena je metoda μ ± 2 SD

\* parametri za koje su pozadinske vrijednosti određene iz sirove vode

\*\* pozadinska vrijednost preuzeta je zbog sličnih hidrogeoloških značajki iz grupe tijela *Istočna Slavonija sliv Drave i Dunava*

\*\*\* grupe tijela podzemne vode u kojima nema dovoljno kvalitetnih podataka za izračun ambijentalnih pozadinskih vrijednosti

Konkretno, za nitrata su određene, kako ambijentalne pozadinske vrijednosti u pojedinim grupama tijela podzemnih voda (Tablica 9.1), tako i reprezentativne ambijentalne pozadinske vrijednosti za područja (grupe tijela podzemne vode) u kojima prevladavaju oksidativni, odnosno reduktivni uvjeti.

Za oksidativne uvjete pozadinska vrijednost iznosi 6,0 mg NO<sub>3</sub>/l, a za reduktivne uvjete iznosi 2,3 mg NO<sub>3</sub>/l. Ove vrijednosti određene su ekspertnom procjenom iz izračunatih koncentracijskih raspona ambijentalnih pozadinskih vrijednosti nitrata za pojedine grupe tijela podzemne vode u kojima prevladavaju oksidativni, odnosno reduktivni uvjeti.

Ambijentalne pozadinske vrijednosti određene su za parametre koji su navedeni u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode, kao i za neke dodatne pokazatelje mogućega onečišćenja podzemnih voda (arsen, željezo i mangan). Činjenica jest, međutim, da su u pojedinim grupama tijela podzemnih voda podaci pojedinih parametara kakvoće podzemnih voda s reprezentativnih lokacija mjernih postaja piezometara ili zdenaca vrlo ograničeni ili podataka nema. Pozadinske vrijednosti parametara u grupama tijela podzemnih voda određene su isključivo ukoliko su zadovoljeni kriteriji za primjenu metoda opisanih u poglavlju 16.1. Ukoliko to nije bio slučaj, tada je *ambijentalna pozadinska vrijednost* za neki parametar kakvoće podzemne vode u razmatranoj grupi tijela podzemne vode preuzeta iz grupe tijela podzemne vode koja ima isti tip vodonosnika ili ista nije određena za razmatranu grupu tijela podzemne vode.

U Tablici 9.1. prikazani su koncentracijski rasponi ambijentalnih pozadinskih vrijednosti razmatranih parametara kakvoće podzemne vode, a posebno su označene izračunate gornje granice koncentracijskih raspona. Iznimno, za otopljeni kisik označene su donje granice koncentracijskih raspona, sukladno obrazloženju navedenom u poglavlju 16.1. Naime, navedene gornje (i donje) granice koncentracijskih raspona prihvaćene su kao reprezentativne ambijentalne pozadinske vrijednosti razmatranih parametara, koje su zatim korištene u postupku određivanja graničnih vrijednosti koncentracija.

Iz Tablice 9.1. vidljivo je da za pojedine grupe tijela podzemne vode (Sliv Bednje, Novo Virje, Žumberak – Samoborsko gorje i Una) nisu izračunate ambijentalne pozadinske vrijednosti niti za jedan parametar, a za sve preostale grupe tijela podzemne vode nedostaju izračunate ambijentalne pozadinske vrijednosti za jedan ili više parametara. Razlog je taj što ili nisu bili dostupni prostorni podaci o kakvoći podzemnih voda iz nacionalnoga monitoringa podzemnih voda, odnosno monitoringa kakvoće sirove vode, ili su vrijednosti koncentracija

parametara bile niže od granica detekcije ili granica kvantifikacije, pa nisu niti uzete kao mjerodavne za izračun.

Zbog prethodno navedenih ograničenja preporučuje se da se izračun ambijentalnih pozadinskih vrijednosti za sve navedene parametre, a naročito za one za koje nisu niti određene, ponovi nakon uspostave relevantnih programa nadzornoga i/ili operativnoga monitoringa kemijskoga stanja podzemnih voda, koji će osigurati dovoljno kvalitetne podatke za izračun ambijentalnih pozadinskih vrijednosti s visokom razinom pouzdanosti.

### 9.3. Rezultati određivanja graničnih vrijednosti „kritičnih parametara“ u tijelima podzemnih voda panonskoga dijela Republike Hrvatske

Određivanje graničnih vrijednosti „kritičnih parametara“ (parametara koji doprinose riziku i koji se koriste u postupku ocjene kemijskoga stanja tijela (grupe tijela) podzemnih voda panonskoga dijela Republike Hrvatske) provedeno je iterativnim postupkom, slijedeći pristup za određivanje graničnih vrijednosti u *Metodologiji ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske*, prikazanoj u poglavlju 7, i uzimajući u obzir preporuke iz *Metodologije procjene rizika od nepostizanja dobroga kemijskoga i količinskog stanja za tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske* (točke 12 i 13), prikazanoj u poglavlju 14. Iterativni postupak proveden je u dva koraka.

**U prvom koraku** određene su „preliminarne“ granične vrijednosti za sve parametre koji su navedeni u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode, kao i za dodatne pokazatelje mogućega onečišćenja podzemnih voda (arsen, željezo i mangan), za koje su određene ambijentalne pozadinske vrijednosti. „Preliminarne“ granične vrijednosti svih navedenih parametara određene su kako bi se u postupku ocjene kemijskoga stanja i procjene rizika utvrdilo (s određenom razinom pouzdanosti) koji parametri doprinose riziku od nepostizanja okolišnih ciljeva definiranih člankom 4 ODV.

Sukladno pristupu za određivanje graničnih vrijednosti, „preliminarne“ granične vrijednosti navedenih parametara određene su posebno za ocjenu kemijskoga stanja i procjenu rizika, u cilju provedbe testova: *Ocjena opće kakvoće* (osim u slučajevima navedenim u točki 31 *Metodologije ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske*), *Zaštićena područja za pitke vode (DWPA test)* i *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora*. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara za provedbu

*DWPA testa i Prodora slane vode ili drugih prodora* određene su samo ukoliko u tijelu (grupi tijela) podzemne vode postoji barem jedno crpilište za javnu vodoopskrbu (*DWPA test*), odnosno ukoliko je utjecaj crpljenja takav da uzrokuje promjenu geokemijskih uvjeta u vodonosnoj sredini (*Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora*).

Prema pristupu navedenom u točki 12 *Metodologije ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske*, za sve parametre iz dodatka I. i II. Direktive za podzemne vode, kao i za dodatne pokazatelje mogućega onečišćenja podzemnih voda (arsen, željezo i mangan), koji se javljaju u prirodnom stanju i pod utjecajem čovjeka, „preliminarne“ granične vrijednosti određene su na razini pojedinačnih tijela (grupa tijela) podzemne vode, i to onih za koje su prethodno određene ambijentalne pozadinske vrijednosti parametara kakvoće. Za parametre iz dodatka I. i II. Direktive za podzemne vode, koji se javljaju isključivo pod utjecajem čovjeka, „preliminarne“ granične vrijednosti određene su na nacionalnoj razini.

Rezultati određivanja „preliminarnih“ graničnih vrijednosti parametara, koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka, za pojedinačne grupe tijela podzemne vode prikazani su u Tablicama 9.2 do 9.12. Rezultati određivanja „preliminarnih“ graničnih vrijednosti parametara koji se javljaju isključivo pod utjecajem čovjeka prikazani su u Tablici 9.13.

**U drugom koraku**, tijekom postupka usporedbe srednjih (agregiranih) vrijednosti mjerenih koncentracija parametara s „preliminarnim“ graničnim vrijednostima te postupka određivanja značajnih uzlaznih trendova koncentracija razmatranih parametara, određene su „konačne“ granične vrijednosti onih parametara za koje je u postupku ocjene kemijskoga stanja i procjene rizika utvrđeno da vjerojatno doprinose riziku od nepostizanja okolišnih ciljeva definiranih člankom 4 ODV.

Rezultati određivanja „konačnih“ graničnih vrijednosti parametara prikazani su u Tablici 9.14. U skladu s preporukama za određivanje ambijentalnih pozadinskih vrijednosti, navedenima u prethodnom poglavlju, preporučuje se da se izračun „preliminarnih“ i „konačnih“ graničnih vrijednosti ponovi nakon uspostave relevantnih programa nadzornoga i/ili operativnoga monitoringa kemijskoga stanja podzemnih voda. Navedeni programi morali bi osigurati dovoljno kvalitetne podatke za izračun graničnih vrijednosti s visokom razinom pouzdanosti.



Tablica 9.2. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Međimurje

(CDGI\_18)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>
Nitrati $NO_3$ mg/l	28,1	–	28,1	37,5	–	37,5
Sulfati mg/l	140,6	44,5*	140,6	187,5	44,5	187,5
Kloridi mg/l	140,6	33,8*	140,6	187,5	33,8	187,5
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	902,2*	1406,3	1875,0	902,2	1875,0
Ot. Kisik mg/l	–	1,1****	–	–	1,1****	–
Željezo $\mu gFe/l$	112,5	72,5*	112,5	150,0	72,5	150,0
Mangan $\mu gMn/l$	28,1	5,6*	28,1	37,5	5,6	37,5

\* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti

\*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

\*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda

\*\*\*\* Granična vrijednost za otopljeni kisik koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga silaznoga trenda; promatra se je li srednja agregirana vrijednost manja od granične vrijednosti

Tablica 9.3. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Varaždinsko područje

(CDGI\_19)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>
Nitrati $NO_3$ mg/l	28,1	–	28,1	37,5	–	37,5
Sulfati mg/l	140,6	57,6*	140,6	187,5	57,6	187,5
Kloridi mg/l	140,6	21,1*	140,6	187,5	21,1	187,5
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	911,4*	1406,3	1875,0	911,4	1875,0
Ot. Kisik mg/l	–	0,5****	–	–	0,5****	–
Željezo $\mu gFe/l$	112,5	14,1*	112,5	150,0	14,1	150,0
Mangan $\mu gMn/l$	28,1	10,0*	28,1	37,5	10,0	37,5
Kalij mg/l	6,8	–	6,8	9,0	–	9,0

\* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti

\*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

\*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda

\*\*\*\* Granična vrijednost za otopljeni kisik koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga silaznoga trenda; promatra se je li srednja agregirana vrijednost manja od granične vrijednosti

Tablica 9.4. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Legrad – Slatina

(CDGI\_21)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>
Nitrati $NO_3$ mg/l	28,1	–	28,1	37,5	–	37,5
Amonij N mg/l	0,6*	–	0,6**	0,6	–	0,6
Sulfati mg/l	140,6	27,6*	140,6	187,5	27,6	187,5
Kloridi mg/l	140,6	13,7*	140,6	187,5	13,7	187,5
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	636,8*	1406,3	1875,0	636,8	1875,0
Ot. Kisik mg/l	–	0,2****	–	–	0,2****	–
Arsen $\mu gAs/l$	11,7*	11,7*	11,7*	11,7	11,7	11,7
Željezo $\mu gFe/l$	4133,6*	4133,6*	4133,6*	4133,6	4133,6	4133,6
Mangan $\mu gMn/l$	334,8*	334,8*	334,8*	334,8	334,8	334,8

\* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti

\*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

\*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda

\*\*\*\* Granična vrijednost za otopljeni kisik koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga silaznoga trenda; promatra se je li srednja agregirana vrijednost manja od granične vrijednosti

Tablica 9.5. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Istočna Slavonija: Sliv Drave i Dunava (CDGI\_23)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>
Nitrati $NO_3$ mg/l	28,1	–	28,1	37,5	–	37,5
Amonij N mg/l	1,1*	–	1,1*	1,1	–	1,1
Uk. Fosfor mg/l	–	1,0*	–	–	1,0	–
Sulfati mg/l	140,6	4,2*	140,6	187,5	4,2	187,5
Kloridi mg/l	140,6	10,4*	140,6	187,5	10,4	187,5
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	994,7*	1406,3	1875,0	994,7	1875,0
Arsen $\mu gAs/l$	62*	62*	62*	62	62	62
Željezo $\mu gFe/l$	2064,8*	2064,8*	2064,8*	2064,8	2064,8	2064,8
Mangan $\mu gMn/l$	149,3*	149,3*	149,3*	149,3	149,3	149,3
Kalij mg/l	6,8	–	6,8	9	–	9
Fosfati $\mu g/l$ ****	168,8	–	–	225,0	–	–
Nikal $\mu gNi/l$ ****	11,3	–	–	15,0	–	–
Kadmij $\mu gCd/l$ ****	2,8	–	–	3,75	–	–

\* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti  
 \*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu  
 \*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda  
 \*\*\*\* Granične vrijednosti za  $PO_4$ , Ni i Cd primjenjuju se samo za DWPA test

Tablica 9.6. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Sliv Sutle i Krapine

(CSGI\_24)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće****</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće****</i>
Nitrati $NO_3$ mg/l	28,1	–	–	37,5	–	–
Sulfati mg/l	140,6	20,3*	–	187,5	20,3	–
Kloridi mg/l	140,6	3,9*	–	187,5	3,9	–
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	636,0*	–	1875,0	636,0	–
Željezo $\mu gFe/l$	112,5	16,6*	–	150,0	16,6	–

\* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti

\*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

\*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda

\*\*\*\* Granična vrijednost se ne određuje za ovaj test, jer u vodnom tijelu prevladavaju neproduktivni vodonosnici

Tablica 9.7. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Sliv Lonja- Ilova-Pakra  
(CSGN\_25)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>
Amonij N mg/l	4,1*	–	4,1*	4,1	–	4,1
Uk. Fosfor mg/l	–	0,2*	–	–	0,2	–
Sulfati mg/l	140,6	1,5*	140,6	187,5	1,5	187,5
Kloridi mg/l	140,6	53,1*	140,6	187,5	53,1	187,5
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	953,8*	1406,3	1875,0	953,8	1875,0
Ot. Kisik mg/l	–	0,5****	–	–	0,5****	–
Arsen $\mu gAs/l$	20*	20*	20*	20	20	20
Željezo $\mu gFe/l$	1195,1*	1195,1*	1195,1*	1195,1	1195,1	1195,1
Mangan $\mu gMn/l$	147,4*	147,4*	147,4*	147,4	147,4	147,4

- \* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti  
\*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu  
\*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda  
\*\*\*\* Granična vrijednost za otopljeni kisik koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga silaznoga trenda; promatra se je li srednja agregirana vrijednost manja od granične vrijednosti

Tablica 9.8. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Sliv Orpljave

(CSGN\_26)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće****</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće****</i>
Nitrati $NO_3$ mg/l	28,1	–	–	37,5	–	–
Amonij $N$ mg/l						
Uk. Fosfor mg/l	–	0,1*	–	–	0,1	–
Sulfati mg/l	140,6	77,6*	–	187,5	77,6	–
Kloridi mg/l	140,6	39,3*	–	187,5	39,3	–
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	1046,5*	–	1875,0	1046,5	–
Željezo $\mu gFe/l$	112,5	90,2*	–	150	90,2	–
Mangan $\mu gMn/l$	54,5*	54,5*	–	54,5	54,5	–

- \* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti
- \*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu
- \*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda
- \*\*\*\* Granična vrijednost se ne određuje za ovaj test, jer u vodnom tijelu prevladavaju neproduktivni vodonosnici

Tablica 9.9. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Zagreb (CSGI\_27)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>
Nitrati $NO_3$ mg/l	28,1	–	28,1	37,5	–	37,5
Amonij N mg/l	1,1*	–	1,1*	1,1	–	1,1
Sulfati mg/l	140,6	38,7*	140,6	187,5	38,7	187,5
Kloridi mg/l	140,6	19,9*	140,6	187,5	19,9	187,5
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	940,7*	1406,3	1875,0	940,7	1875,0
Arsen $\mu gAs/l$	5,6	4,0*	5,6	7,5	4,0	7,5
Željezo $\mu gFe/l$	112,5	6,3*	112,5	150,0	6,3	150,0
Mangan $\mu gMn/l$	28,1	0,6*	28,1	37,5	0,6	37,5
Olovo $\mu gPb/l$	16,0*	–	16,0*	16,0	–	16,0
Kalij mg/l	6,8	–	6,8	9,0	–	9,0

\* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti

\*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

\*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda



Tablica 9.10. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Lekenik-Lužani

(CSGI\_28)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>
Amonij <i>N mg/l</i>	3,0*	–	3,0*	3,0	–	3,0
Sulfati <i>mg/l</i>	140,6	5,9*	140,6	187,5	5,9	187,5
Uk. Fosfor <i>mg/l</i>	–	0,5*	–	–	0,5	–
Kloridi <i>mg/l</i>	140,6	4,9*	140,6	187,50	4,9	187,50
Vodljivost <i>μS/cm</i>	1406,3	841*	1406,2	1875,00	841	1875,00
Arsen <i>μgAs/l</i>	9,80*	9,80*	9,80*	9,80	9,80	9,80
Cink <i>μgZn/l</i>	1687,50	–	1687,50	2250,00	–	2250,00
Željezo <i>μgFe/l</i>	7725,9*	7725,9*	7725,9*	7725,9	7725,9	7725,9
Mangan <i>μgMn/l</i>	258,2*	258,2*	258,2*	258,2	258,2	258,2
Fluoridi <i>mg/l</i>	0,84	0,5*	0,84	1,125	0,5	1,125

\* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti

\*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

\*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda

Tablica 9.11. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Istočna Slavonija:

Sliv Save (CSGI\_29)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće</i>
Nitrati $NO_3$ mg/l	28,1	–	28,1	37,5	–	37,5
Amonij $N$ mg/l	2,4*	–	2,4*	2,4	–	2,4
Uk. Fosfor mg/l	–	0,3*	–	–	0,3	–
Sulfati mg/l	140,6	6,5*	140,6	187,5	6,5	187,5
Kloridi mg/l	140,6	6,5*	140,6	187,5	6,5	187,5
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	913,7*	1406,3	1875,0	913,7	1875,0
Arsen $\mu gAs/l$	19,2*	19,2*	19,2*	19,2	19,2	19,2
Željezo $\mu gFe/l$	676,1*	676,1*	676,1*	676,1	676,1	676,1
Mangan $\mu gMn/l$	141,8*	141,8*	141,8*	141,8	141,8	141,8
Nikal $\mu gNi/l$ ****	11,3	–	–	15,0	–	–
Kadmij $\mu gCd/l$ ****	2,8	–	–	3,75	–	–

- \* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti  
 \*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu  
 \*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda  
 \*\*\*\* Granične vrijednosti za Ni i Cd primjenjuju se samo za DWPA test

Tablica 9.12. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka za grupu tijela podzemne vode: Kupa

(CSGI\_31)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće*****</i>	DWPA test**	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora***</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće*****</i>
Nitrati $NO_3$ mg/l	28,1	–	–	37,5	–	–
Sulfati mg/l	140,6	16,9*	–	187,5	16,9	–
Kloridi mg/l	140,6	17,2*	–	187,5	17,2	–
Vodljivost $\mu S/cm$	1406,3	705,4*	–	1875,0	705,4	–
Ot. Kisik mg/l	–	1,0****	–	–	1,0****	–
Željezo $\mu gFe/l$	112,5	11,2*	–	150,0		–
Mangan $\mu gMn/l$	28,1	12,0*	–	37,5	12	–

\* Granična vrijednost za procjenu rizika jednaka je graničnoj vrijednosti za ocjenu stanja jer je granična vrijednost jednaka pozadinskoj vrijednosti

\*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se u grupi vodnih tijela u kojoj postoji barem jedan zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

\*\*\* Granična vrijednost za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga uzlaznoga trenda

\*\*\*\* Granična vrijednost za otopljeni kisik koristi se ukoliko analiza trendova pokazuje postojanje statistički značajnoga silaznoga trenda; promatra se je li srednja agregirana vrijednost manja od granične vrijednosti

\*\*\*\*\* Granična vrijednost se ne određuje za ovaj test, jer u vodnom tijelu prevladavaju neproduktivni vodonosnici

Tablica 9.13. „Preliminarne“ granične vrijednosti parametara koji se javljaju pod utjecajem čovjeka (vrijede za sve vodne cjeline u panonskom dijelu, osim u slučajevima koji su navedeni pod \* i \*\*\*)

Parametri	Granične vrijednosti za procjenu rizika			Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja		
	DWPA test*	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora**</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće***</i>	DWPA test*	Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora**</i>	Test <i>Ocjena Opće kakvoće***</i>
Suma tetrakloreten i trikloreten $\mu\text{g/l}$	5,6	ne određuje se	5,6	7,5	ne određuje se	7,5
Atrazin $\mu\text{g/l}$	0,06		0,06	0,075		0,075
Cijanidi $\mu\text{g/l}$	28,1		28,1	37,5		37,5

\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se isključivo ukoliko u grupi vodnih tijela postoji zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

\*\* Granična vrijednost parametara koji se javljaju isključivo pod utjecajem čovjeka ne određuje se za test *Prodor slane vode ili drugih prodora* – test se ne provodi za ove parametre

\*\*\* U vodnim tijelima: *Sliv Bednje, Sliv Sutle i Krapine, Kupa, Una i Sliv Orljave* ne provodi se test *Ocjena Opće kakvoće*, jer u vodnim tijelima prevladavaju neproduktivni vodonosnici

Tablica 9.14. Granične vrijednosti za ocjenu stanja i procjenu rizika u grupama tijela podzemne vode u riziku

Kod grupe vodnih tijela	Grupa vodnih tijela		Granične vrijednosti za procjenu rizika						Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja					
			Test Ocjena opće kakvoće		Test Prodor slane vode		DWPA test		Test Ocjena opće kakvoće		Test Prodor slane vode		DWPA test	
			Parametri	Granične vrijednosti	Parametri	Granične vrijednosti	Parametri	Granične vrijednosti**	Parametri	Granične vrijednosti	Parametri	Granične vrijednosti	Parametri	Granične vrijednosti**
CDGI_18	Međimurje		Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	28,1	nema u riziku	ne određuju se	Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	28,1	Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	37,5	nema u riziku	ne određuju se	Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	37,5
CDGI_19	Varaždinsko područje		Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	28,1			Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	28,1	Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	37,5			Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	37,5
CDGI_21	Legrad - Slatina		nema u riziku	ne određuju se			Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	28,1	nema u riziku	ne određuju se			Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	37,5
CSGI_27	Zg	HR204	suma tetrakloreten i trikloreten* µg/l	5,6			nema u riziku	ne određuju se	suma tetrakloreten i trikloreten* µg/l	7,5			nema u riziku	ne određuju se
		HR207	nema u riziku	ne određuju se			Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	28,1	nema u riziku	ne određuju se			Nitrati NO <sub>3</sub> mg/l	37,5

\* Granična vrijednost parametara koji se javljaju isključivo pod utjecajem čovjeka ne određuje se za test Prodor slane vode ili drugih prodora – test se ne provodi za ove parametre

\*\* Granična vrijednost za DWPA test koristi se isključivo ukoliko u grupi vodnih cjelina postoji zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

10. Metodologija određivanja statistički značajnoga trenda i  
točke promjene trenda

## Sadržaj

10. Metodologija određivanja statistički značajnoga trenda i točke promjene trenda.....	10-1
10.1. Uvodna razmatranja .....	10-1
10.2. Ocjena kemijskoga stanja .....	10-2
10.2.1. Agregiranje rezultata pri ispitivanju kemijskog stanja.....	10-2
10.2.2. Agregiranje rezultata pri ispitivanju trenda onečišćivala .....	10-5
10.2.3. Ocjena kemijskog stanja .....	10-9
10.2.4. Procjena trenda onečišćivala .....	10-9
10.2.5. Procjena promjene trenda onečišćivala .....	10-10
10.2.6. Predviđanje budućih vrijednosti kemijskoga stanja .....	10-11
10.3. Analiza trenda razine podzemnih voda .....	10-11
10.3.1. Agregacija razine podzemnih voda na razinu vodnoga tijela .....	10-11
10.3.2. Analiza stršećih vrijednosti .....	10-13
10.3.3. Izgladivanje podataka .....	10-16
10.3.4. Određivanje trenda.....	10-17
10.3.5. Predviđanje trenda .....	10-18
10.4. Podsjetnik na osnovne statističke metode i rezultate .....	10-19
10.4.1. LOESS regresija.....	10-19
10.4.2. Pouzdani interval kod predviđanja linearnom regresijom .....	10-21
10.5. Zaključna razmatranja o metodologiji .....	10-22

## 10. Metodologija određivanja statistički značajnoga trenda i točke promjene trenda

### 10.1. Uvodna razmatranja

U ovom poglavlju prikazana je metodologija agregiranja podataka pri ocjeni kemijskog stanja i procjeni trendova, utvrđivanja trendova kemijskog stanja i razina podzemnih voda (RPV) i određivanja početne točke promjene uzlaznih trendova onečišćivala. Metodologija je izrađena prateći načela iznesena u dokumentu: "The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results" (Grath et al., 2001).

Prilikom odabira metoda za primjenu u ovoj metodologiji, vodilo se računa o:

- pragmatičnosti (izvedivosti) metode s obzirom na kratak uvid u dostupne podatke i ograničene mogućnosti dostupnih alata za daljnju analizu podataka;
- širokoj primjenjivosti odabrane metode;
- mogućnosti implementacije neovisno o:
  - regionalnim specifičnostima;
  - početku mjerenja na piezometrima;
  - uključivanju novih podataka;
  - mogućnosti provedbe analize i u slučaju da određen broj mjerenja nedostaje;
- robusnosti modela;
- statističkoj ispravnosti rezultata.

Sljedeće su pretpostavke uvedene pri izradi ove metodologije:

1. Obrada se vrši nad rezultatima retrospektivne opservacijske studije. Odnosno, podaci su izmjereni u prošlosti te se ne može više utjecati na dizajn studije.
2. Bilo koji skup s barem tri piezometra unutar vodne cjeline reprezentativan je za tu vodnu cjelinu.
3. Ne postoje veća odstupanja kroz vrijeme koja se odnose na mjerenje kemijskog sastava vode na lokaciji jednog piezometra uslijed promjene analitičke metode mjerenja.
4. LOQ (*engl. limit of quantification*) = LOD (*engl. limit of detection*).



5. Nad podacima se neće raditi statističko upotpunjavanje nepoznatih vrijednosti (*engl. imputation*).

**Napomena:** Provjera ispravnosti pretpostavki danih u metodologiji potrebna je ili pri obradi podataka ili se može donijeti konsenzusom (ubuduće ekspertnim znanjem) bez uvida u podatke.

## 10.2. Ocjena kemijskoga stanja

Metodologija agregiranja rezultata pri ispitivanju kemijskoga stanja zasnovana je na prikupljenim podacima kemijskoga stanja pojedinih tijela (grupa tijela) podzemnih voda.

### 10.2.1. Agregiranje rezultata pri ispitivanju kemijskog stanja

Budući da se u vodnim tijelima nalazi više piezometara, ukoliko je zaključke potrebno donijeti na razini cijelog vodnog tijela, podaci s različitih piezometara trebali bi se agregirati poštujući načela iznesena u dokumentu iz 2001. godine.

Predložena metodologija za agregaciju jest:

1. Izabrati period za agregiranje (kvartalni ili godišnji). Ukoliko se izabere godišnji period treba u obzir uzeti samo one podatke koji pripadaju istoj sezoni (definirati sezone po ekspertnom znanju) kroz godine.
2. Izračunati  $AM0/AM100$  te koristiti piezometar za period isključivo ako je  $AM0/AM100$  veći ili jednak 0,6. Inače, postaviti vrijednost piezometra na NA, gdje NA predstavlja nedostupna mjerenja. Vrijednost  $AM0$  predstavlja aritmetičku sredinu gdje se vrijednost opisana s manje ili manje jednako zamijeni s vrijednosti nula (0), a  $AM100$  aritmetičku sredinu gdje se ista vrijednost zamijeni s odgovarajućim LOQ-om (primjerice za  $\leq 10$  sa 10).
3. Zamijeniti sve vrijednosti izražene pomoću LOQ-a s 50% vrijednosti LOQ-a.
4. Unutar trenutno promatranog perioda, agregirati podatke po pojedinim piezometrima aritmetičkim usrednjavanjem (sredinom).
5. Vodeći se uputama prethodno navedenoga dokumenta iz 2001. godine (str. 39) agregirati podatke na razini cijelog vodnog tijela po periodu. U slučaju podjele vodnog tijela na podtijela, koristiti težinsko usrednjavanje, inače aritmetičko

usrednjavanje te izračunati 95% pouzdane intervale ukoliko je donesena odluka o korištenju istih (ekspertnim znanjem).

- a. U slučaju da se neki piezometar morao odbaciti jer nije zadovoljavao neke od uvjeta iz prijašnjih koraka te da je broj preostalih iskoristivih piezometara pao ispod 3, treba postaviti vrijednost za vodno tijelo trenutnog perioda na NA.

**Napomene:**

1. Koristeći gornju metodologiju zaključci se mogu donositi isključivo za kemijsko stanje unutar jednog perioda. Odnosno, nije dopušteno uspoređivati kemijska stanja u različitim periodima.
2. Ukoliko se želi uspoređivati kemijska stanja u različitim periodima, treba se osigurati da je početna mreža stabilna (pogledati 2. korak metodologije iz podpoglavlja 10.2.2. *Agregiranje rezultata pri ispitivanju trenda*).
3. 95% pouzdani interval može se jednostavno izračunati uz pretpostavku o normalnosti distribucije unutar vodnog tijela. Međutim, treba uzeti u obzir da je normalnost teško provjeriti te da mogu postojati značajna odstupanja u distribuciji. Isto je prokomentirano i u Dodatku 4 (*engl. Annex*) dokumenta iz 2001. godine.

10.2.1.1. Primjer

Pretpostavimo da su dani sljedeći podaci (Tablica 10.1) za neko vodno tijelo te da se želi agregirati na kvartalnoj razini (1., 2., 3. mjesec definiraju prvi kvartal, itd.). Također, pretpostavka jest da se agregiranje provodi na razini cjelovitoga vodnoga tijela (grupe tijela) podzemne vode.

Tablica 10.1. Prikaz izvornih podataka kakvoće podzemne vode

Piezoid	Datum	Vrijednost
1	21.5.2015.	1,5
1	29.5.2015.	1,9
1	21.6.2015.	≤ 1
2	21.5.2015.	1,7
2	29.5.2015.	1,6
2	21.6.2015.	2,1
3	21.5.2015.	1,1
3	29.5.2015.	1,2
3	21.6.2015.	≤ 0,8

Prateći upute metodologije, dobiva se:

1. Odlučeno je da je period kvartal.
2. Izračuna se  $AM0/AM100 = 0,86$  (Tablica 10.2). Budući da je 0,86 veće od 0,6, postupak se nastavlja.
3. Zamijene se sve LOQ vrijednosti sa 50% LOQ-a (Tablica 10.3).
4. Agregiraju se podaci unutar piezometra po periodu (Tablica 10.4).
5. Agregiraju se podaci na razini vodne cjeline te se dobije  $(1,3+1,8+0,9)/3=1,33$ .

Tablica 10.2. Prikaz proračuna AM0/AM100

Piezoid	Datum	Vrijednost	AM0	AM100
1	21.5.2015.	1,5	1,5	1,5
1	29.5.2015.	1,9	1,9	1,9
1	21.6.2015.	≤ 1	0	1
2	21.5.2015.	1,7	1,7	1,7
2	29.5.2015.	1,6	1,6	1,6
2	21.6.2015.	2,1	2,1	2,1
3	21.5.2015.	1,1	1,1	1,1
3	29.5.2015.	1,2	1,2	1,2
3	21.6.2015.	≤ 0,8	0	0,8
			AM0=1,23	AM100=1,43

Tablica 10.3. Prikaz zamjene LOQ vrijednosti sa 50% LOQ-a

Piezoid	Datum	Vrijednost	Nova vrijednost
1	21.5.2015.	1,5	1,5
1	29.5.2015.	1,9	1,9
1	21.6.2015.	≤ 1	0,5
2	21.5.2015.	1,7	1,7
2	29.5.2015.	1,6	1,6
2	21.6.2015.	2,1	2,1
3	21.5.2015.	1,1	1,1
3	29.5.2015.	1,2	1,2
3	21.6.2015.	≤ 0,8	0,4
			AM0=1,23

Tablica 10.4. Prikaz agregacije podataka po periodu

Piezoid	Kvartal	Usrednjena vrijednost
1	2	1,3
2	2	1,8
3	2	0,9

### 10.2.2. Agregiranje rezultata pri ispitivanju trenda onečišćivala

Sukladno dokumentu iz 2001. godine, i za ispitivanje trenda potrebno je agregirati podatke s različitih piezometara na razini cijelog vodnog tijela.

Predložena metodologija za agregaciju jest:

1. Izabrati period za agregiranje (kvartalni ili godišnji). Ukoliko se izabere godišnji period treba u obzir uzeti samo one podatke koji pripadaju istoj sezoni (definirati sezone po ekspertnom znanju) kroz godine.
2. Ručno probrati piezometre koristeći ekspertno znanje i hipotezu ispitivanja. Voditi se pravilima:
  - a. za procjenu trenda potrebno je imati barem 12 uzastopnih perioda (za kvartalni period), odnosno 6 uzastopnih perioda (za godišnji period).
  - b. kod kvartalnog perioda dopuštaju se najviše dva (2) uzastopna nedostupna mjerenja te ukupan broj NA u nizu ne smije prelaziti 25%.
  - c. kod godišnjeg perioda dopušta se najviše jedan (1) uzastopan NA te ukupan broj NA ne smije prelaziti 25% vrijednosti u nizu.
  - d. povećanjem broja piezometara koji sudjeluju u analizi dobiva se bolja procjena aritmetičke sredine i 95% pouzdanog intervala, ali se vjerojatno smanjuje duljina preklapajućeg niza (pogledati primjer 10.2.2.2).
3. Vodeći se uputama i primjerom dokumenta iz 2001. godine (str. 49 i 50), odrediti LOQmax na razini cijeloga vodnoga tijela te pomoću LOQmax-a izabrati odgovarajuća mjerenja piezometara. Pomoću tih mjerenja, odrediti omjer  $AM0/AM100$  te nastaviti isključivo ako je  $\frac{AM0}{AM100} \geq 0,6$ .
  - a. U slučaju da je LOQ nepoznat unutar mjerenja piezometra kroz vrijeme postaviti LOQ kao najmanju izmjerenu vrijednost za taj piezometar.

- b. Ako postoji više različitih LOQ vrijednosti unutar mjerenja piezometra postaviti LOQ tamo gdje je nepoznat na vrijednost trenutno važećeg LOQ-a. Pogledati primjer 10.2.2.1. za prikaz.
4. Zamijeniti sve vrijednosti izražene pomoću LOQ-a s 50% vrijednosti LOQ-a.
5. Unutar perioda agregirati podatke po pojedinim piezometrima aritmetičkim usrednjavanjem (sredinom).
6. Vodeći se uputama dokumenta iz 2001. godine (str. 39), agregirati podatke na razini cijelog vodnog tijela po periodu. U slučaju podjele vodnog tijela na podtijela koristiti težišno usrednjavanje, inače aritmetičko usrednjavanje.
  - a. U slučaju da se neki piezometar morao odbaciti jer nije zadovoljavao neke od uvjeta iz prijašnjih koraka te da je broj preostalih iskoristivih piezometara pao ispod 3, treba postaviti vrijednost za vodno tijelo trenutnog perioda na NA.

**Napomena:** Ukoliko će se povezivati rezultati trend analize i procjene kemijskog stanja, bitno je odabrati iste piezometre kao i periode kod obje agregacije.

#### 10.2.2.1. Primjer

Pretpostavka je da su dani sljedeći podaci (Tablica 10.5) za neko vodno tijelo i jedan piezometar te da se želi agregirati na kvartalnoj razini (1., 2., 3. mjesec definiraju prvi kvartal, itd.). Prikazano je kako odrediti LOQ vrijednost u slučaju da postoji više mogućih vrijednosti te neke vrijednosti nemaju zabilježenu LOQ razinu.

1. Prva (kronološki) LOQ vrijednost nalazi se u 3. retku.
2. Postavi se LOQ za sve vrijednosti koje nemaju odgovarajući LOQ, a kronološki su mjerene prije trenutnog LOQ-a (Tablica 10.6).
3. Ponavljati:
  - a. Pronaći sljedeću LOQ vrijednost.
  - b. Postaviti LOQ za sve vrijednosti koje nemaju odgovarajući LOQ, a kronološki su mjerene prije trenutnog LOQ-a (Tablica 10.7).

Tablica 10.5. Prikaz izvornih podataka kakvoće podzemne vode s LOQ vrijednostima

Piezoid	Datum	Vrijednost	LOQ
1	21.5.2015.	1,5	
1	27.2.2015.	1,9	
1	21.3.2015.	≤ 1	1
1	21.4.2015.	1,7	
1	29.5.2015.	1,6	
1	21.6.2015.	2,1	0,9
1	21.7.2015.	1,1	
1	29.7.2015.	1,2	
1	21.8.2015.	≤ 0,8	0,8

Tablica 10.6. Prikaz procjene nedostupnih LOQ vrijednosti

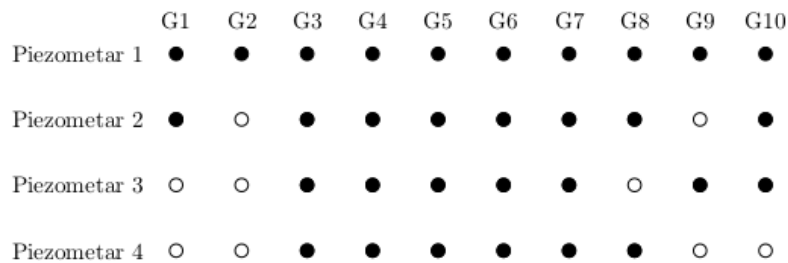
Piezoid	Datum	Vrijednost	LOQ
1	21.5.2015.	1,5	1
1	27.2.2015.	1,9	1
1	21.3.2015.	≤ 1	1
1	21.4.2015.	1,7	0,9
1	29.5.2015.	1,6	0,9
1	21.6.2015.	2,1	0,9
1	21.7.2015.	1,1	
1	29.7.2015.	1,2	
1	21.8.2015.	≤ 0,8	0,8

Tablica 10.7. Prikaz svih procijenjenih LOQ vrijednosti

Piezoid	Datum	Vrijednost	LOQ
1	21.5.2015.	1,5	1
1	27.2.2015.	1,9	1
1	21.3.2015.	≤ 1	1
1	21.4.2015.	1,7	0,9
1	29.5.2015.	1,6	0,9
1	21.6.2015.	2,1	0,9
1	21.7.2015.	1,1	0,8
1	29.7.2015.	1,2	0,8
1	21.8.2015.	≤ 0,8	0,8

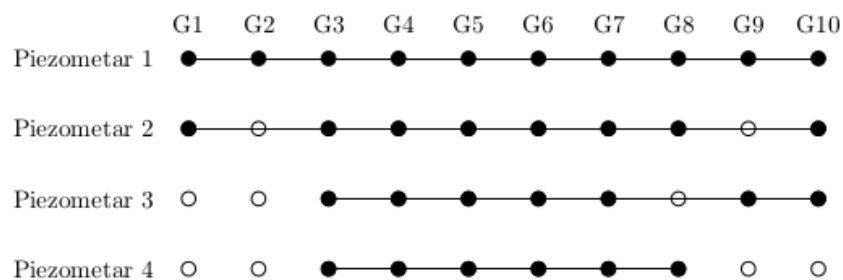
### 10.2.2.2. Primjer

Pretpostavka je da su dani podaci za Piezometre 1, 2, 3 i 4 u godinama G1 do G10 (Slika 10.1). Puni krugovi predstavljaju mjerenja izvršena u odgovarajućim godinama za odgovarajuće piezometre, dok prazni krugovi predstavljaju nedostupnost mjerenja (tzv. NA).



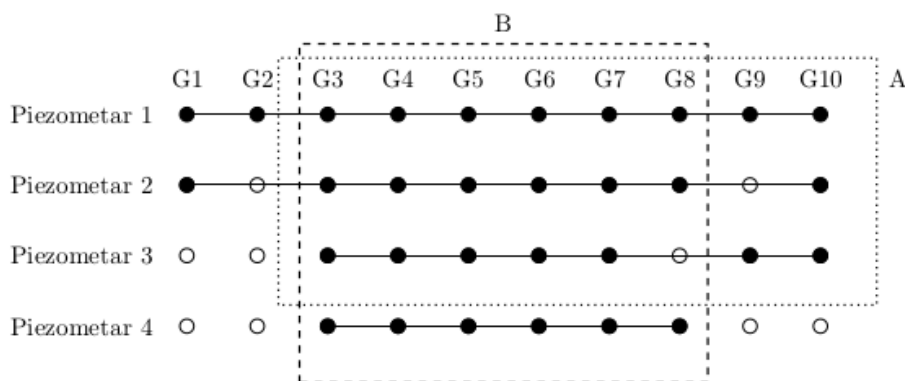
Slika 10.1. Primjer distribucije nedostajućih vrijednosti

Budući da je period godišnji, uvjeti za niz mjerenja su barem 6 mjerenja s maksimalno jednim uzastopnim NA između mjerenja. Slika 10.2 prikazuje najdulji niz mjerenja koji zadovoljavaju uvjete po piezometru.



Slika 10.2. Kriterij tretiranja nedostajućih vrijednosti

Kao što se može vidjeti iz Slike 10.3, odabir piezometara koje treba agregirati pri ispitivanju trenda nije jednostavan. Piezometri i godine prikazani u kvadratu B mogli bi se odabrati vodeći se pravilom da više piezometara pri agregiranju daje bolju procjenu stanja vodnoga tijela unutar pojedinog perioda. Kvadrat A bi se pak mogao odabrati ako se želi imati dulji niz mjerenja kod ocjene trenda.



Slika 10.3. Opcije prilikom agregacije piezometara

### 10.2.3. Ocjena kemijskog stanja

Ocjena kemijskog stanja vrši se nad agregiranim podacima iz poglavlja 10.2.1. na razini aritmetičke sredine ili 95% pouzdanog intervala (u ovisnosti o odluci eksperata u području).

Odabir između aritmetičke sredine i 95% pouzdanog intervala (točnije, gornje granice intervala) treba napraviti vodeći se sljedećim napomenama:

1. Izborom aritmetičke sredine smanjuje se vjerojatnost uočavanja nezadovoljavajućeg (odnosno lošeg) kemijskog stanja, ali se također smanjuje i vjerojatnost pogrešnog zaključka. Odnosno, smanjuje se broj lažno pozitivnih rezultata.
2. Izborom gornje granice 95% pouzdanog intervala povećava se vjerojatnost uočavanja lošeg kemijskog stanja, ali se povećava i broj lažno pozitivnih rezultata.

### 10.2.4. Procjena trenda onečišćivala

Procjena trenda vrši se nad agregiranim podacima iz poglavlja 10.2.2. te korištenjem aritmetičke sredine. Kao početna točka niza mjerenja pri ispitivanju trenda, predlaže se prva točka s lošim kemijskim stanjem prateći upute dokumenta iz 2001. godine (str. 8 i str. 41). Uvjeti za niz kod ispitivanja trenda su:

1. Za procjenu trenda potrebno je imati barem 12 uzastopnih perioda (za kvartalni period), odnosno 6 uzastopnih perioda (za godišnji period).
2. Kod kvartalnog perioda dopuštaju se najviše dva (2) uzastopna NA te ukupan broj NA u nizu ne smije prelaziti 25%.



3. Kod godišnjeg perioda dopušta se najviše jedan (1) uzastopan NA te ukupan broj NA ne smije prelaziti 25% vrijednosti u nizu.

Za ispitivanje trenda koristi se linearna regresija. Trend se smatra značajnim ukoliko je nagib procijenjenog pravca statistički značajno različit od nule. Početna točka niza mjerenja pri ispitivanju trenda može se mijenjati, ali broj ispitivanja se treba ograničiti uzimajući u obzir utjecaj višestrukih testiranja. Odnosno, ne predlaže se provoditi testiranja trenda s više od 3 početne točke nad trenutnim podacima.

Zbog jednostavnije interpretacije rezultata te transparentnosti, rezultati svih testiranja trebaju biti prikazani u krajnjem izvještaju.

#### 10.2.5. Procjena promjene trenda onečišćivala

Procjena promjene trenda vrši se nad agregiranim podacima iz poglavlja 10.2.2. korištenjem aritmetičke sredine. Kao početna točka niza mjerenja pri ispitivanju promjene trenda predlaže se period prije prvog perioda s nepovoljnim kemijskim stanjem. Odnosno, period prije perioda koji je definiran kao prvi pri ispitivanju trenda u prijašnjem poglavlju. Uvjeti za niz kod ispitivanja promjene trenda su:

1. Potrebno je imati barem 24 uzastopna perioda (za kvartalni period), odnosno 12 uzastopnih perioda (za godišnji period).
2. Kod kvartalnog perioda dopuštaju se najviše dva (2) uzastopna NA te ukupan broj NA u nizu ne smije prelaziti 25%.
3. Kod godišnjeg perioda dopuštaju se najviše dva (2) uzastopna NA te ukupan broj NA ne smije prelaziti 25% vrijednosti u nizu.

Za ispitivanje promjene trenda koristi se *Dvodijelni linearni model (engl. Two-sections model)*. Više o modelu može se naći u dokumentu iz 2001. godine. Testiranje statističke značajnosti trenda vrši se F-testom opisanim u dokumentu iz 2001. godine (str. 57 i 58).

Početna točka niza mjerenja pri ispitivanju promjene trenda može se mijenjati, ali broj ispitivanja se treba ograničiti uzimajući u obzir utjecaj višestrukih testiranja. Odnosno, ne predlaže se provoditi testiranja promjene trenda s više od 3 početne točke nad trenutnim podacima.

### 10.2.6. Predviđanje budućih vrijednosti kemijskoga stanja

Kratkoročno predviđanje budućih vrijednosti kemijskoga stanja donosi se korištenjem linearne regresije. Dugoročno predviđanje se predlaže raditi linearnom regresijom i pripadnim 95% pouzdanim intervalom isključivo kada linearni model dobro opisuje podatke (kao jednu od mjera može se koristiti  $R^2$ ). U suprotnom, treba napomenuti da je sposobnost modela za predviđanje dugoročnih rezultata daleko od poželjne.

Bez obzira na odabrani model pouzdani intervali kod predviđanja trebaju biti istaknuti.

### 10.3. Analiza trenda razine podzemnih voda

Metodologija analize trendova razina podzemnih voda zasnovana je na podacima razina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Analiza se može provoditi na razini vodnih tijela ili na razini pojedinačnih piezometara, ovisno o potrebi.

U nastavku je prikazan postupak agregacije razina podzemnih voda određenih na pojedinačnim piezometrima u jednom vodnom tijelu, u svrhu određivanja trenda razine podzemnih voda za to vodno tijelo. Nakon agregacije slijedi opis analize trenda te procjena/projekcija trenda za naredno razdoblje.

#### 10.3.1. Agregacija razine podzemnih voda na razinu vodnoga tijela

Vremenski niz na razini vodnoga tijela izvodi se na sljedeći način:

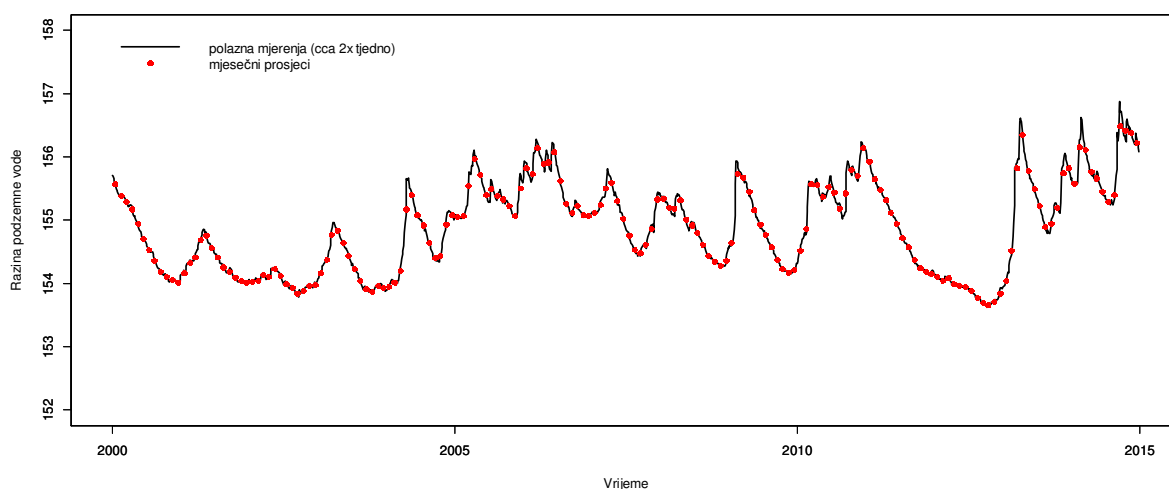
- Odaberu se piezometri reprezentativni za vodno tijelo (pretpostavka jest da ih je  $n$ ).
- Za svaki takav piezometar, izračuna se prosječna mjesečna razina podzemnih voda.

Na ovaj se način za svaki piezometar dobiva niz mjesečnih mjerenja kao što je prikazano (Tablica 10.8).

Tablica 10.8. Agregacija na mjesečnoj razini pojedinačno po piezometrima

Vrijeme	Piezometar 1	Piezometar 2	...	Piezometar $n$
01/2000	120,95	118,04	...	114,17
02/2000	120,83	118,12	...	114,19
03/2000	120,81	118,29	...	114,33
...	...	...	...	...

**Napomena:** Ukoliko svi piezometri koji čine vodno tijelo nemaju niti jedan podatak unutar istog mjeseca, agregirani podaci na razini vodnog tijela neće sadržavati vrijednost za taj mjesec. S obzirom da u velikom broju vodnih tijela u panonskom dijelu RH postoji veći broj piezometara, takva mogućnost je mala. Uz minimiziranje utjecaja nedostajućih vrijednosti, dodatni razlog za agregiranje podataka nalazi se u preklapanju mjesečnih podataka s inicijalno dobivenim vremenskim nizovima piezometara, koji u pravilu sadrže rezultate mjerenja dva puta tjedno. Dobra reprezentativnost inicijalnog vremenskog niza s mjesečnim podacima prikazana je na Slici 10.4.



Slika 10.4. Reprezentativnost polaznog vremenskog niza pomoću mjesečnih prosjeka

Mjesečni prosjeci na razini pojedinog piezometra agregiraju se u mjesečne prosjeke za vodno tijelo računajući njihovu aritmetičku sredinu (s jednakim ponderima). Primjerice, rezultat ovog koraka za podatke iz Tablice 10.8, dan je u Tablici 10.9.

Tablica 10.9. Rezultat agregiranja mjesečnih podataka na razinu vodne cjeline (oznaka avg predstavlja funkciju koja računa srednju vrijednost danih rezultata)

Vrijeme	Vodna cjelina
01/2000	avg(120,95, 118,04,...,114,17)
02/2000	avg(120,83, 118,12,...,114,19)
03/2000	avg(120,81, 118,29,...,114,33)
...	...

**Napomena** - tretiranje potencijalnih nedostajućih vrijednosti:

- a) Kod agregacije podataka pojedinog piezometra na mjesečnu razinu tog piezometra, agregirane mjesečne vrijednosti sastoje se od svih dostupnih podataka za taj mjesec. Moguće je da će se neki mjesec sastojati od, primjerice, prosjeka 3 vrijednosti, a neki od prosjeka svih 8 ili 9 mjerenja. Usprkos tome, ne očekuju se znatnija odstupanja u reprezentabilnosti polaznog vremenskog niza pomoću mjesečnih prosjeka, jer susjedni članovi polaznog vremenskog niza na razini pojedinačnih piezometara pokazuju veliku zavisnost tj. imaju vrlo bliske vrijednosti. Samim time se ne očekuje niti velika varijabilnost unutar jednog mjeseca.
- b) U slučaju postojanja tri ili više uzastopne (susjedne) nedostajuće vrijednosti na razini pojedinog piezometra, u bilo kojem dijelu vremenskog niza bilo kojeg piezometra, preporuča se razmatranje izbacivanja tog piezometra kod agregacije mjesečnih prosjeka na razinu vodnoga tijela. Pritom, pretpostavka je da bilo koji podskup mogućih piezometara dobro reprezentira dano vodno tijelo.
- c) Kod agregacije mjesečnih prosjeka određenog skupa piezometara u vodno tijelo, razina podzemne vode za vodno tijelo u pojedinom mjesecu sastoji se od prosjeka mjesečnih vrijednosti svih piezometara koji zadovoljavaju prethodni uvjet (b).

### 10.3.2. Analiza stršćih vrijednosti

Na Slici 10.5 nalazi se 12 dijagrama pravokutnika, pri čemu svaki od njih predstavlja dijagram pravokutnika koji sadrži podatke svih godina za fiksni mjesec  $i, i = 1, 2, \dots, 12$ . Dakle, dijagram pravokutnika iznad vrijednosti 1 napravljen je temeljem agregiranih siječanjkih mjerenja svih godina u kojima su postojala mjerenja za siječanj. U svakom dijagramu pravokutnika, srednja crta predstavlja medijan vrijednosti koje čine taj dijagram pravokutnika, tj. vrijednost od koje je 50% podataka manje, a 50% podataka veće. Preciznije, ako je  $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$  uređen niz  $n$  brojeva, medijan je definiran kao

$$m = \begin{cases} x_{(k)}, & \text{ako je } n = 2k - 1 \\ \frac{1}{2}(x_{(k)} + x_{(k+1)}), & \text{ako je } n = 2k \end{cases} \quad (10.1)$$

Gornja stranica pravokutnika predstavlja gornji kvartil podataka, tj. podatak od kojeg je 25% podataka veće, a 75% podataka manje. Preciznije,

$$q_U = x_{\left(\frac{3}{4}(n+1)\right)} \quad (10.2)$$

gdje je za  $\beta = k + \alpha$  ( $k$  je cijeli broj i  $0 \leq \alpha < 1$ ),  $x_{(\beta)}$  definiran kao

$$x_{(\beta)} = x_{(k)} + \alpha(x_{(k+1)} - x_{(k)}) \quad (10.3)$$

Analogno, donja stranica pravokutnika predstavlja donji kvartil podataka, tj. podatak od kojeg je 75% podataka veće, a 25% podataka manje. Preciznije,

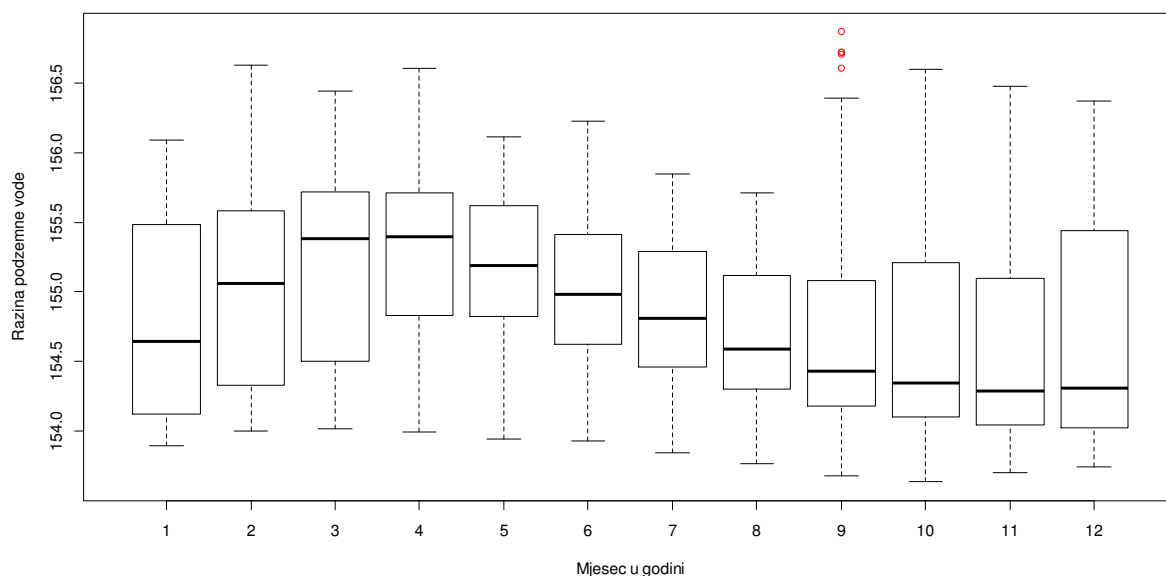
$$q_L = x_{\left(\frac{1}{4}(n+1)\right)} \quad (10.4)$$

Donje i gornje horizontalne linije nazivaju se *brkovi* što dolazi od engleskog naziva *whiskers*. Mogu se različito definirati, ali najčešće predstavljaju najveći i najmanji podatak koji se nalazi unutar 1,5 puta interkvartilnog raspona, gledajući od donjeg, odnosno gornjeg kvartila. Pritom se interkvartilni raspon definira kao razlika gornjeg i donjeg kvartila:

$$IQR = q_U - q_L \quad (10.5)$$

Ako se maksimum i minimum preklapaju s gornjim i donjim *whiskerom*, može se zaključiti da, u kontekstu ove metode, nema stršećih vrijednosti. U protivnom, vrijednosti koje se nalaze izvan *whiskera*, mogu se smatrati stršećim vrijednostima koje je potrebno provjeriti.

Stršeće vrijednosti mogu imati važan utjecaj na rezultate statističke analize te je stoga potrebno za svaku stršeću vrijednost vidjeti je li ona nastala iz nekog poznatog razloga (primjerice utjecaj čovjeka i/ili nekog njegovog postupka, pogreška instrumenta, efekt prirode ili vremenskih uvjeta na pomicanje mjernog instrumenta itd.) ili se može smatrati relevantnom vrijednošću postojećeg vremenskog niza. Jedan jednostavan, ali učinkovit način koji omogućava pronalazak stršećih vrijednosti je dijagram pravokutnika (*engl. boxplot*) mjesečnih podataka na razini vodne cjeline. Na Slici 10.5 dan je primjer jednog takvog dijagrama pravokutnika te su označene stršeće vrijednosti u mjesecu rujnu.



Slika 10.5. Dijagram pravokutnika; stršeće vrijednosti u 9. mjesecu označene su crvenom bojom

Ukoliko je utvrđen razlog zbog kojeg je nastala stršeća vrijednost na razini vodnoga tijela, preporuča se provjera mjerenja na razini piezometara koji su doprinijeli tom netipičnom rezultatu te izbacivanje iz analize onih piezometara na kojima su utvrđene nepravilnosti. U suprotnom, ukoliko ne postoji nepravilnost u mjerenju, stršeći podatak se smatra valjanim te se ostavlja kao dio vremenskog niza za daljnu analizu.

Zbog velikog broja ukupnih vrijednosti svih vremenskih nizova, kao i prirodnih pojava koje mogu stvoriti stršeće vrijednosti u vremenskom nizu ili čak translirati čitav skup mjerenja u jednom smjeru, potreban je odabir statističke metode koja je što robusnija na takve anomalije. Odnosno, metode koja omogućuje interpretaciju nalaza neovisno, tj. što manje ovisno, o postojanju takvih pojava. To je dodatno važno zbog male varijacije u postojećim podacima - naime, budući da su podaci vremenskog niza determinističkog tipa, njihove autokorelacije su veoma visoke. Zbog toga stršeće vrijednosti mogu imati relevantan utjecaj na nalaze analize, samim time na interpretaciju nalaza, a posljedično tome i na akcije poduzete temeljem analize.

Stoga je potrebno posvetiti dodatnu pažnju pripremi i čišćenju podataka, koje je neophodan korak prije same analize podataka.

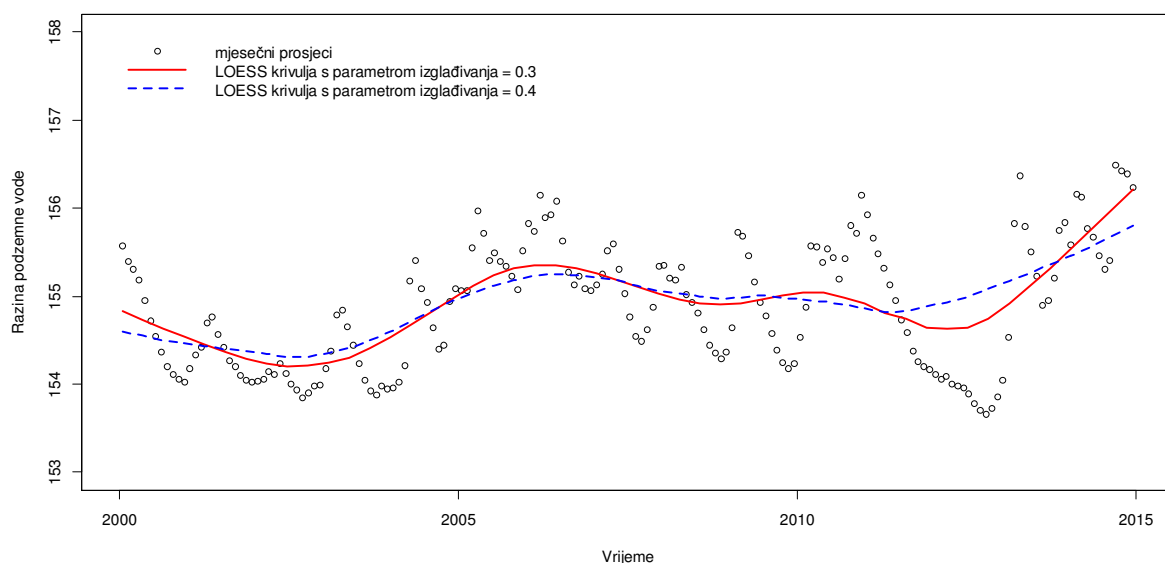
Predložena metoda izgladivanja podataka korisna je upravo i s tog aspekta, da je poprilično robusna na lokalne devijacije, a detaljnije je opisana u sljedećem koraku.

Iz Slike 10.5 dodatno se može naslutiti u kojim mjesecima se postiže maksimalna razina podzemnih voda te kako se vremenski niz ponaša s obzirom na određene prirodne efekte koji se vjerojatno događaju u sezonalnim godišnjim ciklusima – poput količine padalina i sl.

### 10.3.3. Izgladivanje podataka

Kako bi se anulirao utjecaj velikih i srednje velikih devijacija u podacima na trend, kao metodu za izgladivanje podataka učinkovito je koristiti LOESS neparametrijsku regresiju, koja kombinira jednostavnost i pragmatičnost linearne regresije s fleksibilnošću nelinearne regresije. LOESS metoda prilagođava jednostavne modele (preciznije, polinome prvog ili drugog stupnja) na lokalne podskupove podataka koje onda spaja u neprekidnu krivulju koja dobro opisuje determinističku varijaciju podataka. U raznim softverskim paketima ponekad se umjesto LOESS regresije (ime dolazi od engleskog naziva *LOcal regrESSion*) koristi naziv LOWESS regresija (ime dolazi od engleskog naziva *LOcally Weighted Scatter plot Smoothing*). Razlika između te dvije metode je suptilna i neće biti vidljiva u primjeni na analizu trenda razine podzemnih voda, a kratak opis LOESS/LOWESS regresije dan je u poglavlju 10.4.

Budući da će se LOESS krivlja u daljnjim koracima koristiti za određivanje trenda razine podzemnih voda na podacima iz panonskog dijela RH, preporuča se izbor parametra izgladivanja iz intervala  $[0,3, 0,4]$ . Iako odabir parametara ponajprije ovisi o analitičaru i istraživačkim metodama, temeljem empirijskog uvida u podatke razine podzemnih voda te eksplorativnih analiza, navedeni interval doima se povoljnim za zagladivanje podataka, uzimajući također u obzir tretiranje prethodno spomenutih ekstremnih vrijednosti koje se potencijalno pojavljuju u samome nizu. Primjeri LOESS krivulja s parametrima izgladivanja postavljenim na 0,3 i 0,4 prikazani su na Slici 10.6.



Slika 10.6. Primjer izbora parametara izgladivanja za LOESS krivulje koje dobro opisuju varijaciju podataka, ali pritom ne ovise jako o lokalnim odstupanjima u podacima

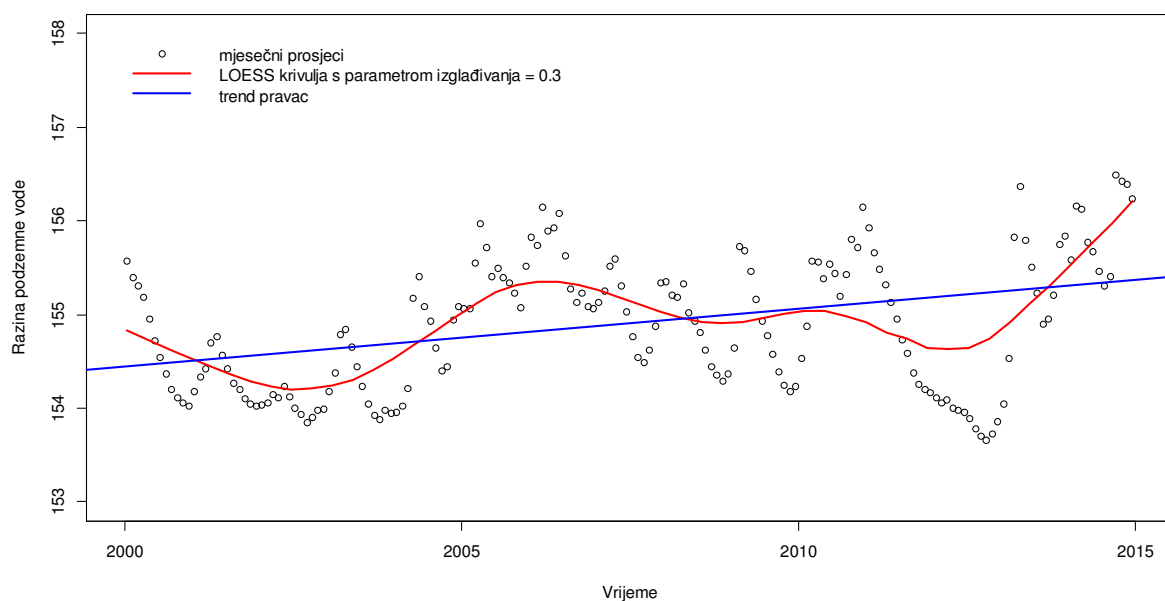
#### 10.3.4. Određivanje trenda

Nakon izgladivanja podataka LOESS krivuljom, postojanje trenda određuje se korištenjem linearne regresije na LOESS krivulju (Slika 10.7). Odluku o (ne)postojanju statistički značajnog trenda, na nivou značajnosti od 5%, donosi se na temelju  $p$ -vrijednosti koeficijenta smjera regresijskog pravca i to:

- a) Ako je  $p < 0,05$ , onda, uz razinu značajnosti od 5%, odbacuje se nul hipoteza o nepostojanju trenda te se zaključuje da je prisutan statistički značajan trend (uzlazan - ako je koeficijent smjera regresijskog pravca pozitivan, silazan - ako je koeficijent smjera regresijskog pravca negativan)
- b) Ako je  $p \geq 0,05$ , ne odbacuje se nul hipoteza o nepostojanju trenda.

**Napomena:** Izbor značajnosti ne mora nužno biti 0,05 ukoliko analitičar smatra da su posljedice dobivanja lažno pozitivnih rezultata velike ili pak smatra da su posljedice beznačajne. Međutim, 0,05 se preporuča budući da se u većini statističkih analiza i softverskih alata, 0,05 smatra standardnim prihvatljivim kriterijem. Ukoliko analiza pokaže statistički značajan trend, u sljedećem koraku ekspert mora odlučiti je li takav trend i praktično značajan – primjerice donosi li uzlazan trend s koeficijentom smjera  $k = 0,0001$  praktično značajnu promjenu ili je ipak takav porast u praksi beznačajan.

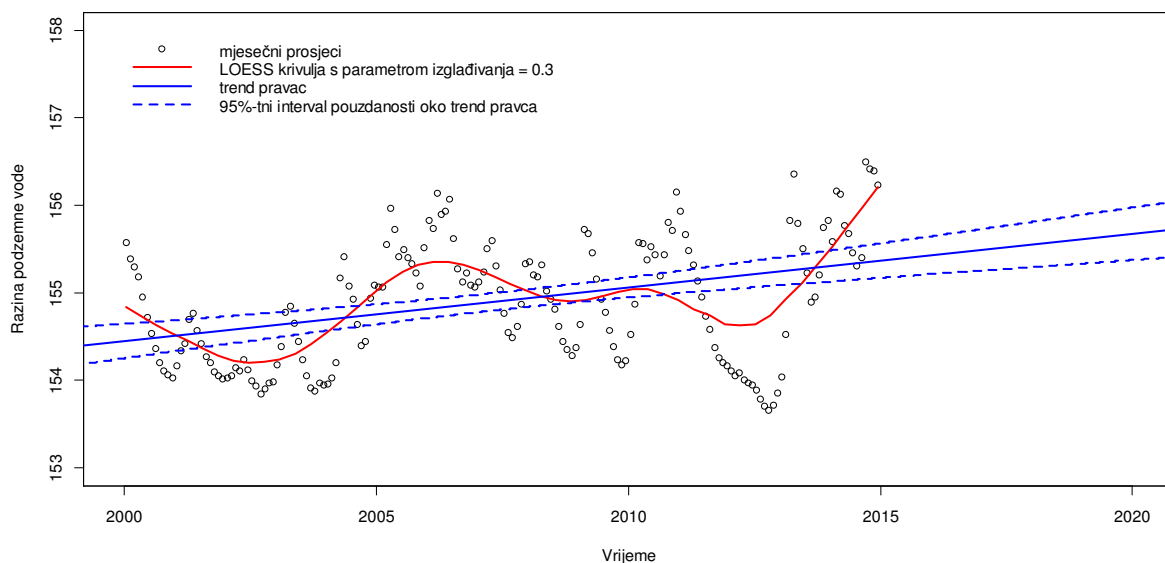




Slika 10.7. Primjer određivanja trenda regresijskim pravcem na LOESS krivulju

### 10.3.5. Predviđanje trenda

U cilju pragmatičnosti, predviđanje trenda moguće je napraviti temeljem procijenjenog trenda, odnosno regresijskog pravca. Pretpostavka ovog pristupa je da će se trend nastaviti u istom smjeru i istom brzinom kao i u dijelu vremenskog niza na kojem se gradio model tj. određivalo (ne)postojanje trenda. Važno je napomenuti kako je predviđanje trenda razine podzemnih voda u budućnosti isključivo temeljem razina podzemnih voda, koje su zabilježene u prošlosti (dakle, ne koriste se dodatne informacije kao što je količina padalina i sl.), iznimno zahtjevan i težak zadatak, posebno u slučaju duljeg predviđanja (primjerice za desetak godina). Zbog svega toga, osim predviđanja pomoću regresijskog pravca, preporuča se koristiti  $(1 - 2\alpha) \cdot 100\%$  interval pouzdanosti oko regresijskog pravca za interpretaciju o potencijalno zabrinjavajućem padu/rastu procijenjene razine podzemnih voda, uz željenu razinu statističke značajnosti  $\alpha \in (0,1)$ . Primjerice, ukoliko je zabrinjavajući procijenjeni uzlazni trend razine podzemnih voda te se odluku želi donijeti na razini statističke pouzdanosti od 95%, onda je potrebno interpretirati gornju granicu 90%-tnog intervala pouzdanosti (tj.  $\alpha = 0,05$ ) umjesto samog regresijskog pravca. Analogno se napravi s donjom granicom 90%-tnog intervala pouzdanosti u slučaju silaznog trenda. Slika 10.8 daje prikaz 95%-tnog intervala pouzdanosti oko trend pravca iz koje je vidljivo širenje intervala u budućnosti.



Slika 10.8. Prikaz intervala pouzdanosti oko trend pravca

U poglavlju 10.4.2. dan je opis postupka računanja intervala pouzdanosti za vrijednost zavisne varijable (primjerice trend razine podzemne vode) izračunatu za neku novu vrijednost nezavisne varijable (primjerice vrijeme).

Prilikom izračuna intervala pouzdanosti za trend razine podzemnih voda, zavisna varijabla  $y_i$  predstavlja vrijednost LOESS krivulje izračunate za vrijednost nezavisne varijable  $x_i$  tj. u vremenskom trenutku  $x_i$ .

Kada je riječ o predikcijama, važno je istaknuti da je u ovom slučaju naglasak bio na predikciji samog trenda iz svih dostupnih povijesnih podataka, a ne nekoliko sljedećih vrijednosti vremenskog niza. To je bitno istaknuti jer predikcija nekoliko sljedećih vrijednosti vremenskog niza vjerojatno jako malo ovisi o vrijednostima iz dalje prošlosti, poput početnih vrijednosti mjerenja, dok puno više ovise o nekoliko zadnjih mjerenja i potencijalnim sezonalnim efektima.

## 10.4. Podsjetnik na osnovne statističke metode i rezultate

### 10.4.1. LOESS regresija

Neka je s  $\lambda \in (0,1)$  označen parametar pod nazivom *parametar izgladivanja* (engl. *smoother span*). Neka  $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$  označava vremenski niz od  $n$  mjerenja razine podzemnih voda tj. u trenutku  $x_i$  je izmjerena razina podzemne vode  $y_i$ , za svaki  $i \in$

$\{1, \dots, n\}$ . Parametar izgladivanja  $\lambda$  koristi se za definiranje okoline  $N(x)$  za svaki realn broj  $x$ , tj. za odabir točaka koje će sudjelovati u procjeni vrijednosti LOESS krivulje u točki  $x$ . Preciznije, u okolini točke  $x$ , označene s  $N(x)$ , nalaziti će se  $\lfloor \lambda \cdot n \rfloor$  najbližih točaka iz skupa  $\{x_1, \dots, x_n\}$ , gdje oznaka  $\lfloor z \rfloor$  označava najveći cijeli broj manji ili jednak od pozitivnog realnog broja  $z$ . Ako je vrijednost LOESS krivulje u točki  $x$  označena s  $f(x)$  onda se ona izračuna koristeći sljedeći postupak:

1. Na gore opisan način, koristeći unaprijed definiranu vrijednost parametra  $\lambda \in (0,1)$ , odredi se okolina točke  $x$  tj. odredi se  $N(x)$ .
2. Unutar okoline  $N(x)$  odredi se najdalja udaljenost između bilo koje dvije točke, tj.

$$\Delta(x) = \max_{i,j \in N(x)} |x_i - x_j| \quad (10.6)$$

3. Definiraju se težine

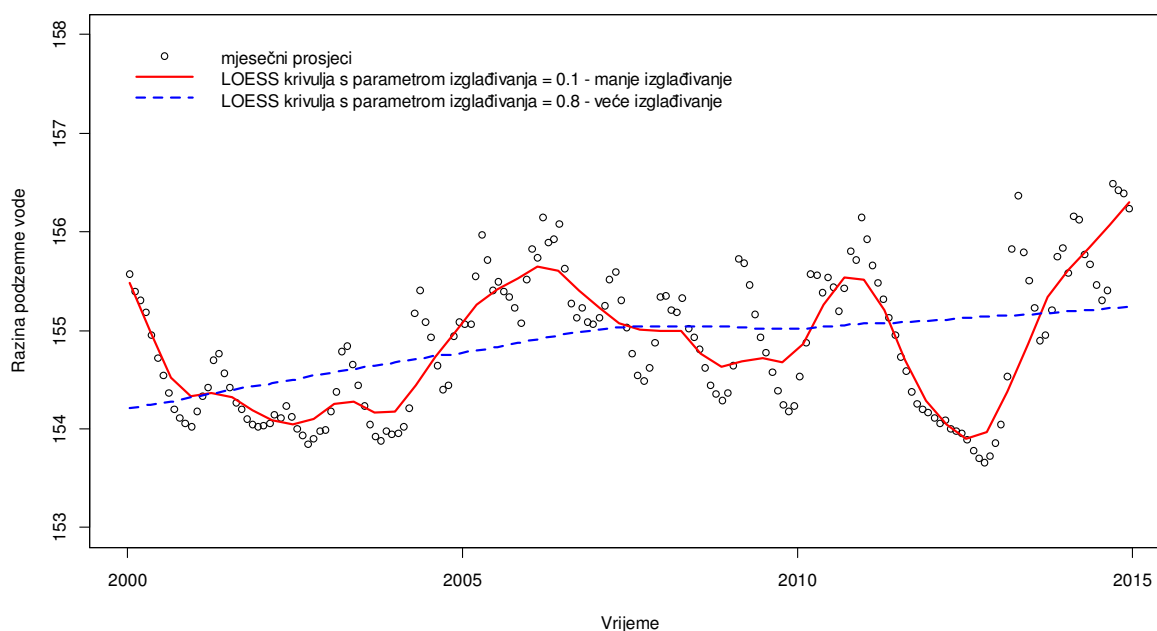
$$w_{\Delta(x)}(x, x_i) = K\left(\frac{|x - x_i|}{\Delta(x)}\right) \quad (10.7)$$

gdje je

$$K(u) = \begin{cases} (1 - |u|^3)^3, & -1 \leq u \leq 1 \\ 0, & \text{inače} \end{cases} \quad (10.8)$$

4. Odredi se  $f(x)$  koristeći težinsku linearnu regresiju baziranu na točkama iz okoline  $N(x)$ .

Iz danog postupka izračuna vrijednosti LOESS krivulje  $f(x)$ , za neki realan broj  $x$ , vidljivo je da će LOESS krivulja biti „glađa“ (tj. biti sličnija klasičnoj linearnoj regresiji) ukoliko je parametar  $\lambda$  blizu 1. S druge strane, ako je parametar  $\lambda$  blizu 0, onda će se LOESS krivulja više lokalno prilagoditi podacima tj. krivulja će biti više „nazubljena“. Drugim riječima, parametar izgladivanja utječe na to koliko će detaljno LOESS krivulja pratiti lokalne devijacije u polaznim podacima. Na Slici 10.9 vidi se primjer LOESS krivulje s parametrom izgladivanja 0,1 i 0,8.



Slika 10.9. Primjer LOESS krivulja primjenjenih na isti skup podataka, ali s dva različita parametra izgladivanja (0,1 i 0,8)

#### 10.4.2. Pouzdani interval kod predviđanja linearnom regresijom

Neka  $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$  označava vremenski niz od  $n$  mjerenja tj. u trenutku  $x_i$  izmjerena je vrijednost  $y_i$ , za svaki  $i \in \{1, \dots, n\}$ . Aritmetička sredina od  $x_1, \dots, x_n$  označena je s  $\bar{x}$  tj.  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  dok je sa  $s_x^2$  označena procjena za varijancu trenutaka  $x_1, \dots, x_n$  tj.  $s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ . Ako je s  $\hat{y}$  označena procjena zavisne varijable u nekom vremenskom trenutku  $x_0$ , tada je  $(1 - \alpha)100\%$ -tni interval pouzdanosti za očekivanu vrijednost zavisne varijable  $y$  u vremenskom trenutku  $x_0$  dan s

$$\left( \hat{y} - t\left(\frac{\alpha}{2}, n-2\right) \cdot \hat{\sigma} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{(n-1)s_x^2}}, \hat{y} + t\left(\frac{\alpha}{2}, n-2\right) \cdot \hat{\sigma} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{(n-1)s_x^2}} \right) \quad (10.9)$$

gdje je  $\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ ,  $\hat{y}_i$  procjena zavisne varijable iz regresijskog modela u trenutku  $x_i$  a  $t\left(\frac{\alpha}{2}, n-2\right)$  oznaka za  $(1 - \frac{\alpha}{2})100\%$  kvantil Studentove t-razdiobe s  $n-2$  stupnjeva slobode.

## 10.5. Zaključna razmatranja o metodologiji

Metodologija određivanja statistički značajnog trenda i točke promjene trenda sadrži metodologiju za agregiranje rezultata, procjenu kemijskog stanja i trenda, procjenu promjene trenda te kratke upute za predviđanje budućih vrijednosti. Vodeći se načelom pragmatičnosti te prateći upute iz dokumenta: "The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results" (Grath et al., 2001), odabrane metode u primjenama zasnivaju se na aritmetičkoj sredini te linearnoj regresiji. Izrazito je važno napomenuti veliki utjecaj ispravnosti mjerenja i zapisivanja podataka kroz reprezentativan uzorak nad vodnom cjelinama i neprekidnost mjerenja. Također, od izrazite je važnosti i dostupnost LOQ i LOD granica.

Metodologija za određivanje trenda razine podzemnih voda uzima u obzir potrebu pragmatičnosti i robusnosti primjenjenih metoda, detaljno prikazuje način agregacije piezometara u vodna tijela te pripremu podataka za analizu. U kontekstu provjere kvalitete podataka, sugerirani su hodogrami za tretiranje nedostajućih i stršećih vrijednosti, s obzirom da nisu sva mjerenja započeta u istom vremenskom trenutku te da ista nisu nužno neprekidna. Agregirani podaci zaglađeni su LOESS neparametrijskom regresijom s niskim parametrom zaglađivanja, u cilju očuvanja varijabilnosti podataka, ali i povećanja robusnosti analize na potencijalne stršeće vrijednosti. Nakon zaglađivanja, trend je procijenjen linearnom regresijom LOESS krivulje uz razinu značajnosti 0,05 (5%). Moguća je upotreba manjih razina značajnosti s obzirom na kontekst poslovne primjene. Ista metoda korištena je kako bi se dobio nalaz o predikciji trenda, s preporukom fokusa na intervale pouzdanosti dobivene predikcije.

11. Analiza značajnih i stalnih trendova onečišćivala u  
podzemnim vodama i razina podzemnih voda u panonskom  
dijelu Republike Hrvatske

# Sadržaj

11. Analiza značajnih i stalnih trendova onečišćivala u podzemnim vodama i razina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	11-1
11.1. Postupak izrade trendova .....	11-1
11.2. Međimurje.....	11-3
11.2.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-3
11.2.2. Izrada trendova razina podzemne vode.....	11-4
11.3. Varaždinsko područje .....	11-5
11.3.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-5
11.3.2. Izrada trendova razine podzemne vode.....	11-8
11.4. Sliv Bednje .....	11-9
11.4.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-9
11.4.2. Izrada trendova razine podzemne vode.....	11-9
11.5. Legrad - Slatina .....	11-9
11.5.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-9
11.5.2. Izrada trendova razine podzemne vode.....	11-10
11.6. Novo Virje .....	11-11
11.6.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-11
11.6.2. Izrada trendova razine podzemne vode.....	11-11
11.7. Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava .....	11-13
11.7.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-13
11.7.2. Izrada trendova razine podzemne vode.....	11-13
11.8. Sliv Sutle i Krapine .....	11-15
11.8.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-15
11.8.2. Izrada trendova razine podzemne vode.....	11-15

11.9. Sliv Lonja – Ilova – Pakra .....	11-17
11.9.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-17
11.9.2. Izrada trendova razine podzemne vode.....	11-17
11.10. Sliv Orljave .....	11-17
11.10.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-17
11.10.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-18
11.11. Zagreb.....	11-18
11.11.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-18
11.11.1.1. Zagreb - 187.....	11-18
11.11.1.2. Zagreb - 188.....	11-20
11.11.1.3. Zagreb - 203.....	11-21
11.11.1.4. Zagreb - 204.....	11-22
11.11.1.5. Zagreb - 205.....	11-25
11.11.1.6. Zagreb – 206.....	11-27
11.11.1.7. Zagreb – 207.....	11-32
11.11.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-33
11.12. Lekenik – Lužani .....	11-35
11.12.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-35
11.12.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-35
11.13. Istočna Slavonija – sliv Save .....	11-37
11.13.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-37
11.13.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-37
11.14. Žumberak – Samoborsko gorje .....	11-38
11.14.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-38
11.14.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-39
11.15. Donji tok Kupe .....	11-39



11.15.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-39
11.15.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-39
11.16. Donji tok Une.....	11-41
11.16.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-41
11.16.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-41
11.17. Sumarni rezultati trendova i preporuke.....	11-41

## 11. Analiza značajnih i stalnih trendova onečišćivala u podzemnim vodama i razina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

Analiza trendova napravljena je prema smjernicama opisanim u metodologiji u poglavlju 10. U poglavlju 11.1 ukratko je opisan postupak izrade trendova za onečišćivala i razine podzemne vode. Nakon toga su prikazani izrađeni trendovi za svako pojedino tijelo zasebno, dok su u zadnjem potpoglavlju dani sumarni rezultati i preporuke za buduća istraživanja. Grafički su prikazani samo statistički značajni trendovi, dok su tablično prikazani rezultati statističke značajnosti svih provedenih trendova.

### 11.1. Postupak izrade trendova

Postupak izrade trendova prikazan je posebno za trendove značajnih onečišćivala i trendove razina podzemne vode. Provjera i mogućnost izrade trenda napravljena je za sve kritične parametre određene u okviru ocjene kemijskog stanja grupiranih vodnih tijela podzemnih voda i procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskog stanja grupiranih vodnih tijela. Kako bi se dobila što preciznija interpretacija korišteni su svi dostupni podaci s piezometara na kojima se opažaju razine podzemne vode, kao i podaci s piezometara i zdenaca na kojima se odvija nacionalni monitoring kakvoće podzemne vode.

Izrada trendova provedena je kroz 10 glavnih koraka:

1. Za agregiranje podataka kakvoće podzemne vode je odabran kvartalni period u vremenskom razdoblju od 2009. do 2013. godine, dok je za razine podzemne vode (RPV) odabran mjesečni period u razdoblju od 2000. do 2014. godine. Trendovi razina podzemne vode napravljeni su za razdoblje od 2009. do 2014., ali i za razdoblje od 2000. do 2014. godine s procjenom kretanja trenda do 2020. godine.
2. Agregiranje podataka je napravljeno na razini grupiranog vodnog tijela, osim za Zagreb gdje se agregiranje podataka kakvoće podzemne vode izvelo na razini osnovnih vodnih tijela.
3. Omjeri  $AM0/AM100$  su izračunati za svaki promatrani kemijski parametar na svakom piezometru posebno. LOQ vrijednosti zamijenjene su sa 50% vrijednosti LOQ-a. Svaki parametar koji je na pojedinačnom piezometru imao  $AM0/AM100$  manji od 0,6 izbačen je iz proračuna. Također, rađeni su trendovi pojedinih

onečišćivala na razini svakog crpilišta zasebno, dok su kod određivanja trendova RPV-a korišteni samo oni piezometri na kojima je postojalo maksimalno dvije susjedne nedostajuće vrijednosti. Ukoliko su zabilježene različite LOQ vrijednosti, pristupilo se određivanju  $LOQ_{max}$  i selekciji podataka kao što je prikazano u poglavlju 10.

4. Ostali podaci su agregirani aritmetičkim usrednjavanjem kako bi se dobila karakteristična vrijednost pojedinog parametra/RPV-e u određenom kvartalu/mjesecu na razini grupiranog vodnog tijela.
5. Ukoliko na razini grupiranog vodnog tijela, nakon selekcijskog postupka, nije bilo minimalno tri kvartalna podatka na tri različita piezometra, podatak iz tog kvartala nije korišten u daljnjem proračunu.
6. Trendovi su rađeni samo za one kemijske parametre za koje je postojao reprezentativni usrednjeni kvartalni podatak na minimalno 12 uzastopnih kvartala.
7. Usrednjeni kvartalni podaci izgladjeni su LOESS funkcijom s parametrom izgladivanja 0,3.
8. LINEST funkcija u Excelu je korištena za izradu i predviđanje trendova na izgladenim podacima (predviđanje trendova se odnosi samo na RPV-e).
9. Odluka o (ne)postojanju statistički značajnog trenda provedena je pomoću regresijske analize u Excelu u okviru koje se dobije *p-vrijednost* koeficijenta regresijskog pravca.
10. Za proračun 95%-tnog intervala pouzdanosti trenda dodatno su korištene sljedeće funkcije u Excelu:
  - a. STEYX – daje standardnu grešku koja predstavlja veličinu greške kod predviđanja y vrijednosti za svaki x.
  - b. AVERAGE – daje prosjek, odnosno aritmetičku sredinu argumenata.
  - c. DEVSQ – prikazuje zbroj kvadrata odstupanja točke od srednje vrijednosti uzorka.
  - d. COUNT – daje broj ćelija koje sadrže brojeve u određenom nizu podataka.
  - e. TINV – daje inverznu vrijednost Studentove t-raspodjele obostranog testa s određenom razinom pouzdanosti.

## 11.2. Međimurje

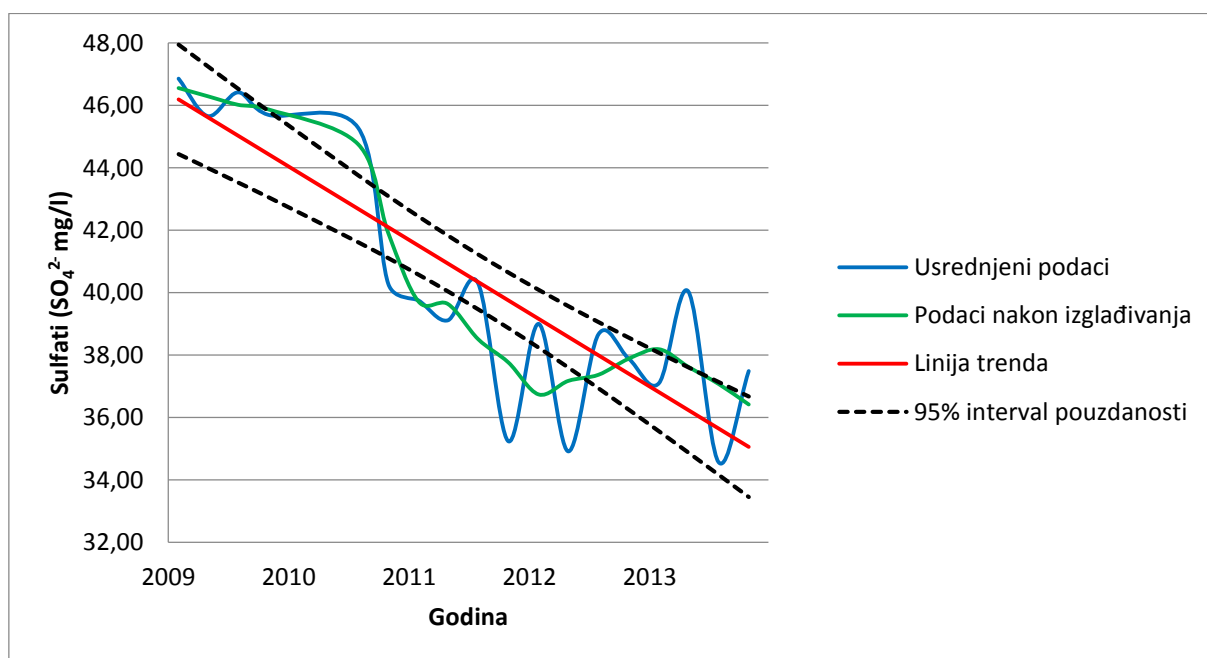
### 11.2.1. Izrada trendova onečišćivala

Za potrebe izrade trendova onečišćivala korišteni su podaci kakvoće podzemne vode iz 8 piezometara i 2 izvorišta. Izdvojena su 4 kritična parametra: mangan, nitrati, sulfati i željezo. Podaci o koncentracijama mangana zabilježeni su u samo 9 kvartala te se nije pristupilo izradi trenda. U Tablici 11.1 su prikazani rezultati statističke značajnosti trendova. Vidljivo je kako trendovi nitrata ne postoje, dok trendovi sulfata i željeza predstavljaju statistički značajne silazne trendove. Trendovi koncentracija sulfata i željeza prikazani su na Slikama 11.1 i 11.2.

Tablica 11.1. Prikaz statističke značajnosti trendova kritičnih parametara u grupiranom vodnom tijelu

Međimurje

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
Nitrati	9,82E-01	0,05	Ne
Sulfati	4,81E-08	0,05	Da - silazan
Željezo	2,13E-02	0,05	Da - silazan



Slika 11.1. Prikaz trenda koncentracija sulfata u grupiranom vodnom tijelu Međimurje



Slika 11.2. Prikaz trenda koncentracija željeza u grupiranom vodnom tijelu Međimurje

Na izvorištu Prelog jedino su nitrati izdvojeni kao kritični parametar. Budući da nisu utvrđene vrijednosti koncentracije nitrata u minimalno 12 uzastopnih kvartala, trend nije izveden.

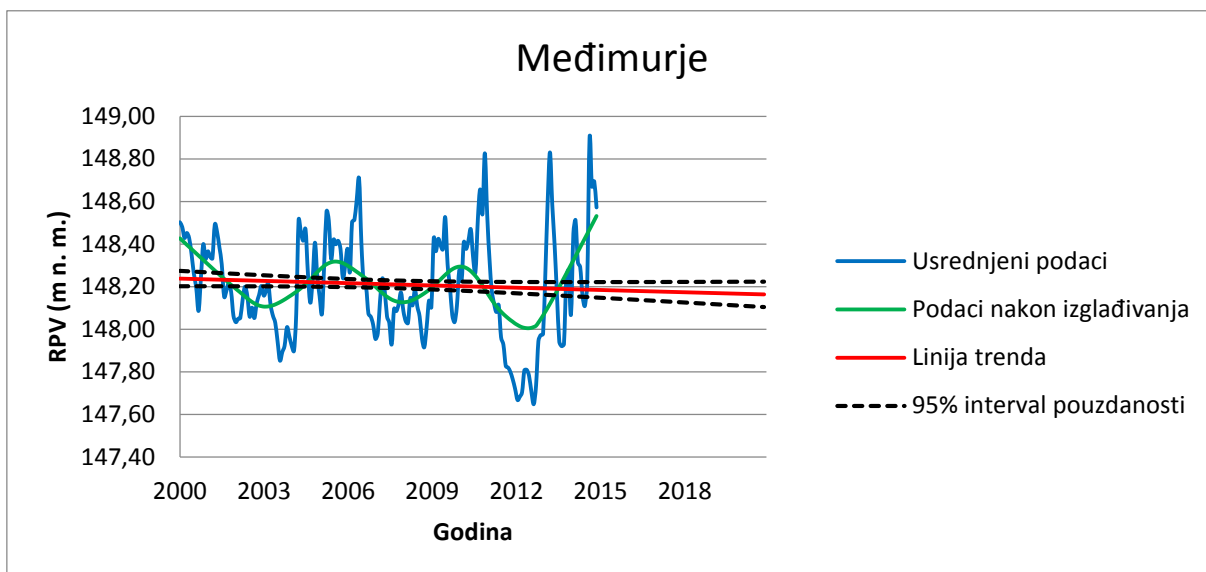
#### 11.2.2. Izrada trendova razina podzemne vode

Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela Međimurje obrađeni su podaci s 88 piezometara. Za konačnu agregaciju podataka i izradu trendova korišteni su podaci sa 69 piezometara. Podaci s ostalih piezometara nisu zadovoljili preporuke opisane u poglavlju 10. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.2. Trendovi razina su rađeni na temelju agregiranih mjesečnih vrijednosti za razdoblje od 2000. do 2014. godine (Slika 11.3), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.4). Vidljivo je da trendovi ne postoje, odnosno da nisu statistički značajni.

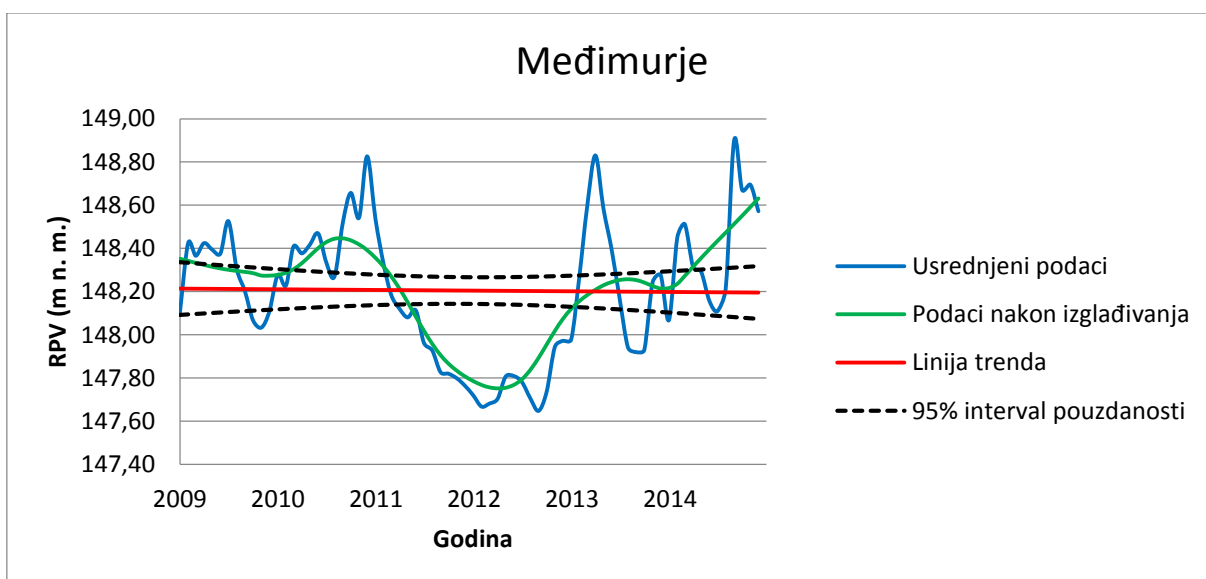
Tablica 11.2. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu

Međimurje

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	5,83E-02	0,05	Ne
RPV (2009.-2014.)	8,42E-01	0,05	Ne



Slika 11.3. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Međimurje (2000.-2020.)



Slika 11.4. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Međimurje (2009.-2014.)

### 11.3. Varaždinsko područje

#### 11.3.1. Izrada trendova onečišćivala

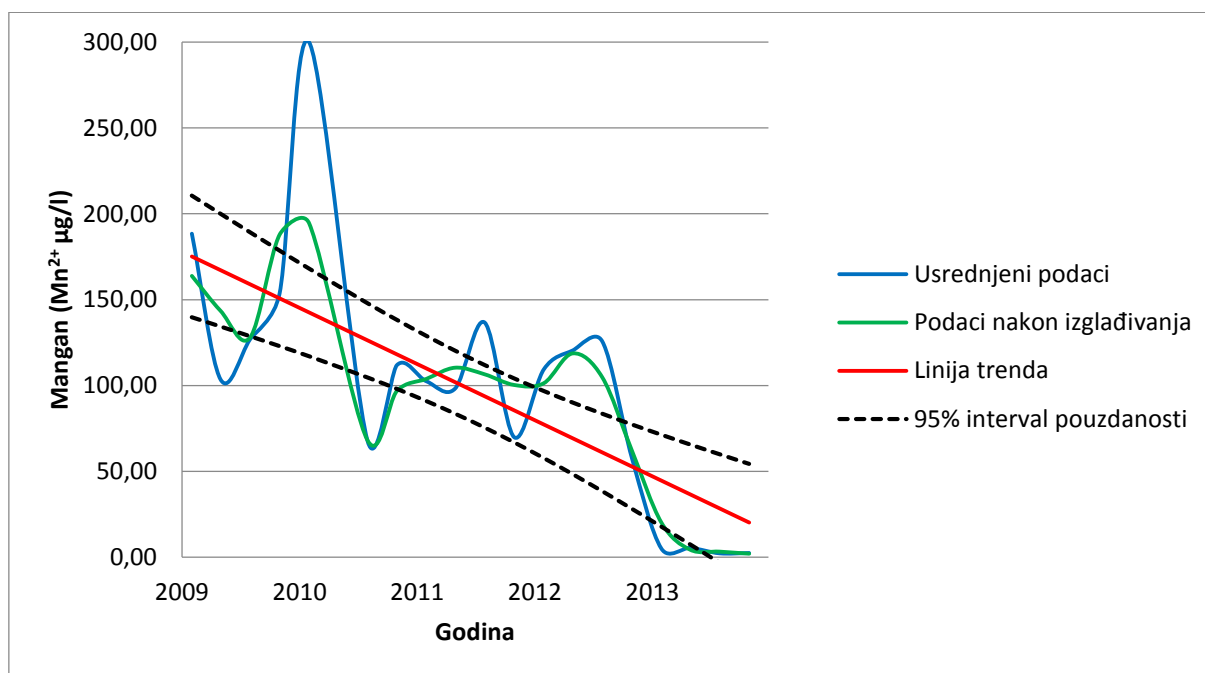
Za potrebe izrade trendova onečišćivala korišteni su podaci kakvoće podzemne vode iz 11 piezometara i 3 izvorišta. Izdvojena su 4 kritična parametra: mangan, nitrati, sulfati i željezo. Podaci o koncentracijama željeza nisu zabilježeni u 12 uzastopnih kvartala te se nije pristupilo izradi trenda. U Tablici 11.3 prikazani su rezultati statističke značajnosti trendova. Trendovi

koncentracija mangana i sulfata prikazani su na Slikama 11.5 i 11.6. Vidljivo je kako trend nitrata ne postoji, dok trendovi mangana i sulfata predstavljaju statistički značajne silazne trendove.

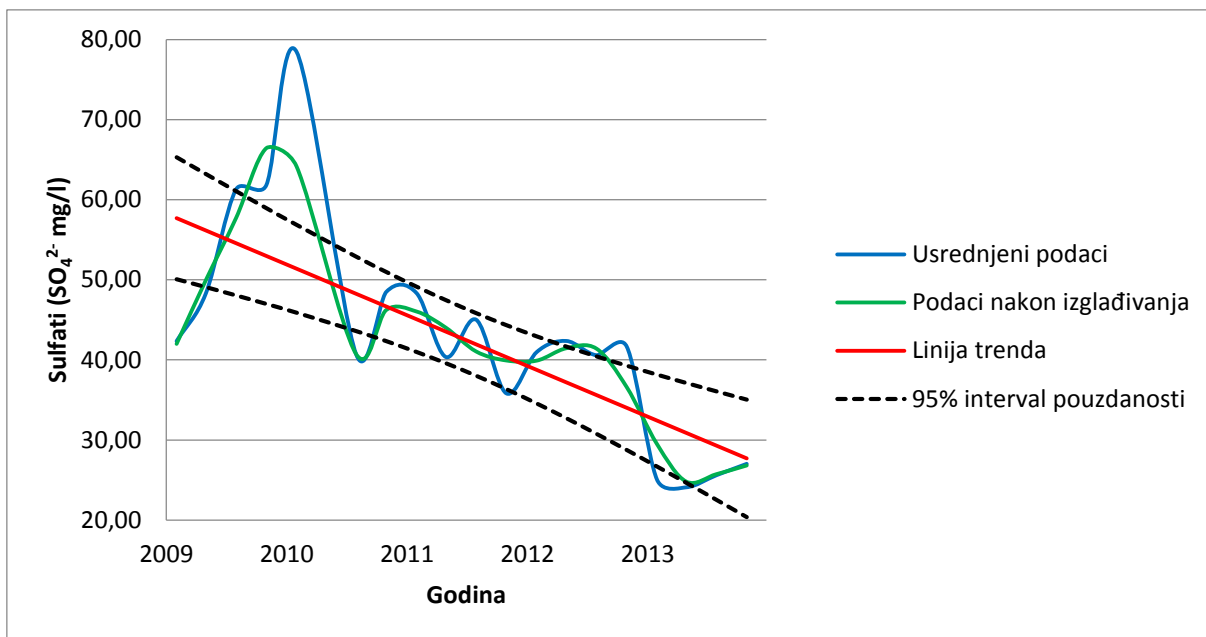
Tablica 11.3. Prikaz statističke značajnosti trendova kritičnih parametara u grupiranom vodnom tijelu

Varaždinsko područje

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
Mangan	6,32E-06	0,05	Da - silazan
Nitrati	9,64E-01	0,05	Ne
Sulfati	2,21E-05	0,05	Da - silazan

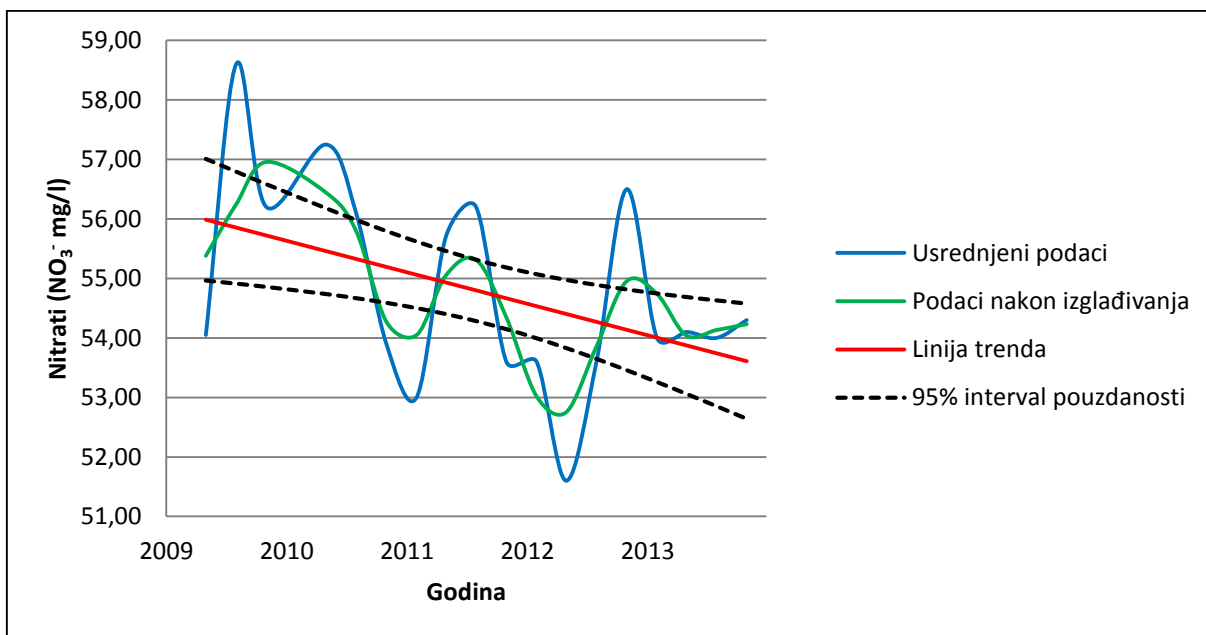


Slika 11.5. Prikaz trenda koncentracija mangana u grupiranom vodnom tijelu Varaždinsko područje



Slika 11.6. Prikaz trenda koncentracija sulfata u grupiranom vodnom tijelu Varaždinsko područje

Na izvorištu Bartolovec nisu zabilježeni kritični parametri, dok su na izvorištu Varaždin i Vinokovščak zabilježene kritične vrijednosti nitrata. Obzirom da na izvorištu Vinokovščak postoje informacije o kakvoći podzemne vode u samo 6 kvartala, trend nitrata nije bilo moguće izvesti. Trend nitrata na izvorištu Varaždin predstavlja statistički značajan silazni trend (Slika 11.7; p-vrijednost=3,28E-03).



Slika 11.7. Prikaz trenda koncentracija nitrata na izvorištu Varaždin

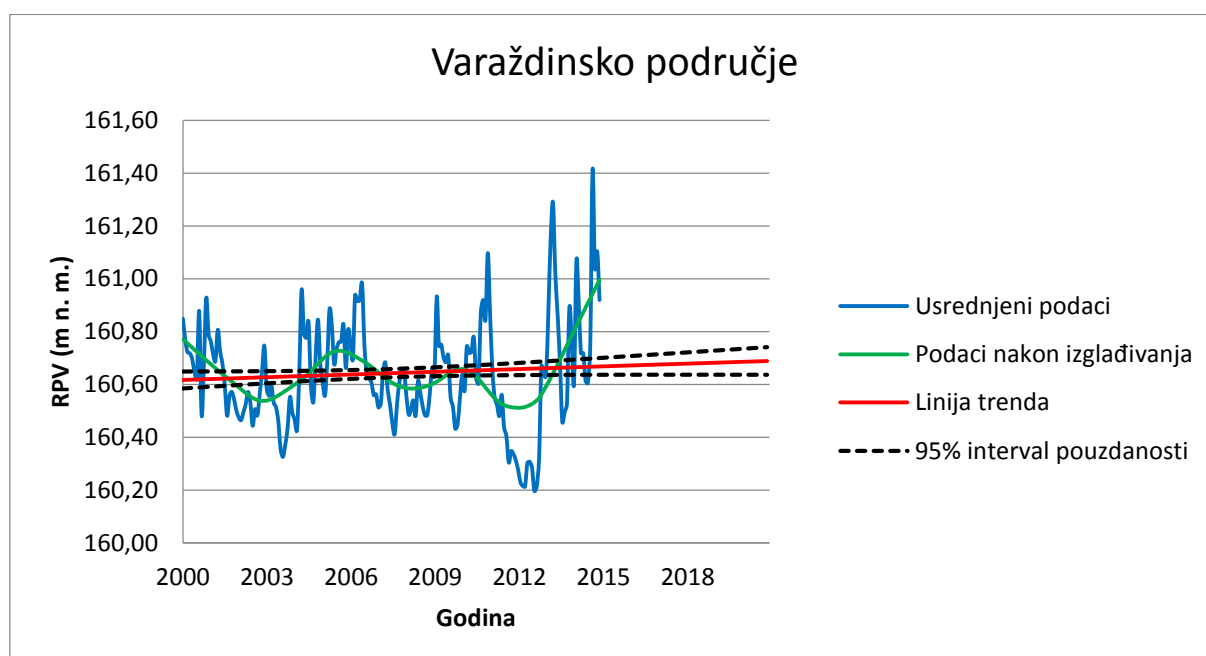


### 11.3.2. Izrada trendova razine podzemne vode

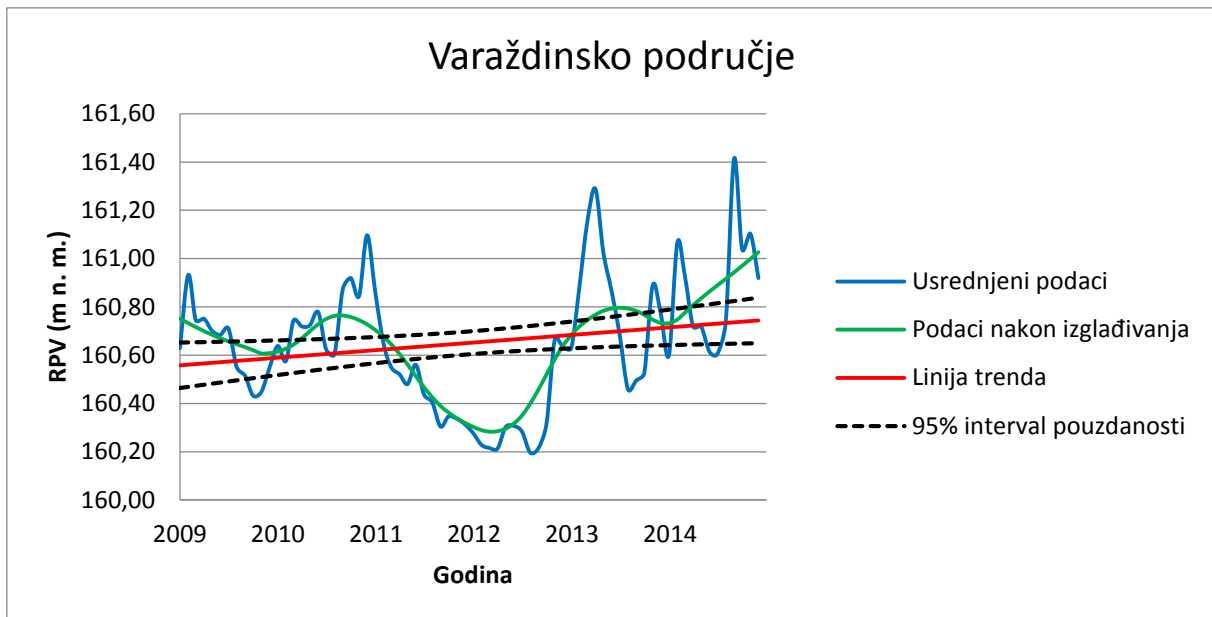
Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela Varaždinsko područje obrađeni su podaci s 93 piezometara. Za konačnu agregaciju podataka i izradu trendova korišteni su podaci s 90 piezometara. Podaci s ostalih piezometara nisu zadovoljili preporuke opisane u poglavlju 10. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.4. Trendovi razina su rađeni na temelju agregiranih mjesečnih vrijednosti za razdoblje od 2000. do 2014. godine (Slika 11.8), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.9). Vidljivo je da trendovi predstavljaju statistički značajne uzlazne trendove.

Tablica 11.4. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu  
Varaždinsko područje

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	3,86E-02	0,05	Da - uzlazan
RPV (2009.-2014.)	1,13E-02	0,05	Da - uzlazan



Slika 11.8. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Varaždinsko područje (2000.-2020.)



Slika 11.9. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Varaždinsko područje (2009.-2014.)

## 11.4. Sliv Bednje

### 11.4.1. Izrada trendova onečišćivala

U grupiranom vodnom tijelu Sliv Bednje ne postoje podaci o monitoringu kakvoće podzemne vode. Za potrebe izrade trendova kakvoće sirove vode obrađeni su podaci iz 11 izvorišta. Budući da nije uočena niti jedna vrijednost parametra iznad graničnih koncentracija, odnosno nije uočen niti jedan kritičan parametar, trendovi se nisu izvodili. Potrebno je naglasiti da na svih 11 izvorišta ne postoji niti jedan parametar za koji bi bilo moguće izvesti trend zato što ne postoje podaci na minimalno 12 uzastopnih kvartala.

### 11.4.2. Izrada trendova razine podzemne vode

Trendovi razina podzemne vode nisu izvršeni za grupirano vodno tijelo Sliv Bednje zbog toga što su dostupni podaci sa samo 2 piezometra.

## 11.5. Legrad - Slatina

### 11.5.1. Izrada trendova onečišćivala

U grupiranom vodnom tijelu Legrad – Slatina obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode iz 9 piezometara i sirove vode iz 9 izvorišta. Izdvojeno je 5 kritičnih parametara: arsen, kloridi, mangan, nitrati i željezo. Budući da niti za jedan parametar nije bilo dovoljno kvartalnih

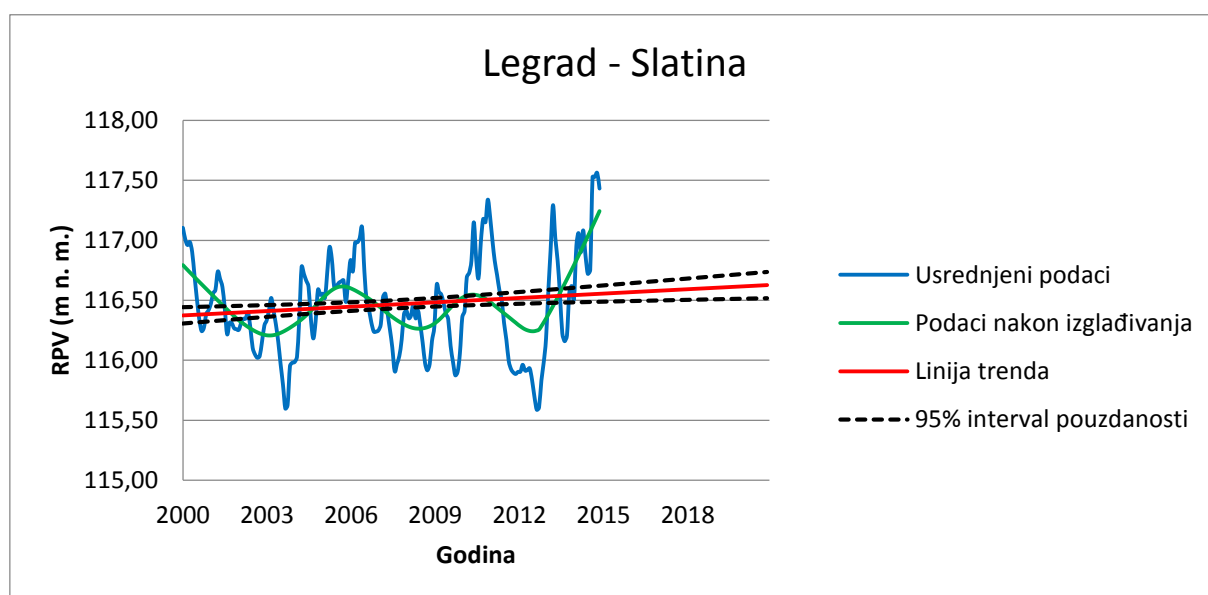
podataka, minimalno 12, trendovi nisu izrađeni. Od 9 izvorišta, na izvorištu Miholjanec i Šemovci su zabilježene kritične koncentracije nitrata, dok je na izvorištu Medinci zabilježena kritična koncentracija amonija. Obzirom da niti na jednom od ova tri izvorišta ne postoje podaci na barem 12 uzastopnih kvartala, trendovi također nisu izrađeni.

### 11.5.2. Izrada trendova razine podzemne vode

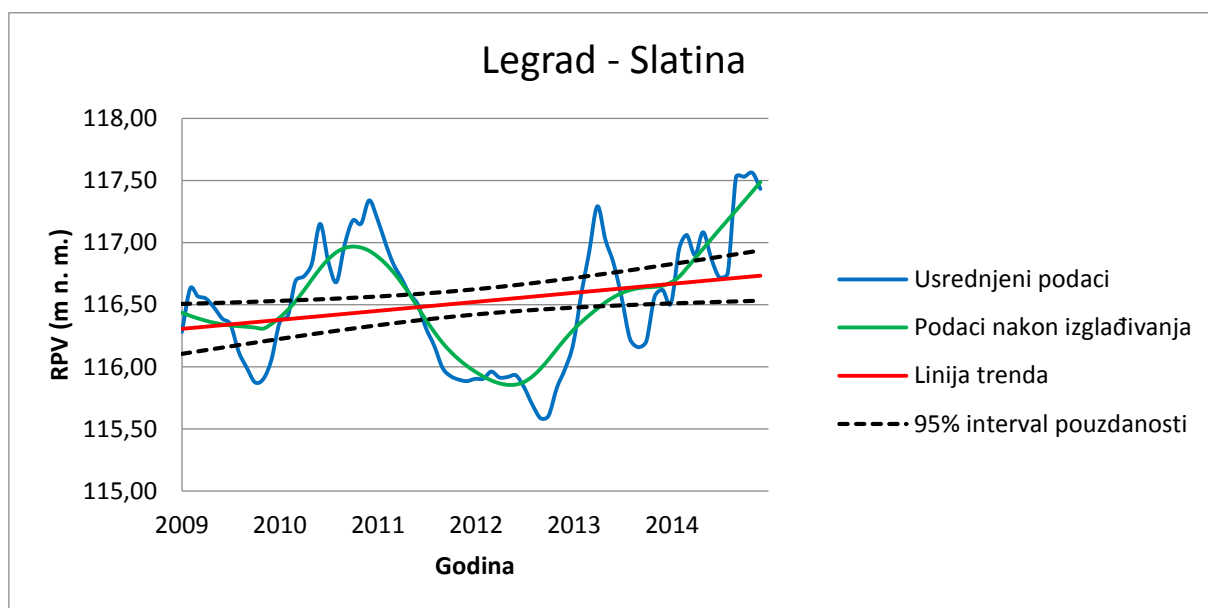
Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela Legrad - Slatina obrađeni su podaci s 86 piezometara. Za konačnu agregaciju podataka i izradu trendova korišteni su podaci sa 73 piezometara. Podaci s ostalih piezometara nisu zadovoljili preporuke opisane u poglavlju 10. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.5. Trendovi razina su izrađeni na temelju agregiranih mjesečnih vrijednosti za razdoblje od 2000. do 2014. godine (Slika 11.10), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.11). Vidljivo je da trendovi predstavljaju statistički značajne uzlazne trendove.

Tablica 11.5. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Legrad - Slatina

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	6,00E-04	0,05	Da - uzlazan
RPV (2009.-2014.)	6,34E-03	0,05	Da - uzlazan



Slika 11.10. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Legrad - Slatina (2000.-2020.)



Slika 11.11. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Legrad - Slatina (2009.-2014.)

## 11.6. Novo Virje

### 11.6.1. Izrada trendova onečišćivala

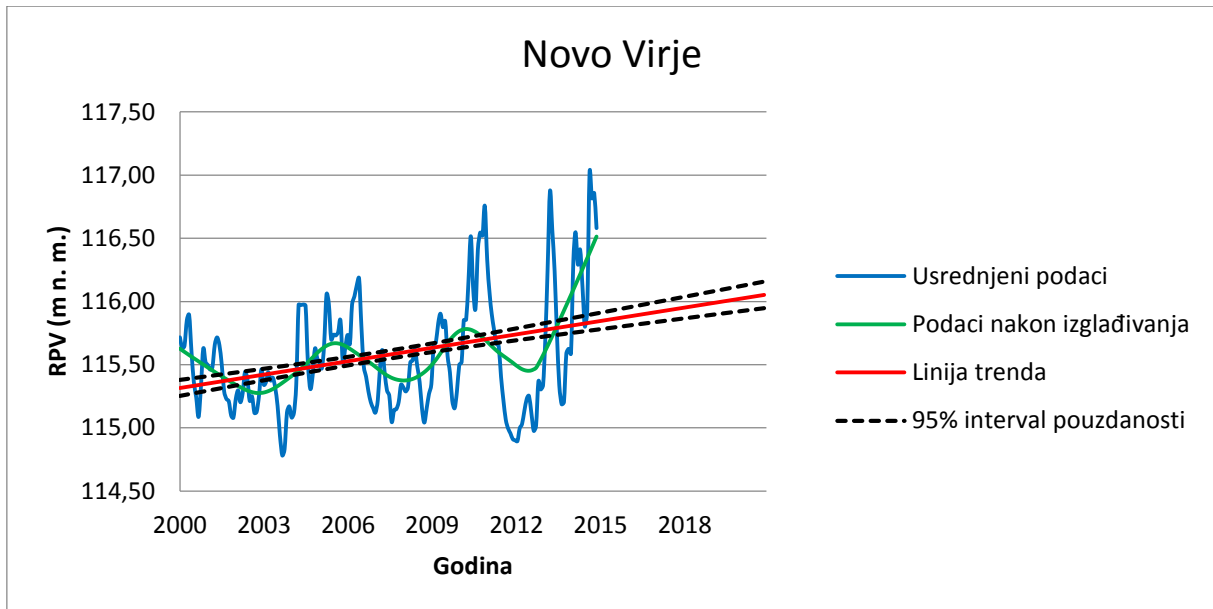
U okviru grupiranog vodnog tijela Novo Virje ne postoji niti jedan piezometar, kao i niti jedno izvorište na kojem se prati kakvoća podzemne vode. Shodno tome, nije bilo moguće pristupiti izvedbi trendova.

### 11.6.2. Izrada trendova razine podzemne vode

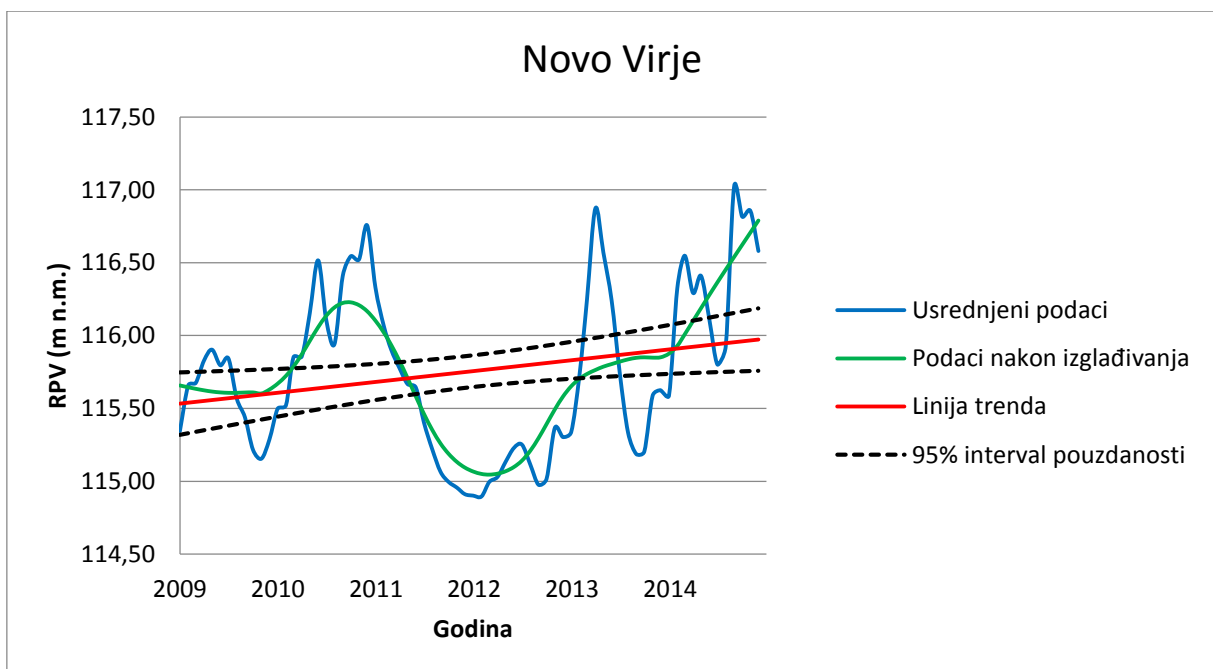
Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela Novo Virje obrađeni su podaci s 15 piezometara. Za konačnu agregaciju podataka i izradu trendova korišteni su podaci s 11 piezometara. Podaci s ostalih piezometara nisu zadovoljili preporuke opisane u poglavlju 10. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.6. Trendovi razina su rađeni na temelju agregiranih mjesečnih vrijednosti za razdoblje od 2000. do 2014. godine (Slika 11.12), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.13). Vidljivo je da trendovi predstavljaju statistički značajne uzlazne trendove.

Tablica 11.6. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Novo Virje

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	2,94E-21	0,05	Da - uzlazan
RPV (2009.-2014.)	7,93E-03	0,05	Da - uzlazan



Slika 11.12. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Novo Virje (2000.-2020.)



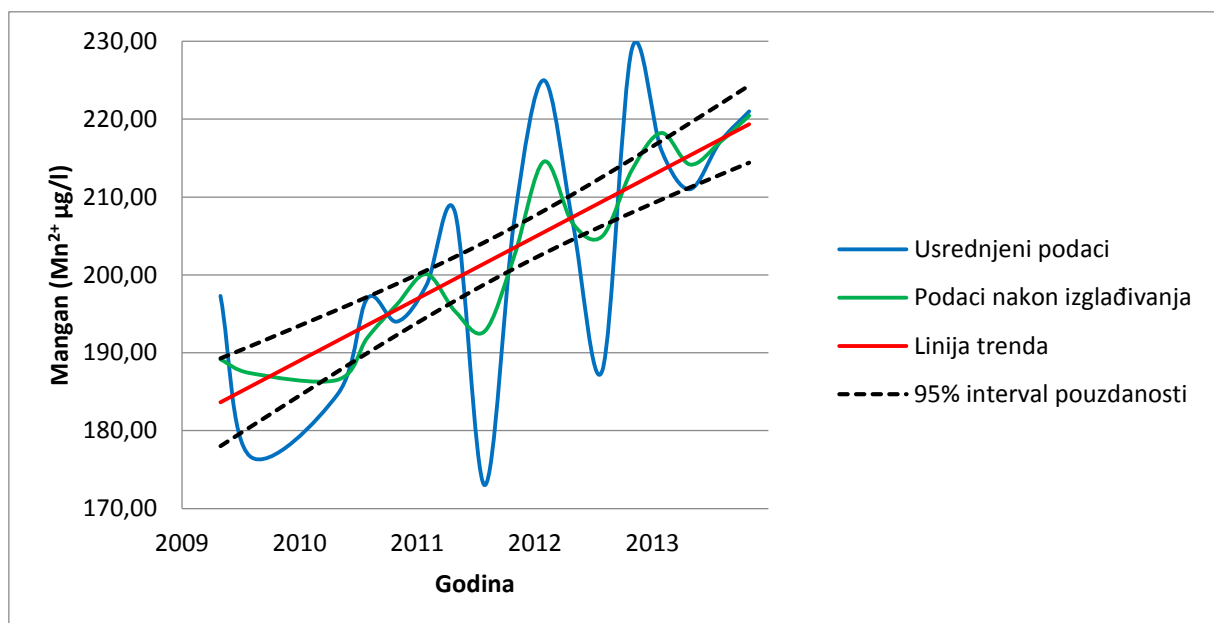
Slika 11.13. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Novo Virje (2009.-2014.)

## 11.7. Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

### 11.7.1. Izrada trendova onečišćivala

Na području grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 21 piezometra i 24 izvorišta. Podaci kakvoće podzemne vode iz piezometara ukazali su na 8 kritičnih parametara: amonij, arsen, električna vodljivost, kloridi, mangan, nitrati, sulfati i željezo. Međutim, za niti jedan parametar nisu bili dostupni podaci iz minimalno 12 uzastopnih kvartala te se izradi trendova nije moglo pristupiti.

Podaci kakvoće sirove vode su također ukazali na 6 kritičnih parametara: amonij, arsen, fosfate, mangan, sumu tetrakloretilena i trikloretilena i željezo. Većina ovih parametara pojavila se u koncentracijama višim od graničnih na nekoliko različitih izvorišta, no samo se na izvorištu Velimirovac mogao izvesti trend za mangan (Slika 11.14). Rezultat predstavlja statistički značajan uzlazni trend obzirom da izračunata p-vrijednosti iznosi 7,08E-08.



Slika 11.14. Prikaz trenda koncentracija mangana na izvorištu Velimirovac

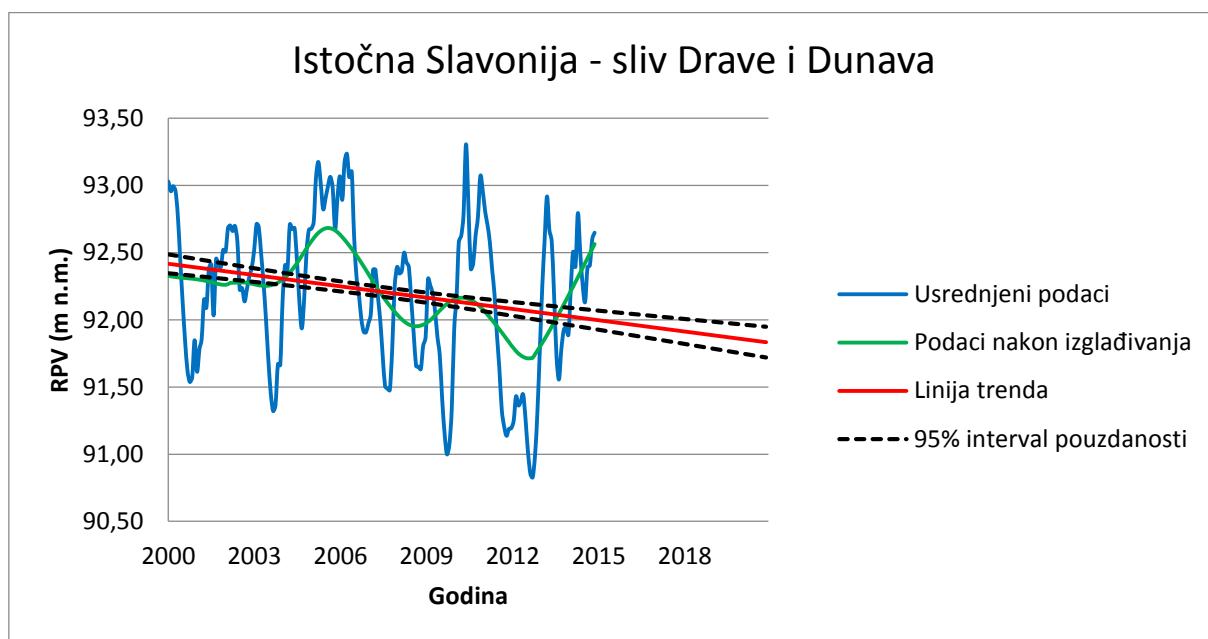
### 11.7.2. Izrada trendova razine podzemne vode

Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava obrađeni su podaci s 30 piezometara. Za konačnu agregaciju podataka i izradu trendova korišteni su podaci s 16 piezometara. Podaci s ostalih piezometara nisu zadovoljili preporuke opisane u poglavlju 10. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.7. Trendovi razina su rađeni na temelju agregiranih mjesečnih

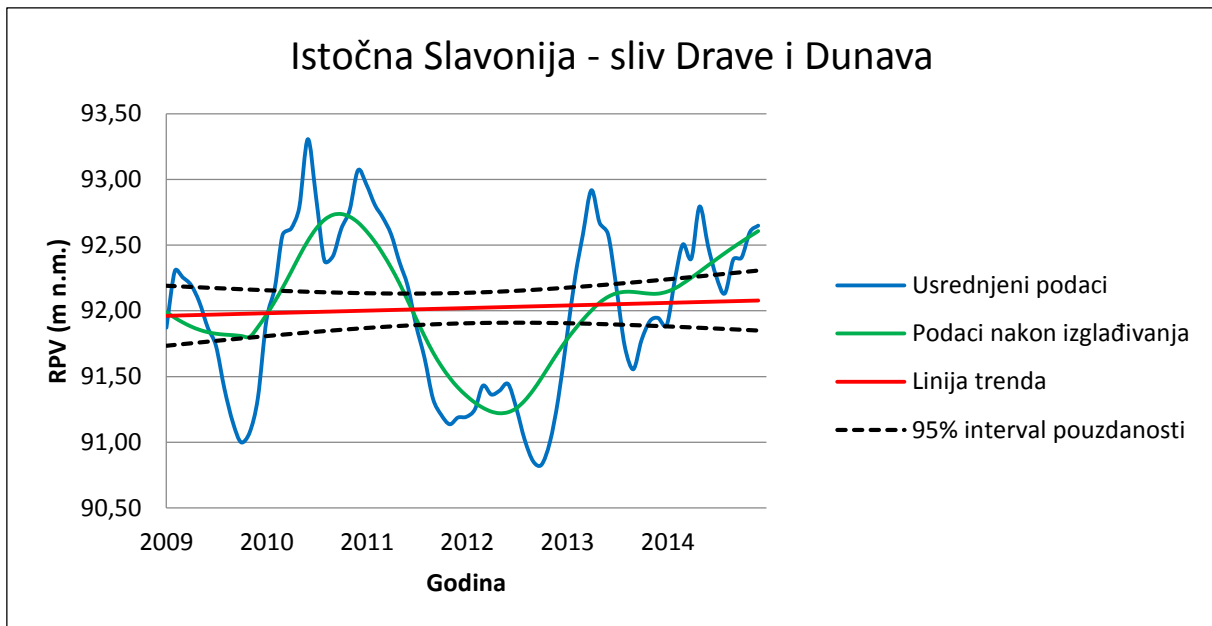
vrijednosti za razdoblje od 2000. do 2014. godine (Slika 11.15), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.16). Vidljivo je da su trendovi različiti, odnosno trend temeljen na razinama podzemne vode od 2000. do 2014. godine predstavlja statistički značajan silazni trend, dok trend dobiven na razinama podzemne vode od 2009. do 2014. godine ne postoji.

Tablica 11.7. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	4,52E-13	0,05	Da - silazan
RPV (2009.-2014.)	5,01E-01	0,05	Ne



Slika 11.15. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (2000.-2020.)



Slika 11.16. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (2009.-2014.)

## 11.8. Sliv Sutle i Krapine

### 11.8.1. Izrada trendova onečišćivala

Za potrebe izrade trendova na području grupiranog vodnog tijela Sliv Sutle i Krapine obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 3 piezometra i podaci sirove vode s 34 izvorišta. Na temelju podataka kakvoće podzemne vode s piezometara izdvojena su 2 kritična parametra: kloridi i sulfati. Budući da su poznati podaci za samo tri kvartala, nije se moglo pristupiti izradi trendova.

Na temelju podataka kakvoće sirove vode izdvojen je samo jedan kritičan parametar: željezo, koji se pojavljuje u povišenim koncentracijama na nekoliko izvorišta. Međutim, s obzirom na dostupnost podatke, nije se mogao izvesti trend za niti jedan parametar.

### 11.8.2. Izrada trendova razine podzemne vode

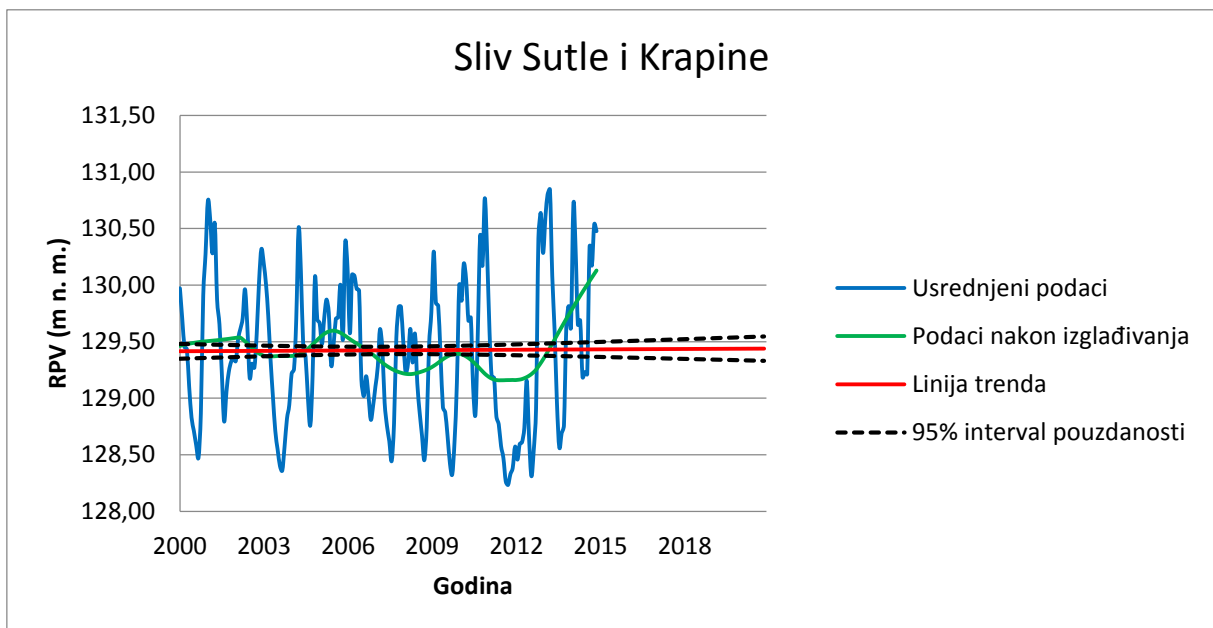
Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela sliv Sutle i Krapine obrađeni su podaci s 8 piezometara. Podaci sa svih piezometara korišteni su za agregaciju podataka i izradu trendova. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.8. Trendovi razina su rađeni na temelju agregiranih mjesečnih vrijednosti za razdoblje od 2000. do 2014. godine (Slika 11.17), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.18). Vidljivo je da su trendovi različiti,



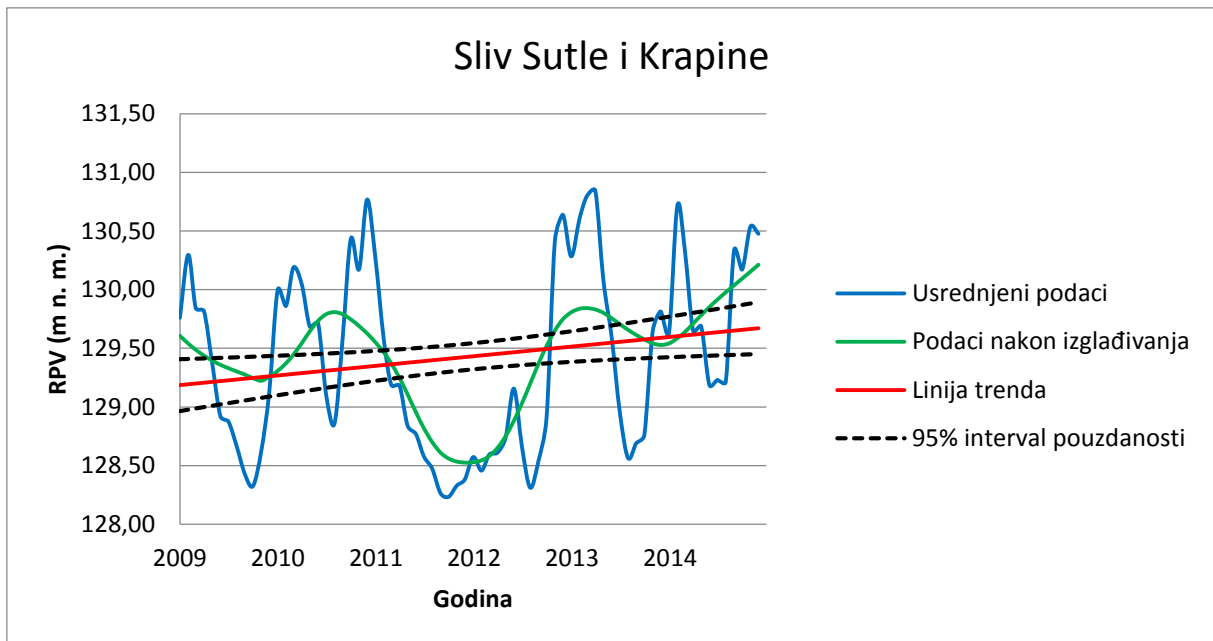
odnosno trend temeljen na razinama podzemne vode od 2000. do 2014. godine ne postoji, dok trend dobiven na razinama podzemne vode od 2009. do 2014. godine predstavlja statistički značajan uzlazni trend.

Tablica 11.8. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu sliv Sutle i Krapine

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	7,42E-01	0,05	Ne
RPV (2009.-2014.)	4,79E-03	0,05	Da - uzlazan



Slika 11.17. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu sliv Sutle i Krapine (2000.-2020.)



Slika 11.18. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu sliv Sutle i Krapine (2009.-2014.)

## 11.9. Sliv Lonja – Ilova – Pakra

### 11.9.1. Izrada trendova onečišćivala

Na području grupiranog vodnog tijela Sliv Lonja – Ilova – Pakra obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 4 piezometra i podaci kakvoće sirove vode s 8 izvorišta. Izdvojena su 2 kritična parametra na temelju kakvoće podzemne vode: mangan i sulfati, i 1 na temelju podataka sirove vode: mangan. Međutim, zbog nepostojanja podataka u dovoljnom broju kvartala, trendovi nisu napravljeni.

### 11.9.2. Izrada trendova razine podzemne vode

Trendovi razina podzemne vode nisu izvršeni za grupirano vodno tijelo sliv Lonja – Ilova - Pakra zbog toga što su nisu bili dostupni podaci mjerenja razina podzemne vode na piezometrima.

## 11.10. Sliv Orljave

### 11.10.1. Izrada trendova onečišćivala

Na području grupiranog vodnog tijela Sliv Orljave obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 4 piezometra i podaci kakvoće sirove vode sa 6 izvorišta. Kao kritični

parametar izdvojen je samo mangan na temelju podataka kakvoće podzemne vode iz piezometara. Budući da ne postoji minimalno 12 uzastopnih kvartalnih podataka, određivanje trenda koncentracije mangana nije provedeno.

#### 11.10.2. Izrada trendova razine podzemne vode

Trendovi razina podzemne vode nisu izvršeni za grupirano vodno tijelo Sliv Orljave zbog toga što su nisu bili dostupni podaci mjerenja razina podzemne vode na piezometrima.

### 11.11. Zagreb

#### 11.11.1. Izrada trendova onečišćivala

Grupirano vodno tijelo Zagreb je u okviru ocjene stanja i procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskog stanja podijeljeno u 23 osnovna vodna tijela te se na isti način pristupilo izradi trendova. Većina piezometara se nalazi na području 7 osnovnih vodnih tijela (187, 188, 203, 204, 205, 206 i 207). U ostalim osnovnim vodnim tijelima nije se pristupilo izradi trendove zato što nisu dostupni podaci s minimalno tri piezometra.

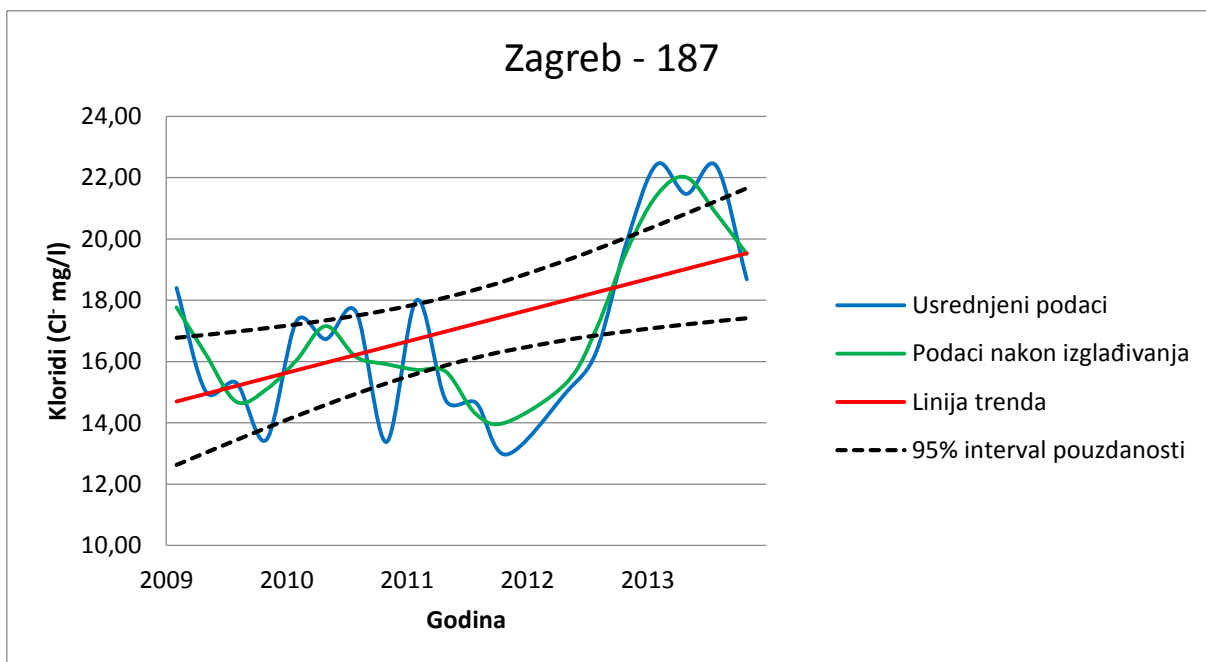
##### 11.11.1.1. Zagreb - 187

Na području osnovnog vodnog tijela 187 obrađena je kakvoća podzemne vode s 20 piezometara i kakvoća sirove vode sa 1 izvorišta. Iako kakvoća sirove vode nije ukazala na niti jedan kritični parametar, mora se naglasiti kako izvedba trenda nije moguća budući da ne postoji dovoljan broj kvartalnih podataka. Na temelju kakvoće podzemne vode izdvojena su 4 kritična parametra: kloridi, mangan, sulfati i željezo. U Tablici 11.9 prikazani su rezultati statističke značajnosti trenda. Za koncentracije klorida, mangana i željeza utvrđeni su statistički značajni uzlazni trendovi (Slika 11.19, 11.20 i 11.21), dok trend za sulfate ne postoji.

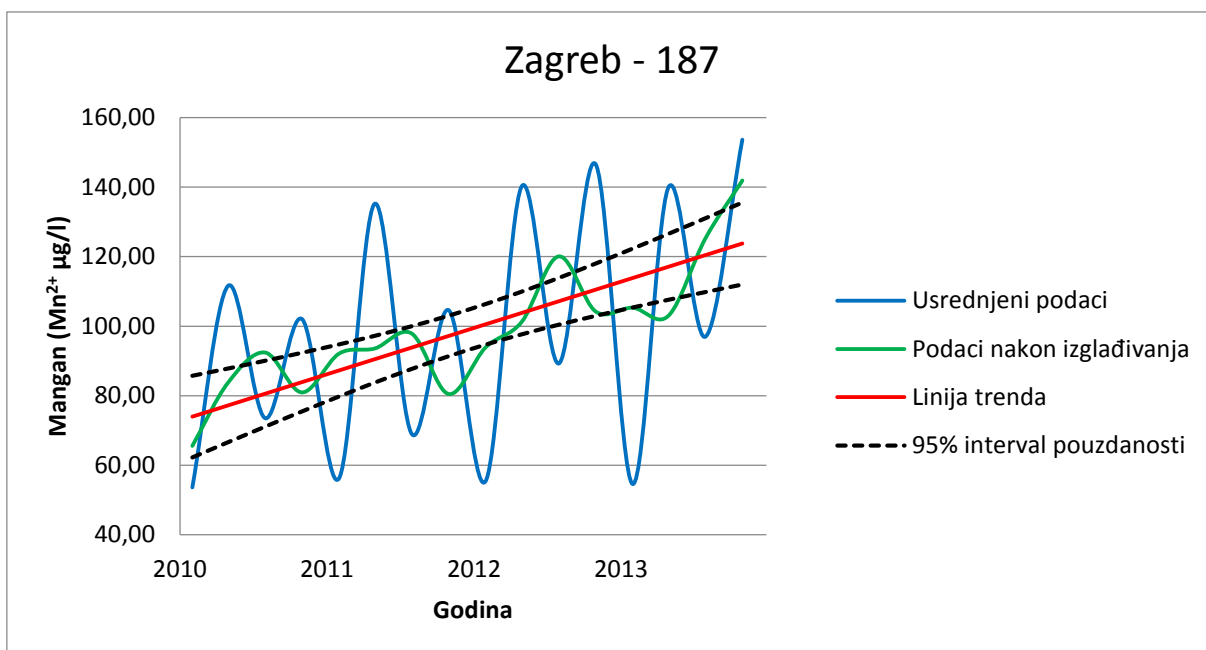
Tablica 11.9. Prikaz statističke značajnosti trendova kakvoće podzemne vode u osnovnom vodnom tijelu

Zagreb – 187

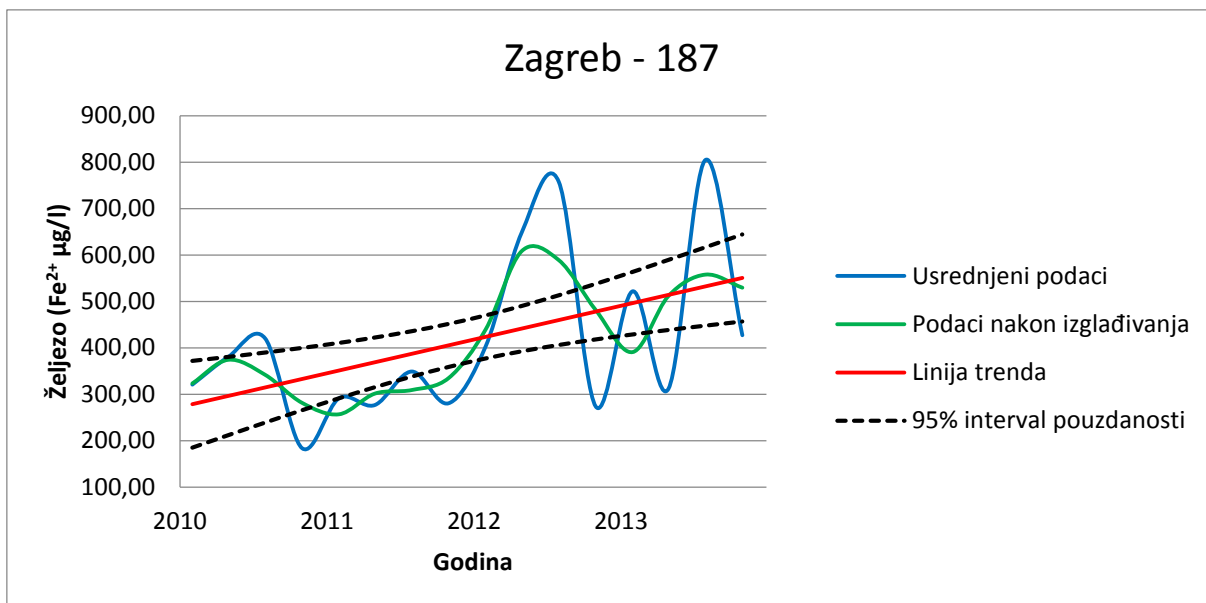
Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
Kloridi	3,92E-03	0,05	Da - uzlazan
Mangan	3,38E-05	0,05	Da - uzlazan
Sulfati	1,23E-01	0,05	Ne
Željezo	1,07E-03	0,05	Da - uzlazan



Slika 11.19. Prikaz trenda klorida u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 187



Slika 11.20. Prikaz trenda mangana u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 187



Slika 11.21. Prikaz trenda željeza u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 187

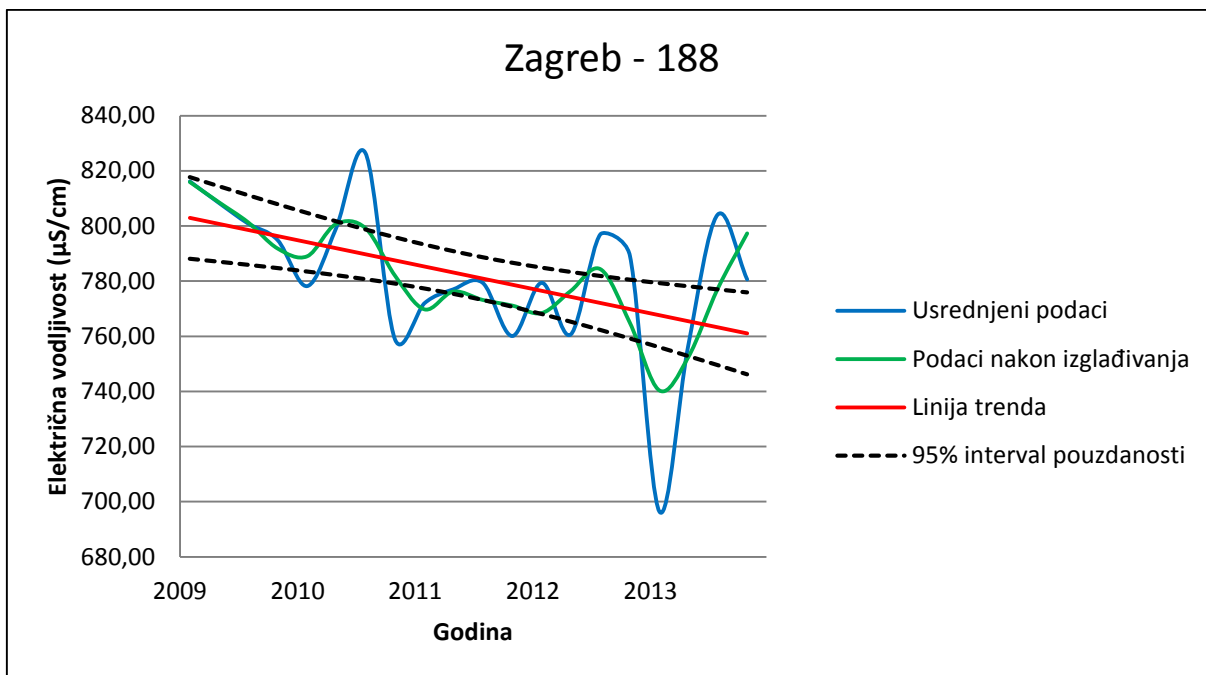
#### 11.11.1.2. Zagreb - 188

U osnovnom vodnom tijelu 188 obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 10 piezometara i kakvoća sirove vode s 1 izvorišta. Kakvoća sirove vode nije ukazala na niti jedan kritični parametar. Mora se naglasiti kako ni u ovom slučaju nisu bili dostupni podaci kakvoće sirove vode s minimalno 12 uzastopnih kvartala. Na temelju kakvoće podzemne vode izdvojeno je 5 kritičnih parametara: električna vodljivost, kloridi, nitrati, sulfati i željezo. Zbog nedostatka podataka, trend za sulfate nije bilo moguće izvesti. Rezultati su pokazali da trend klorida i nitrata ne postoji (Tablica 11.10), dok trendovi električne vodljivosti (Slika 11.22) i željeza (Slika 11.23) predstavljaju statistički značajne silazne trendove.

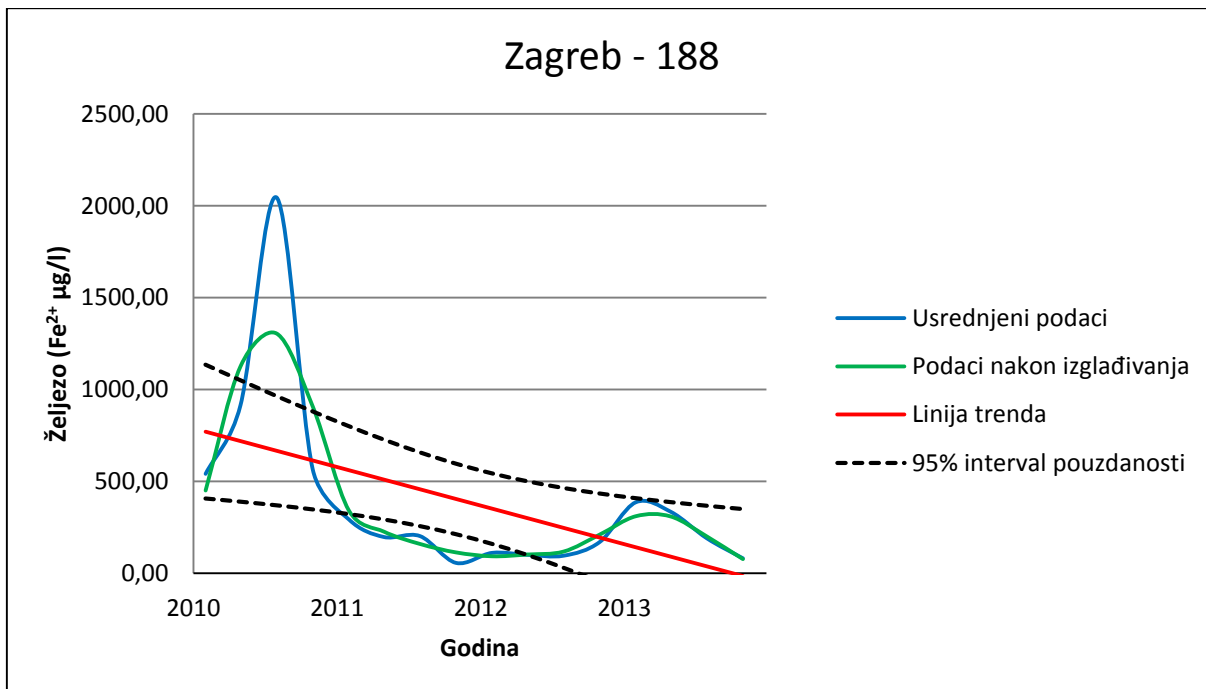
Tablica 11.10. Prikaz statističke značajnosti trendova kakvoće podzemne vode u osnovnom vodnom tijelu

Zagreb – 188

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
Električna vodljivost	7,59E-04	0,05	Da - silazan
Kloridi	1,19E-01	0,05	Ne
Nitrati	6,75E-01	0,05	Ne
Željezo	6,76E-03	0,05	Da - silazan



Slika 11.22. Prikaz trenda električne vodljivosti u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 188



Slika 11.23. Prikaz trenda električne vodljivosti u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 188

### 11.11.1.3. Zagreb - 203

Za potrebe izrade trendova u osnovnom vodnom tijelu 203 obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 3 piezometra te su utvrđena 4 kritična parametra: kloridi, mangan, sulfati i

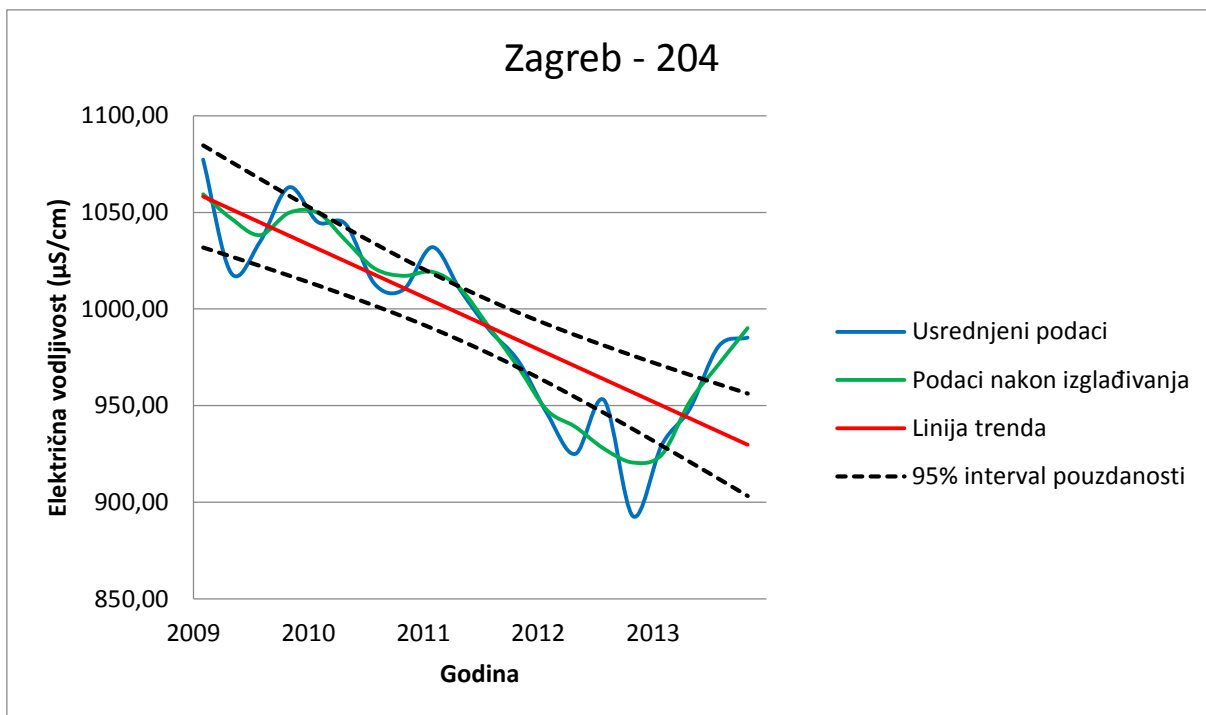
željezo. Budući da nisu bili dostupni podaci iz minimalno 12 uzastopnih kvartala, trendovi nisu provedeni. U ovom osnovnom vodnom tijelu ne postoji niti jedno izvorište.

#### 11.11.1.4. Zagreb - 204

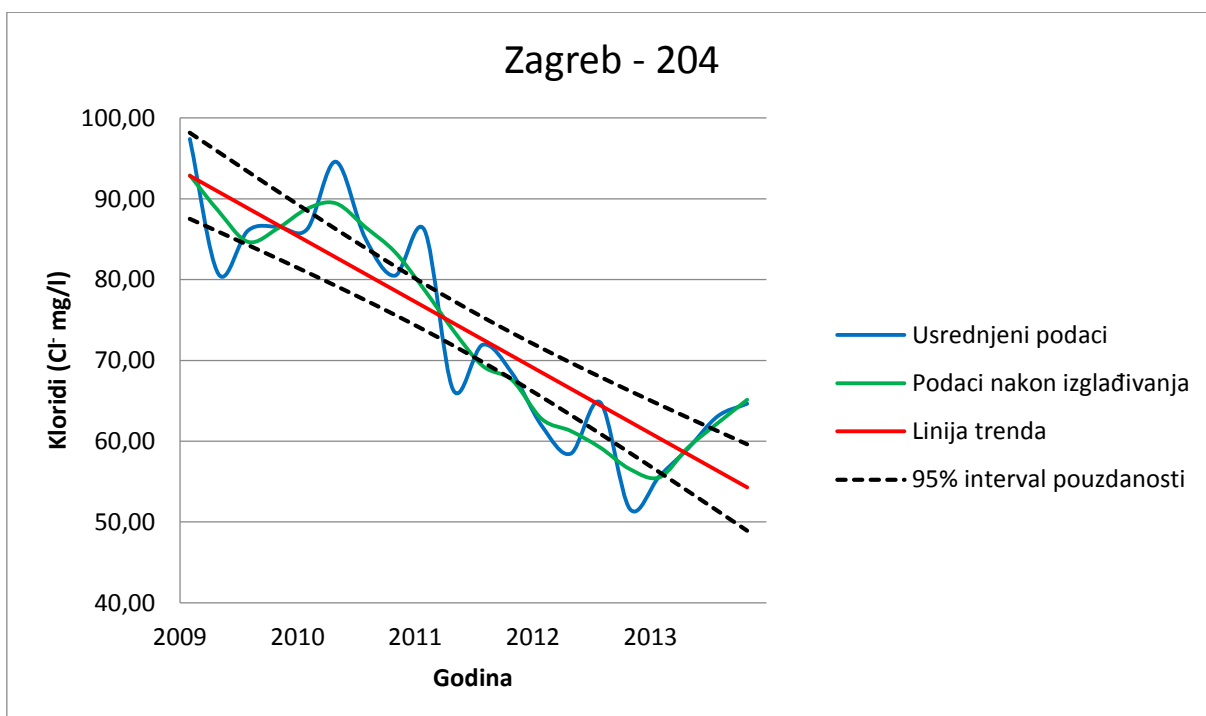
Za potrebe izrade trendova u osnovnom vodnom tijelu 204 obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 12 piezometara i podaci kakvoće sirove vode s 1 izvorišta. Na temelju kakvoće sirove vode nije izdvojen niti jedan kritičan parametar, dok je kakvoća podzemne vode ukazala na 7 kritičnih parametara: električna vodljivost, kloridi, mangan, nitrati, sulfati, suma tetrakloretilena i trikloretilena i željezo. Zbog nedostatka podataka, trendovi nisu izvedeni za koncentracije mangana i željeza, što se odnosi i na podatke kakvoće sirove vode. U Tablici 11.11 prikazani su rezultati statističke značajnosti trendova, dok je na Slici 11.24 prikazan trend električne vodljivosti, na Slici 11.25 trend klorida, na Slici 11.26 trend nitrata, na Slici 11.27 trend sulfata i na Slici 11.28 trend sume tetrakloretilena i trikloretilena. Vidljivo je da suma tetrakloretilena i trikloretilena predstavlja statistički značajan uzlazan trend, dok su svi ostali također statistički značajni, ali silazni.

Tablica 11.11. Prikaz statističke značajnosti trendova kakvoće podzemne vode u osnovnom vodnom tijelu  
Zagreb – 204

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
Električna vodljivost	1,71E-06	0,05	Da - silazan
Kloridi	5,53E-09	0,05	Da - silazan
Nitrati	6,50E-03	0,05	Da - silazan
Sulfati	2,49E-04	0,05	Da - silazan
Suma tetrakloretilena i trikloretilena	5,52E-03	0,05	Da - uzlazan

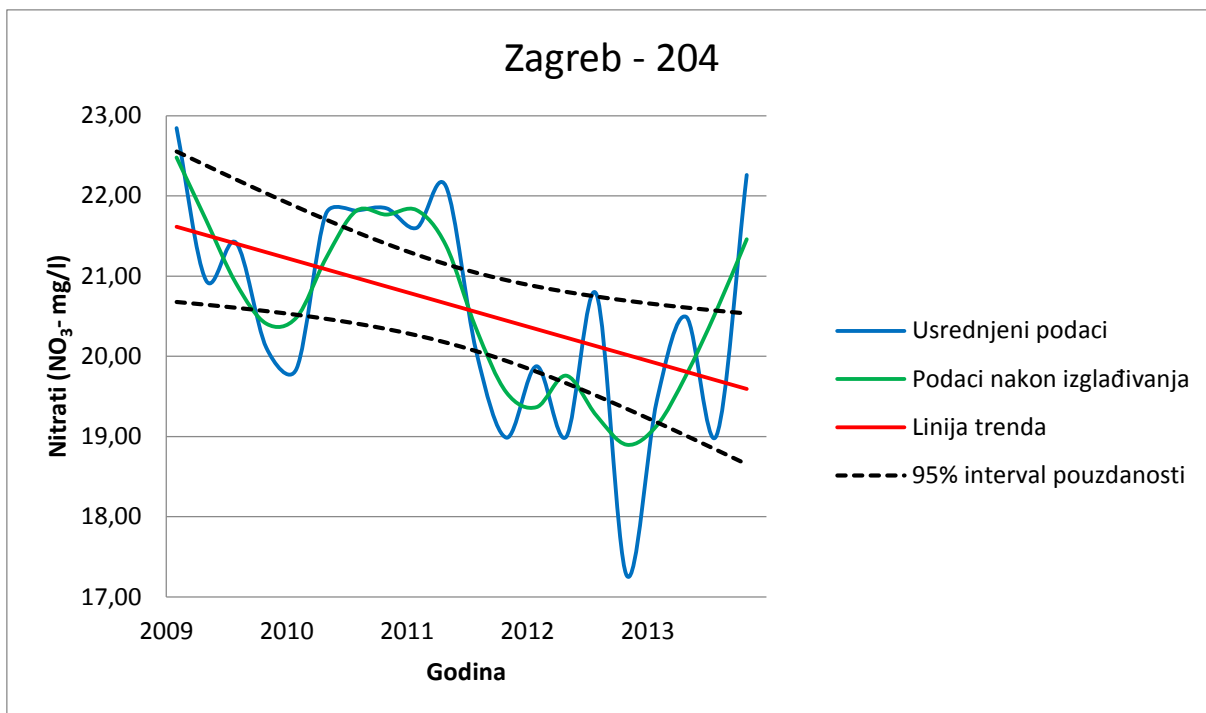


Slika 11.24. Prikaz trenda električne vodljivosti u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 204

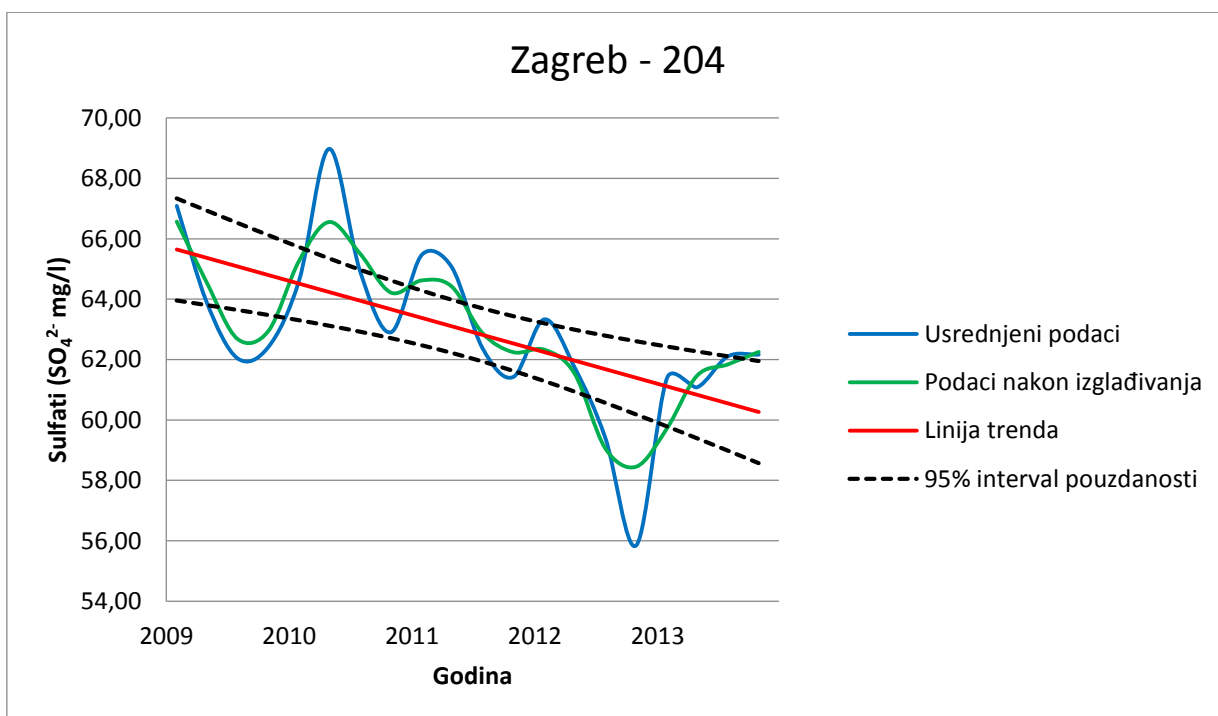


Slika 11.25. Prikaz trenda klorida u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 204

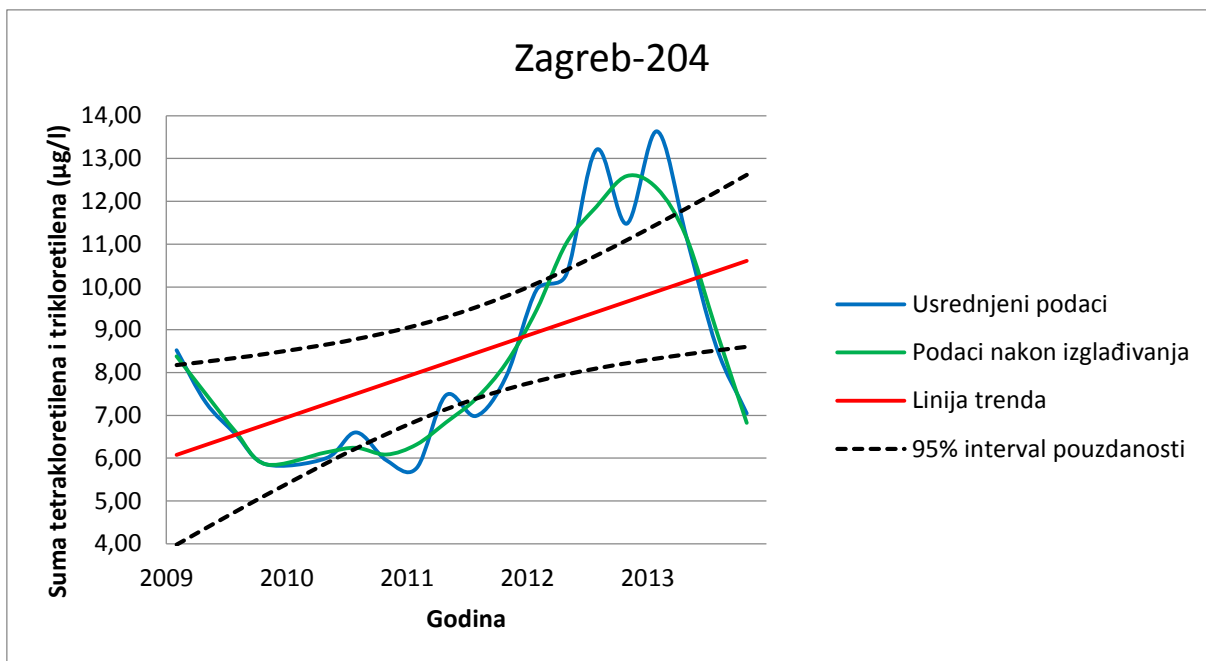




Slika 11.26. Prikaz trenda nitrata u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 204



Slika 11.27. Prikaz trenda sulfata u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 204



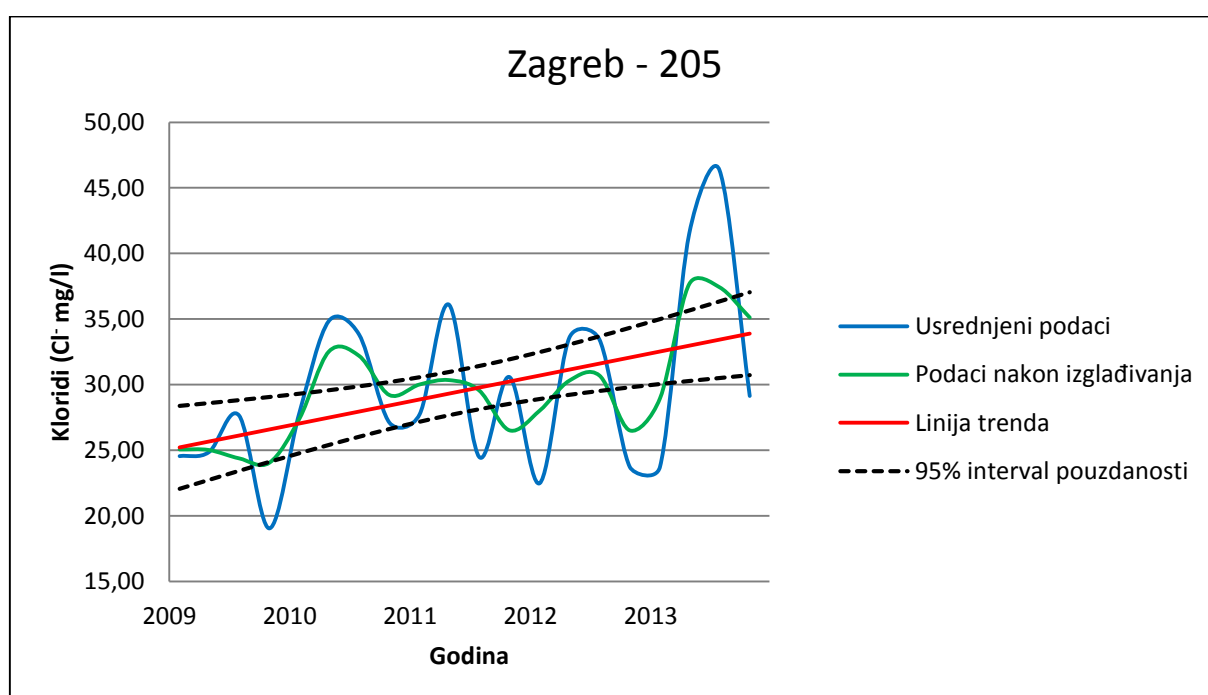
Slika 11.28. Prikaz trenda sume tetrakloretilena i trikloretilena u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 204

#### 11.11.1.5. Zagreb - 205

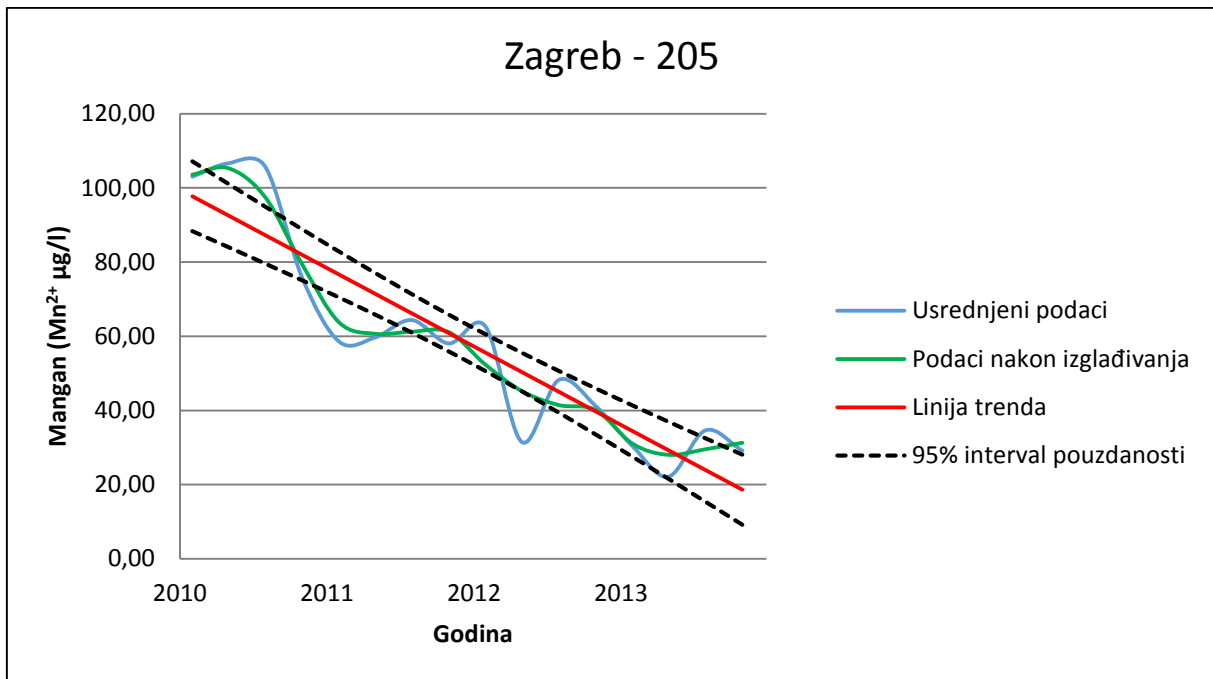
Na području osnovnog vodnog tijela 205 za potrebe izrade trenda obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 40 piezometara i 2 izvorišta. Pri obradi kakvoće sirove vode nije utvrđen niti jedan kritičan parametar, ali se mora napomenuti kako nisu bili dostupni podaci iz minimalno 12 uzastopnih kvartala, nužni za izradu trendova. Kakvoća podzemne vode je ukazala na 7 kritičnih parametara: električna vodljivost, kloridi, mangan, nitrati, sulfati, suma tetrakloretilena i trikloretilena i željezo. Izradu trendova nije bilo moguće provesti za koncentracije željeza. Rezultati statističke značajnosti trendova prikazane su u Tablici 11.12. Vidljivo je da ne postoje trendovi za električnu vodljivost, nitrata i sumu tetrakloretilena i trikloretilena. Na Slikama 11.29, 11.30 i 11.31 prikazani su trendovi klorida (uzlazan), mangana (silazan) i sulfata (uzlazan).

Tablica 11.12. Prikaz statističke značajnosti trendova kakvoće podzemne vode u osnovnom vodnom tijelu  
Zagreb – 205

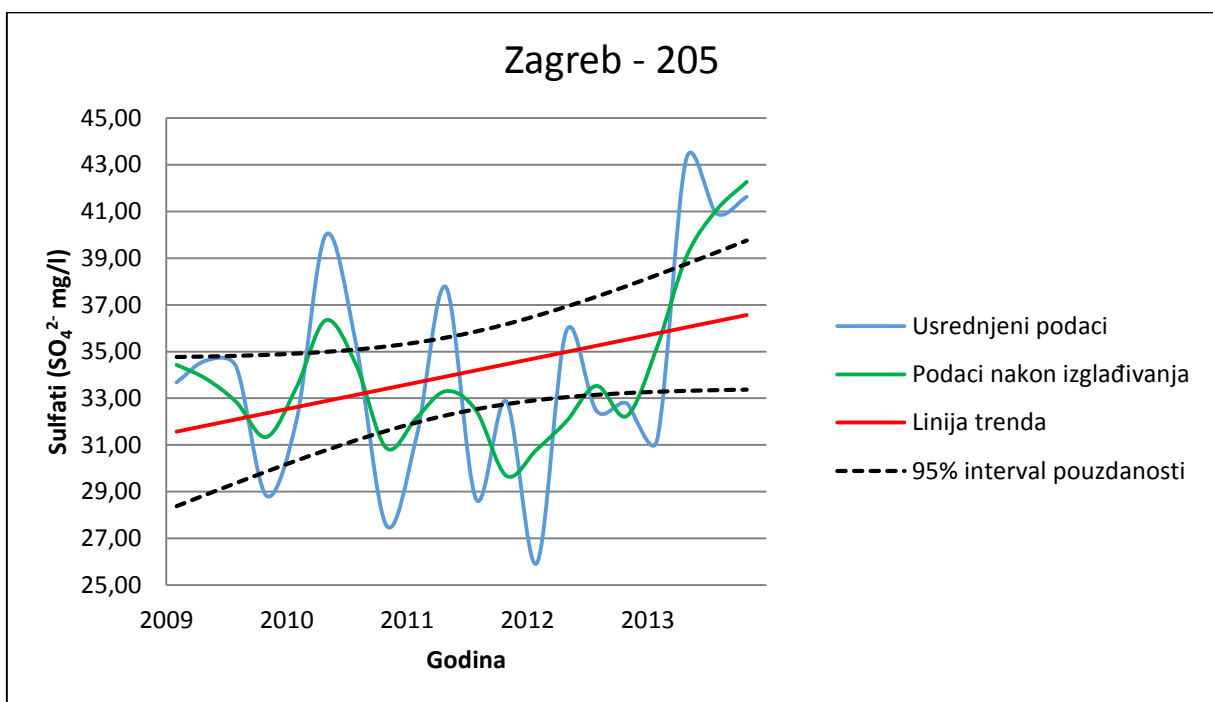
Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
Električna vodljivost	5,58E-02	0,05	Ne
Kloridi	9,94E-04	0,05	Da - uzlazan
Mangan	6,52E-09	0,05	Da - silazan
Nitrati	1,85E-01	0,05	Ne
Sulfati	3,84E-02	0,05	Da - uzlazan
Suma tetrakloretilena i trikloretilena	2,11E-01	0,05	Ne



Slika 11.29. Prikaz trenda klorida u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 205



Slika 11.30. Prikaz trenda mangana u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 205



Slika 11.31. Prikaz trenda sulfata u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 205

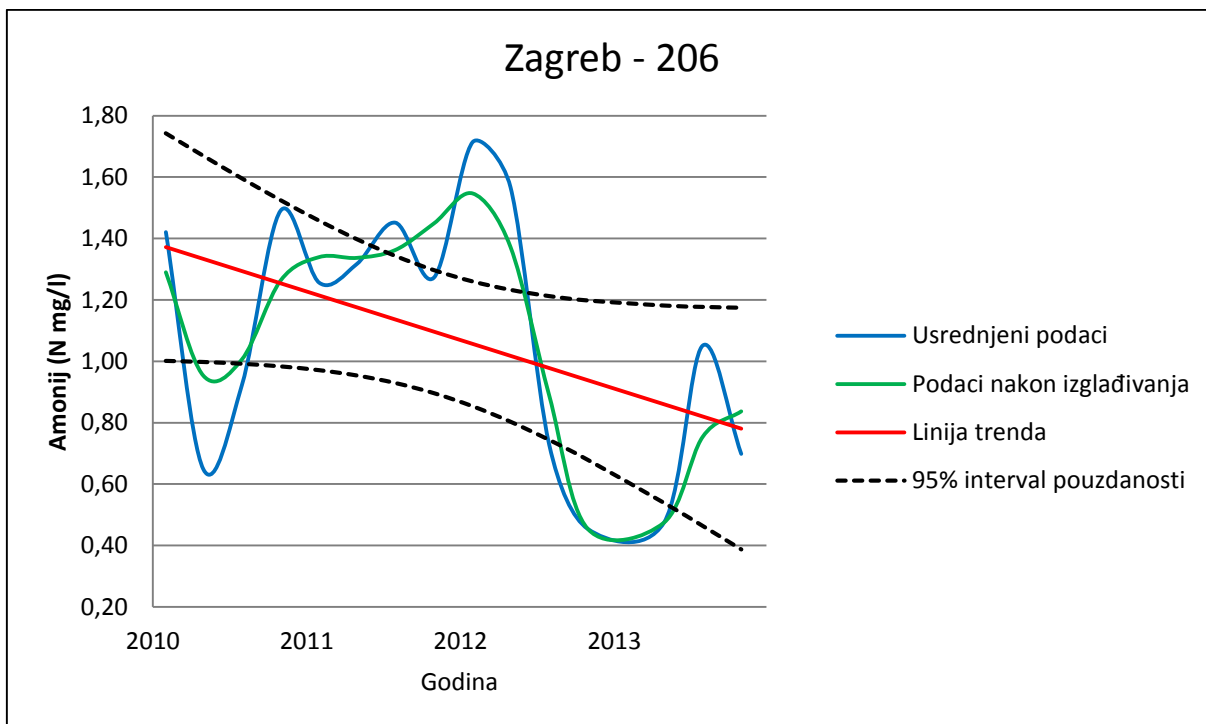
#### 11.11.1.6. Zagreb – 206

Na području osnovnog vodnog tijela 206 za potrebe izrade trenda obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 57 piezometara i 2 izvorišta. Pri obradi kakvoće sirove vode nije utvrđen niti jedan kritičan parametar, ali se mora napomenuti kako također nisu bili dostupni

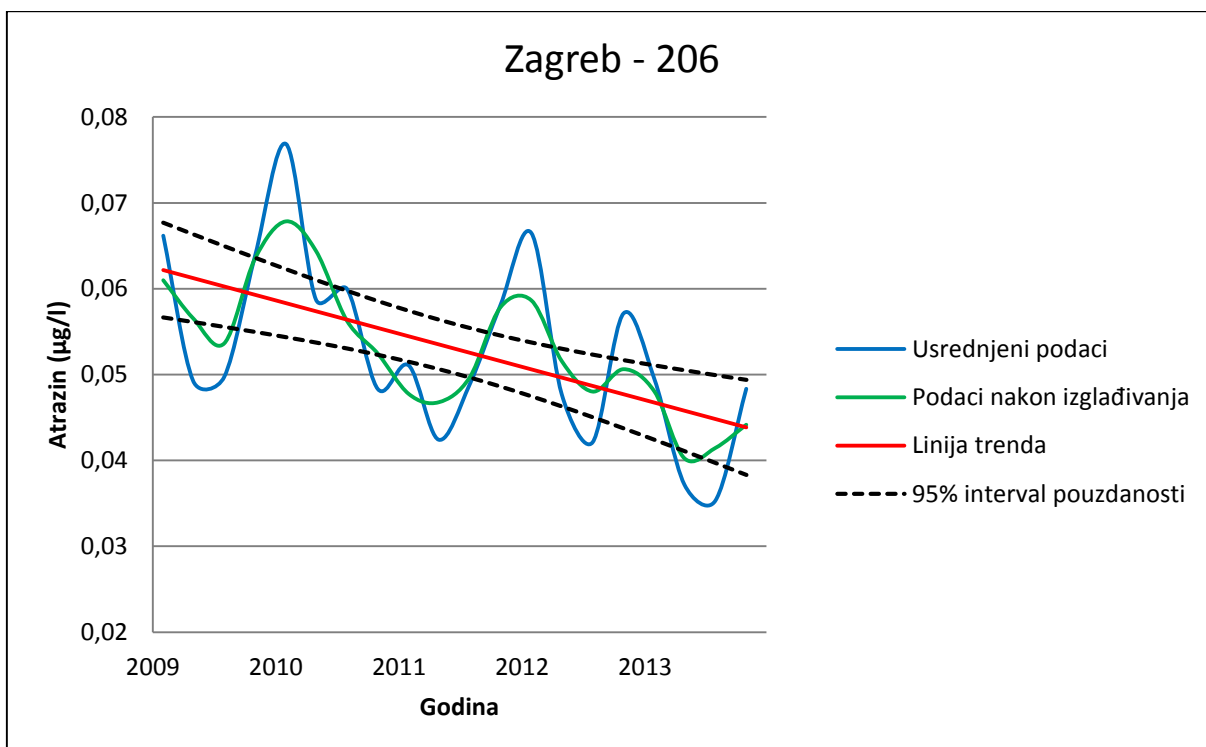
podaci iz minimalno 12 uzastopnih kvartala, nužni za izradu trendova. Kakvoća podzemne vode ukazala je na 8 kritičnih parametara: amonij, atrazin, električna vodljivost, kloridi, nitrati, mangan, suma tetrakloretilena i trikloretilena i željezo. Trendovi su izvedeni za sve navedene parametre. U Tablici 11.13 prikazani su rezultati statističke značajnosti promatranih trendova. Vidljivo je da ne postoji trend za sumu tetrakloretilena i trikloretilena, dok su ostali trendovi prikazani na Slikama 11.32 (amonij - silazan), 11.33 (atrazin - silazan), 11.34 (električna vodljivost - uzlazan), 11.35 (kloridi - uzlazan), 11.36 (nitrati - uzlazan), 11.37 (mangan) i 11.38 (željezo - uzlazan).

Tablica 11.13. Prikaz statističke značajnosti trendova kakvoće podzemne vode u osnovnom vodnom tijelu  
Zagreb – 206

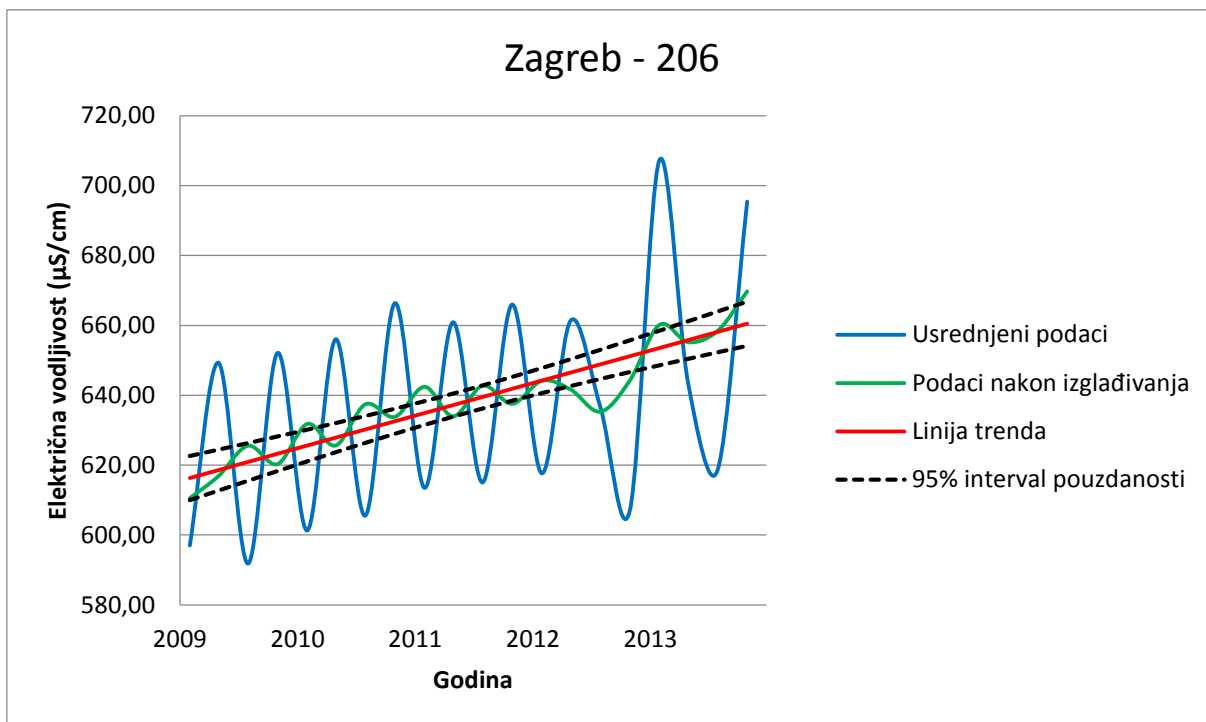
Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
Amonij	3,86E-02	0,05	Da - silazan
Atrazin	1,60E-04	0,05	Da - silazan
Električna vodljivost	8,54E-09	0,05	Da - uzlazan
Kloridi	1,02E-08	0,05	Da - uzlazan
Mangan	8,53E-03	0,05	Da - silazan
Nitrati	2,30E-02	0,05	Da - uzlazan
Suma tetrakloretilena i trikloretilena	4,99E-01	0,05	Ne
Željezo	3,47E-02	0,05	Da - uzlazan



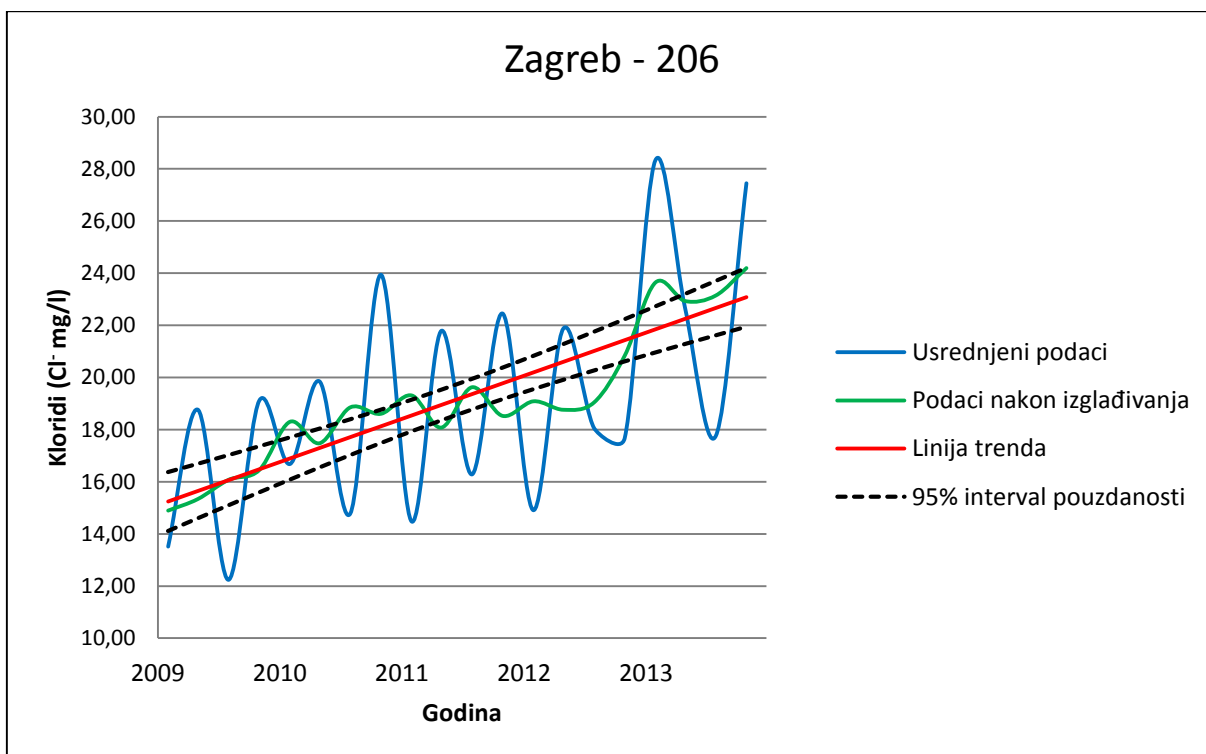
Slika 11.32. Prikaz trenda amonija u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 206



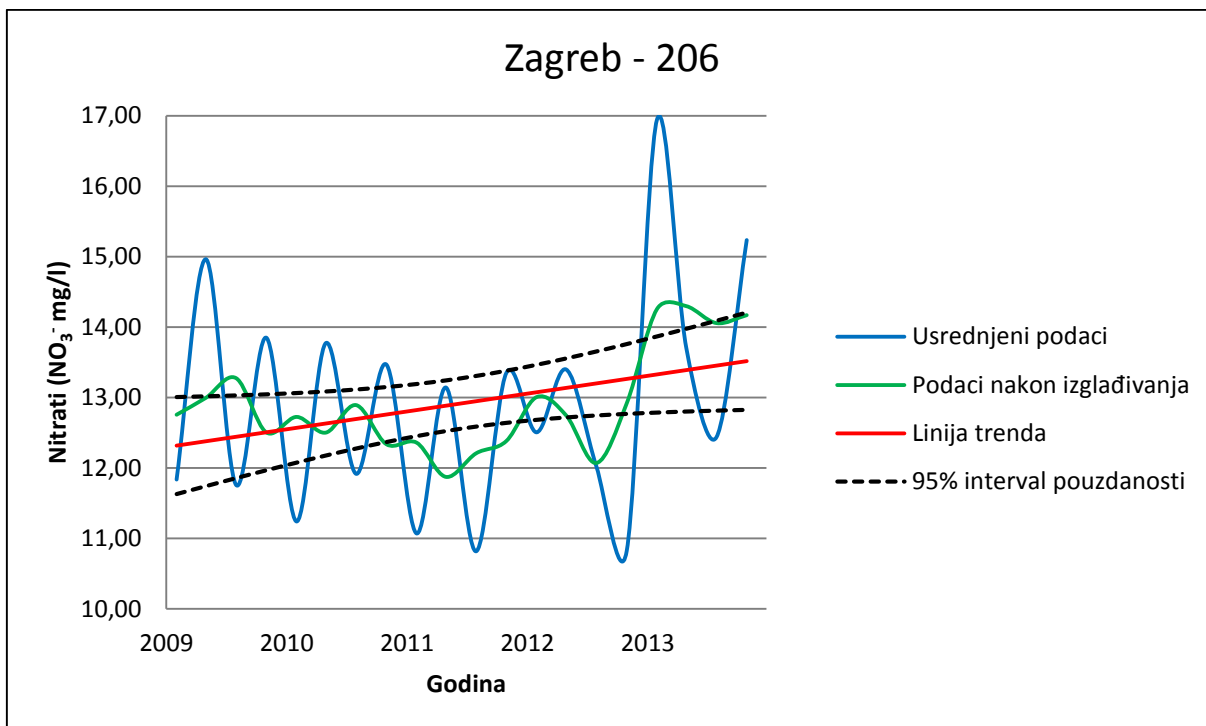
Slika 11.33. Prikaz trenda atrazina u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 206



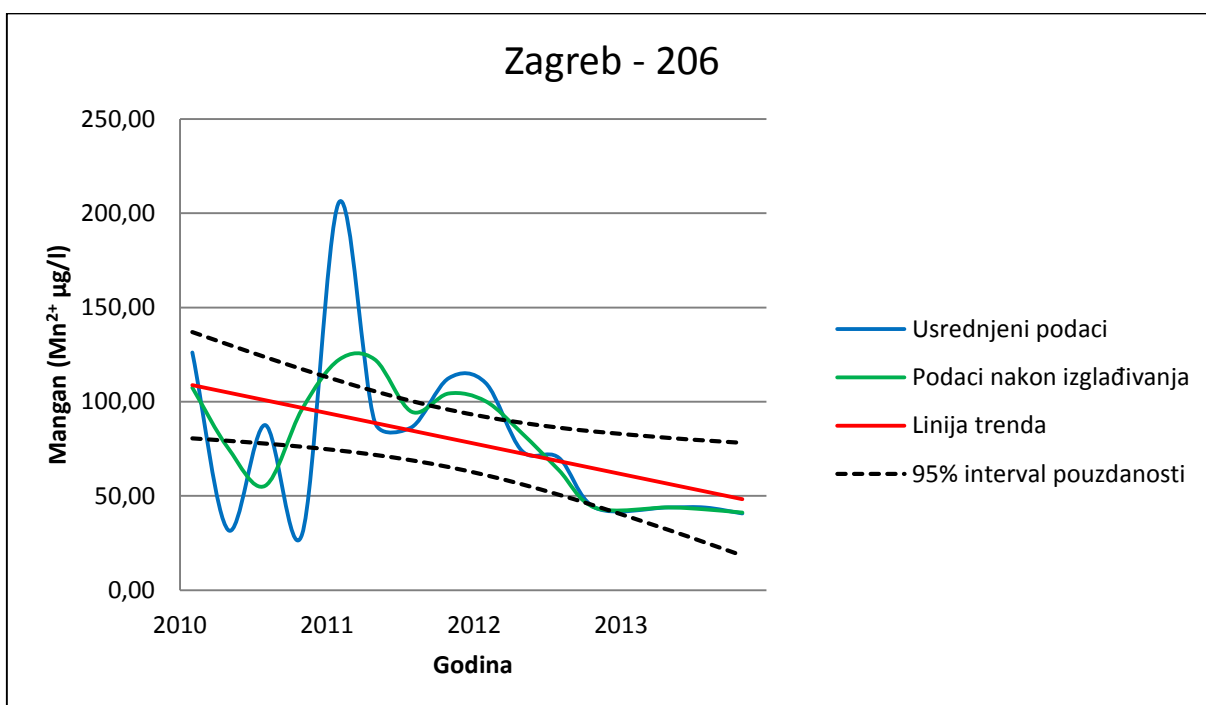
Slika 11.34. Prikaz trenda električne vodljivosti u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 206



Slika 11.35. Prikaz trenda klorida u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 206

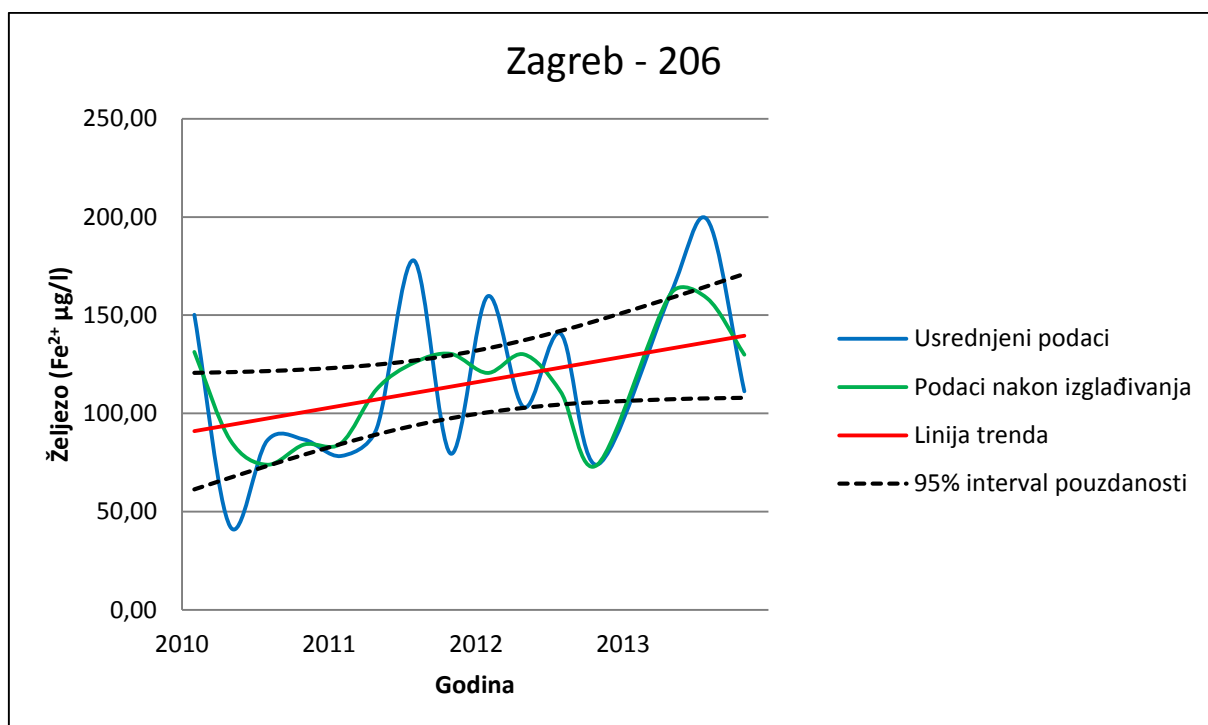


Slika 11.36. Prikaz trenda nitrata u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 206



Slika 11.37. Prikaz trenda mangana u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 206





Slika 11.38. Prikaz trenda željeza u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 206

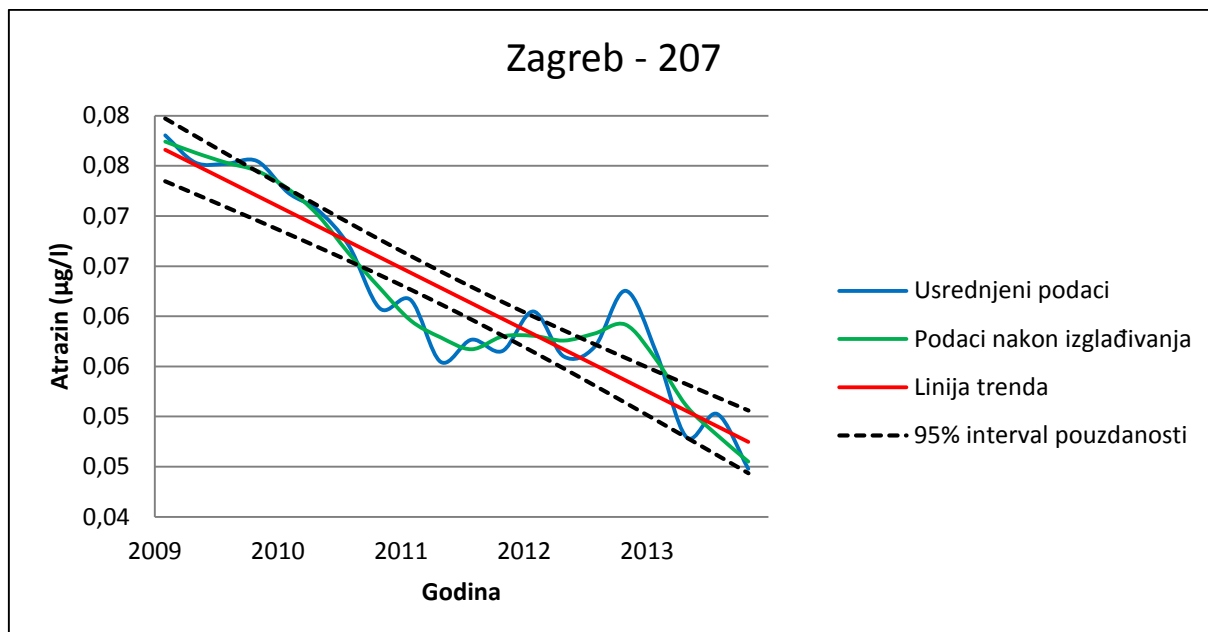
#### 11.11.1.7. Zagreb – 207

Na području osnovnog vodnog tijela 207 za potrebe izrade trendova obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 8 piezometara i 1 izvorišta. Na temelju kakvoće sirove vode izdvojen je 1 kritičan parametar: nitrati. Međutim, trend se nije mogao izvesti zbog nedostatka podataka. Na temelju kakvoće podzemne vode izdvojena su 3 kritična parametra: atrazin, kloridi i nitrati. Za sva 3 parametra izvedeni su trendovi, a rezultati statističke značajnosti prikazani su u Tablici 11.14. Trend nitrata ne postoji, dok je trend atrazina (Slika 11.38) silazan, a trend klorida (Slika 11.39) uzlazan.

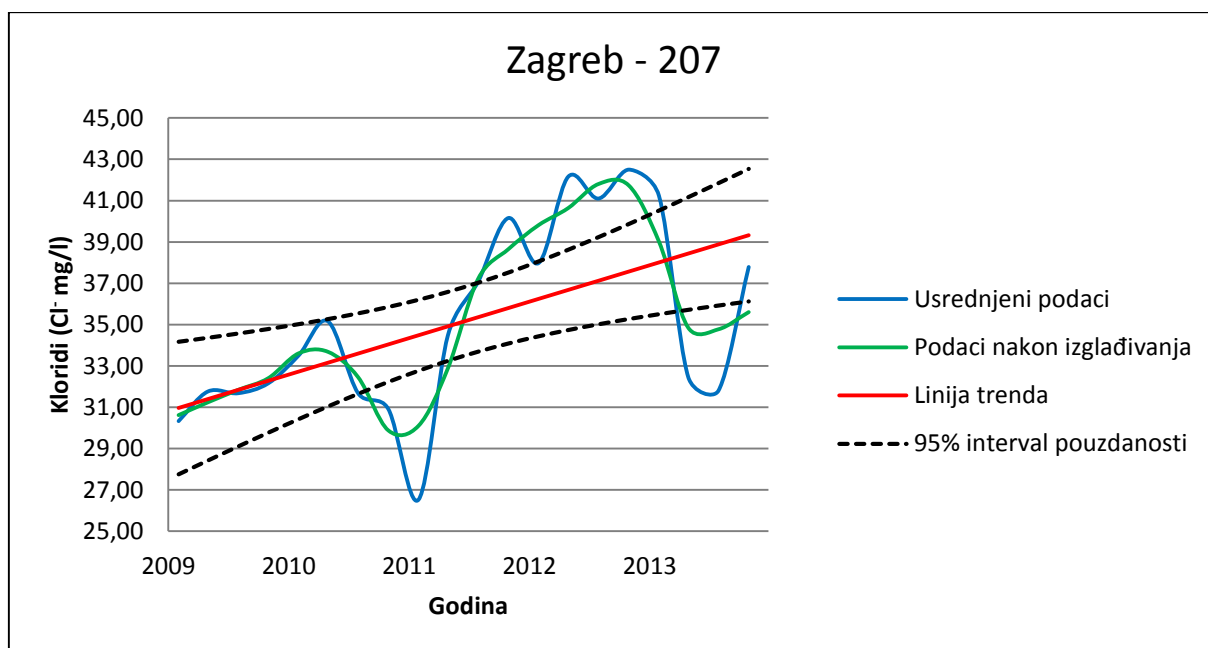
Tablica 11.14. Prikaz statističke značajnosti trendova kakvoće podzemne vode u osnovnom vodnom tijelu

Zagreb – 207

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
Atrazin	9,35E-11	0,05	Da - silazan
Kloridi	1,55E-03	0,05	Da - uzlazan
Nitrati	9,59E-02	0,05	Ne



Slika 11.38. Prikaz trenda atrazina u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 207



Slika 11.39. Prikaz trenda klorida u osnovnom vodnom tijelu Zagreb – 207

### 11.11.2. Izrada trendova razine podzemne vode

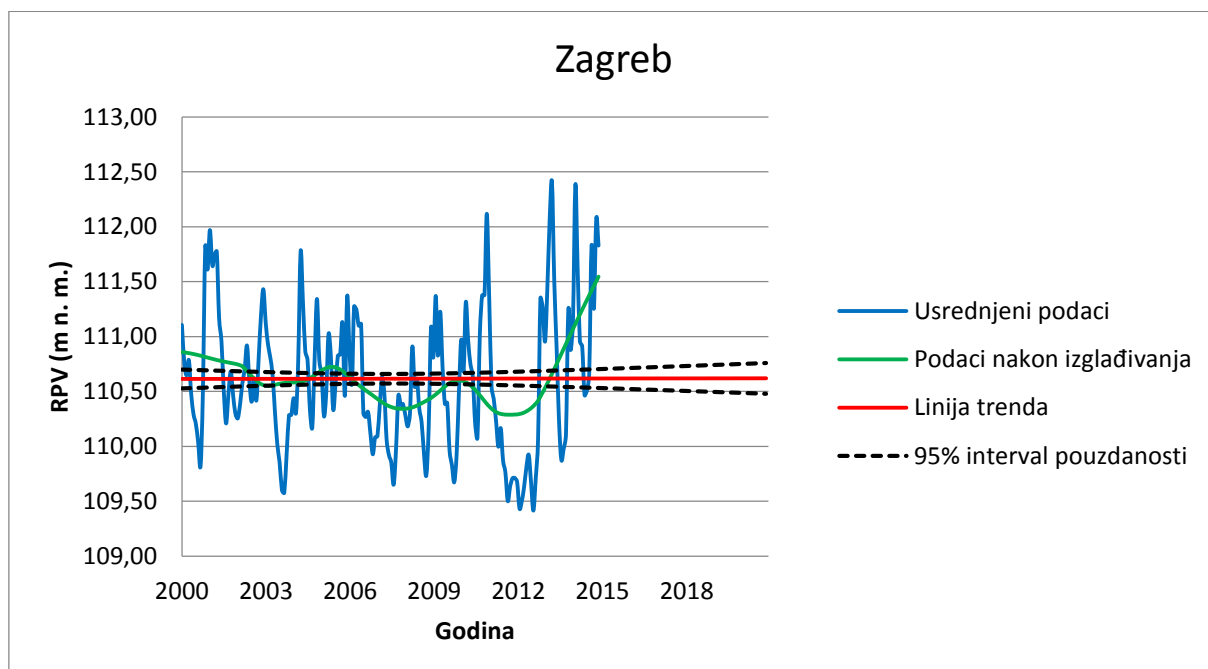
Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela Zagreb obrađeni su podaci s 282 piezometra. Za konačnu agregaciju podataka i izradu trendova korišteni su podaci s 252 piezometra. Podaci s ostalih piezometara nisu zadovoljili preporuke opisane u poglavlju 10. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.15. Trendovi razina su rađeni na temelju agregiranih mjesečnih vrijednosti za razdoblje od 2000.

do 2014. godine (Slika 11.40), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.41). Trend temeljen na razinama podzemne vode od 2000. do 2014. godine je statistički neznačajan, odnosno trend ne postoji, dok je trend dobiven na razinama podzemne vode od 2009. do 2014. godine statistički značajan i uzlazan.

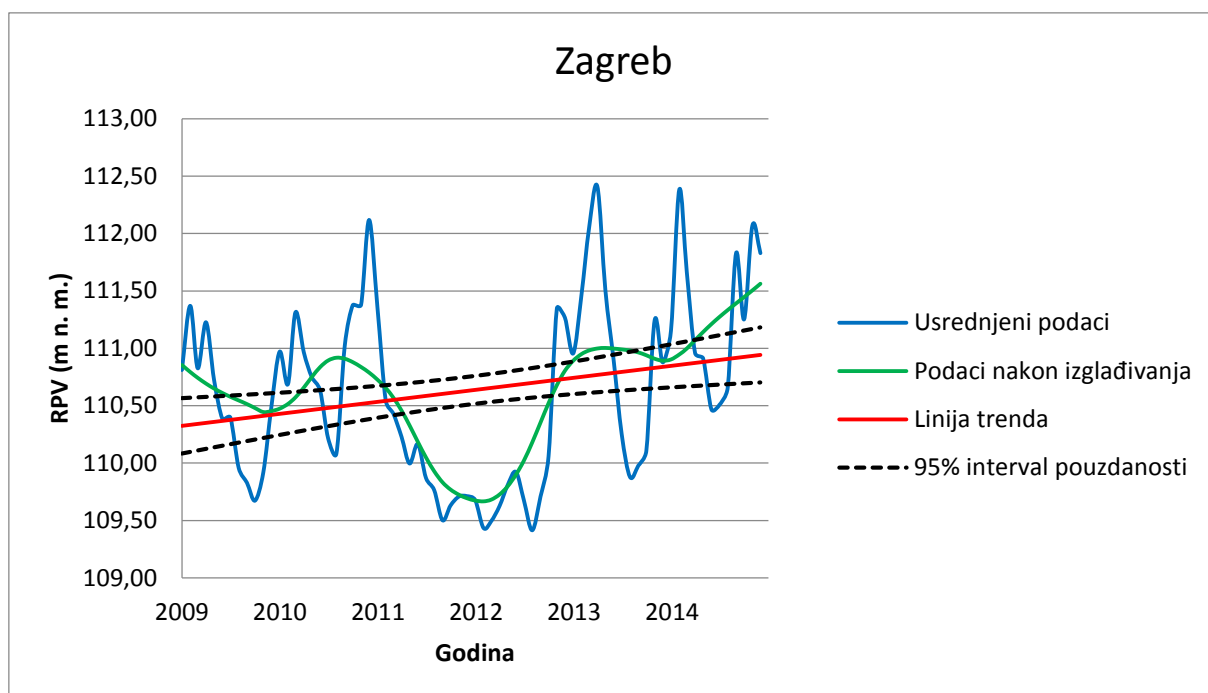
Tablica 11.15. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu

Zagreb

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	9,51E-01	0,05	Ne
RPV (2009.-2014.)	1,09E-03	0,05	Da - uzlazan



Slika 11.40. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Zagreb (2000.-2020.)



Slika 11.41. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Zagreb (2009.-2014.)

## 11.12. Lekenik – Lužani

### 11.12.1. Izrada trendova onečišćivala

Na području grupiranog vodnog tijela Lekenik-Lužani za potrebe izrade trendova obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode sa 6 piezometara i 6 izvorišta. Izdvojena su 4 kritična parametra na temelju podataka kakvoće podzemne vode (arsen, amonij, ukupni fosfor i fluoridi) i 2 na temelju podataka kakvoće sirove vode (arsen i mangan). Trendovi nisu izrađeni zbog nedostatka podataka.

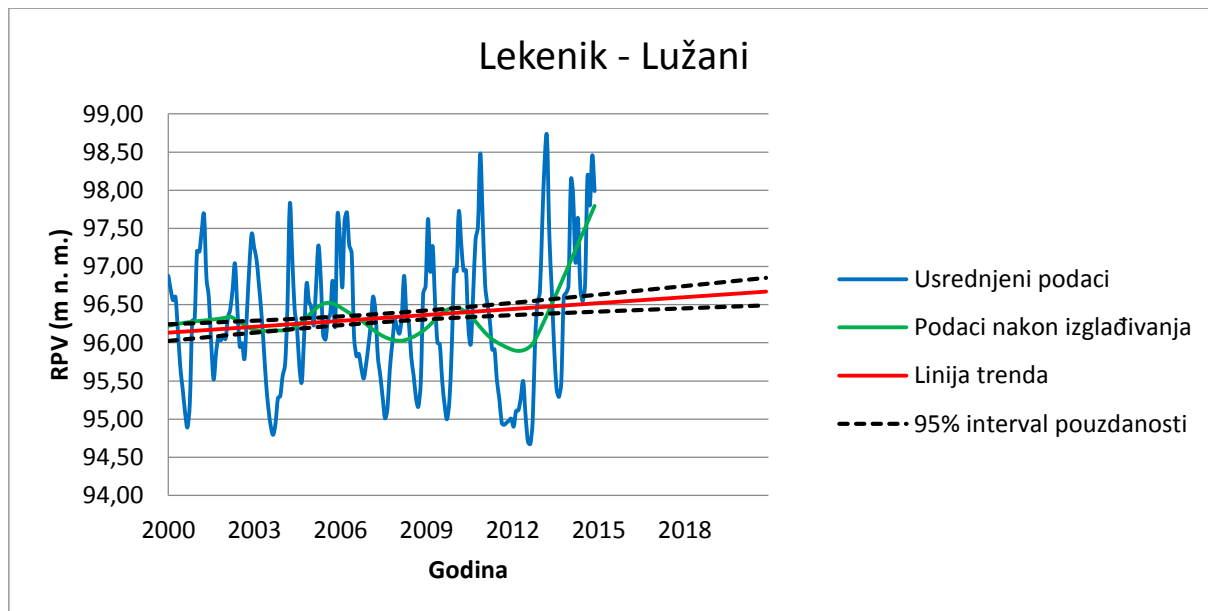
### 11.12.2. Izrada trendova razine podzemne vode

Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela Lekenik - Lužani obrađeni su podaci s 47 piezometara. Za konačnu agregaciju podataka i izradu trendova korišteni su podaci s 35 piezometara. Podaci s ostalih piezometara nisu zadovoljili preporuke opisane u poglavlju 10. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.16. Trendovi razina su rađeni na temelju agregiranih mjesečnih vrijednosti za razdoblje od 2000. do 2014. godine (Slika 11.42), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.43). Vidljivo je da su oba trenda statistički značajna i uzlazna.

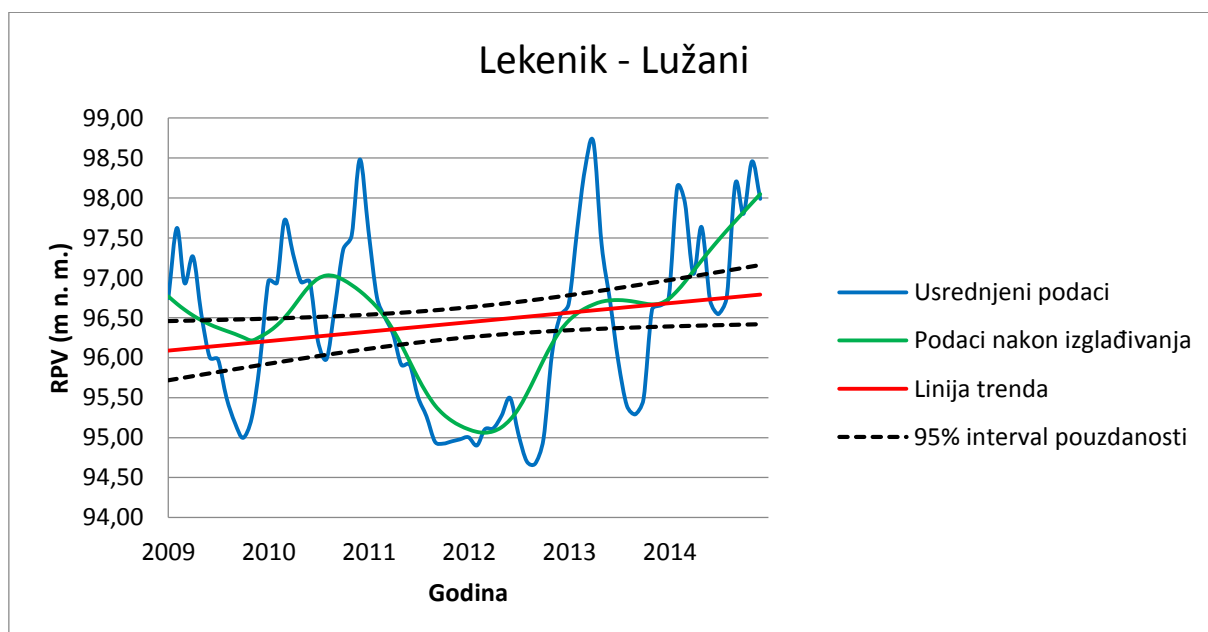
Tablica 11.16. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu

Lekenik - Lužani

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	9,65E-06	0,05	Da - uzlazan
RPV (2009.-2014.)	1,44E-02	0,05	Da - uzlazan



Slika 11.42. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Lekenik - Lužani (2000.-2020.)



Slika 11.43. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Lekenik - Lužani (2009.-2014.)

## 11.13. Istočna Slavonija – sliv Save

### 11.13.1. Izrada trendova onečišćivala

Na području grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Save za potrebe izrade trendova obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode s 21 piezometra i podaci kakvoće sirove vode s 21 izvorišta. Na temelju kakvoće podzemne vode izdvojeno je 9 kritičnih parametara: mangan, arsen, nitrati, sulfati, kloridi, amonij, ukupni fosfor, željezo i električna vodljivost. Međutim, zbog nedostatka podataka, niti jedan trend nije bilo moguće izvesti. Iz podataka kakvoće sirove vode izdvojena su 4 kritična parametra: arsen, mangan, željezo i nitrati. Zbog nedostatka podataka, nije bilo moguće izvesti trendove.

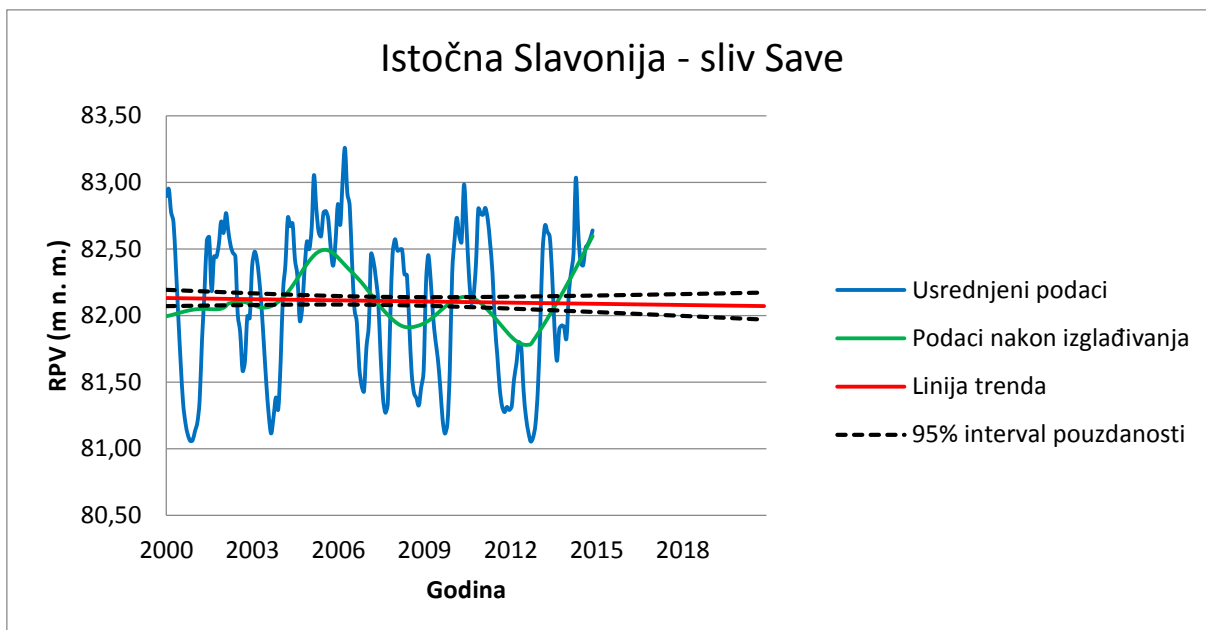
### 11.13.2. Izrada trendova razine podzemne vode

Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela Istočna Slavonija – sliv Save obrađeni su podaci sa 6 piezometara. Za konačnu agregaciju podataka i izradu trendova korišteni su podaci sa svih piezometara. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.17. Trendovi razina su rađeni na temelju agregiranih mjesečnih vrijednosti za razdoblje od 2000. do 2014. godine (Slika 11.44), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.45). Vidljivo je da trendovi ne postoje.

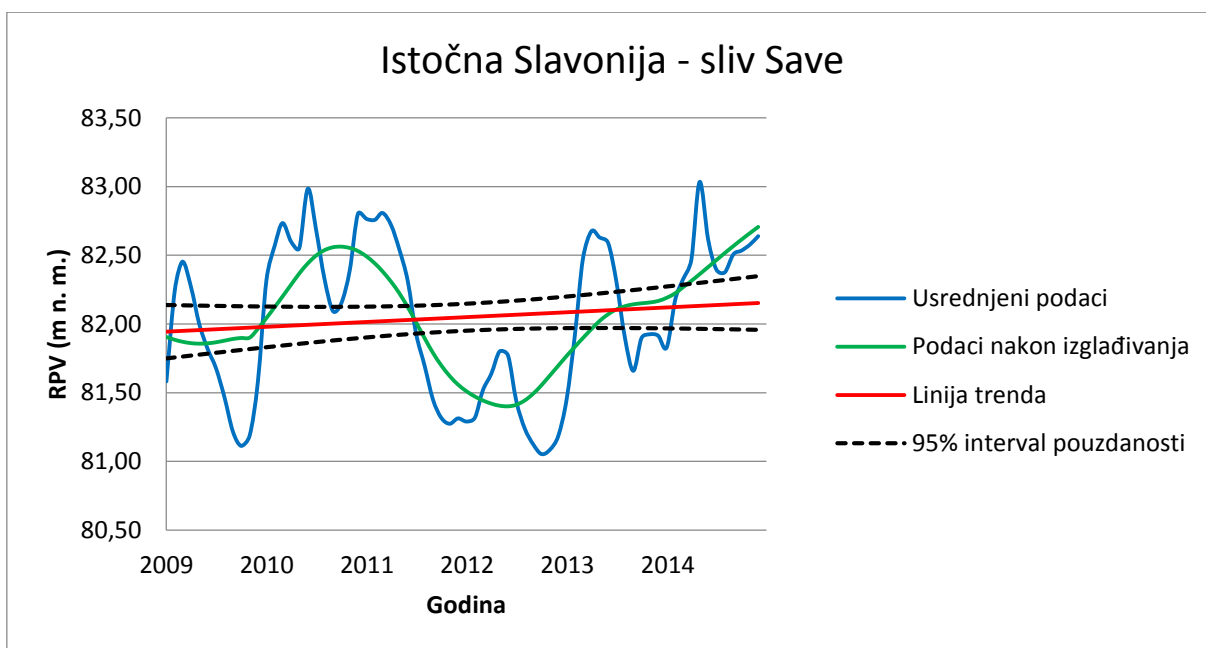
Tablica 11.17. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu

Istočna Slavonija – sliv Save

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	3,65E-01	0,05	Ne
RPV (2009.-2014.)	1,60E-01	0,05	Ne



Slika 11.44. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Save (2000.-2020.)



Slika 11.45. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Save (2009.-2014.)

## 11.14. Žumberak – Samoborsko gorje

### 11.14.1. Izrada trendova onečišćivala

U grupiranom vodnom tijelu Žumberak – Samoborsko gorje za potrebe izrade trendova obrađeni su samo podaci kakvoće sirove vode sa 6 izvorišta. Trendove kemijskih parametara

kakvoće podzemne vode nije bilo moguće izvesti zato što su bili dostupni podaci sa samo jednog piezometra. Iako nije zabilježen niti jedan kritični parametar, mora se napomenuti kako ne postoji dovoljno kvartalnih podataka kakvoće sirove vode koji bi omogućili izvedbu trenda.

#### 11.14.2. Izrada trendova razine podzemne vode

Trendovi razina podzemne vode nisu izvršeni za grupirano vodno tijelo Žumberak – Samoborsko gorje zbog toga što su nisu bili dostupni podaci mjerenja razina podzemne vode na piezometrima.

### 11.15. Donji tok Kupe

#### 11.15.1. Izrada trendova onečišćivala

Na području grupiranog vodnog tijela Donji tok Kupe za potrebe izrade trendova obrađeni su podaci kakvoće podzemne vode sa 7 piezometara i kakvoća sirove vode s 12 izvorišta. Na temelju podataka kakvoće podzemne vode utvrđena su 4 kritična parametra (mangan, sulfati, kloridi i željezo), dok su na temelju podataka sirove vode utvrđen 1 kritičan parametar: mangan. Međutim, niti na jednom objektu nisu zabilježeni podaci u minimalno 12 uzastopnih kvartala, te se shodno tome nije moglo pristupiti izradi trendova.

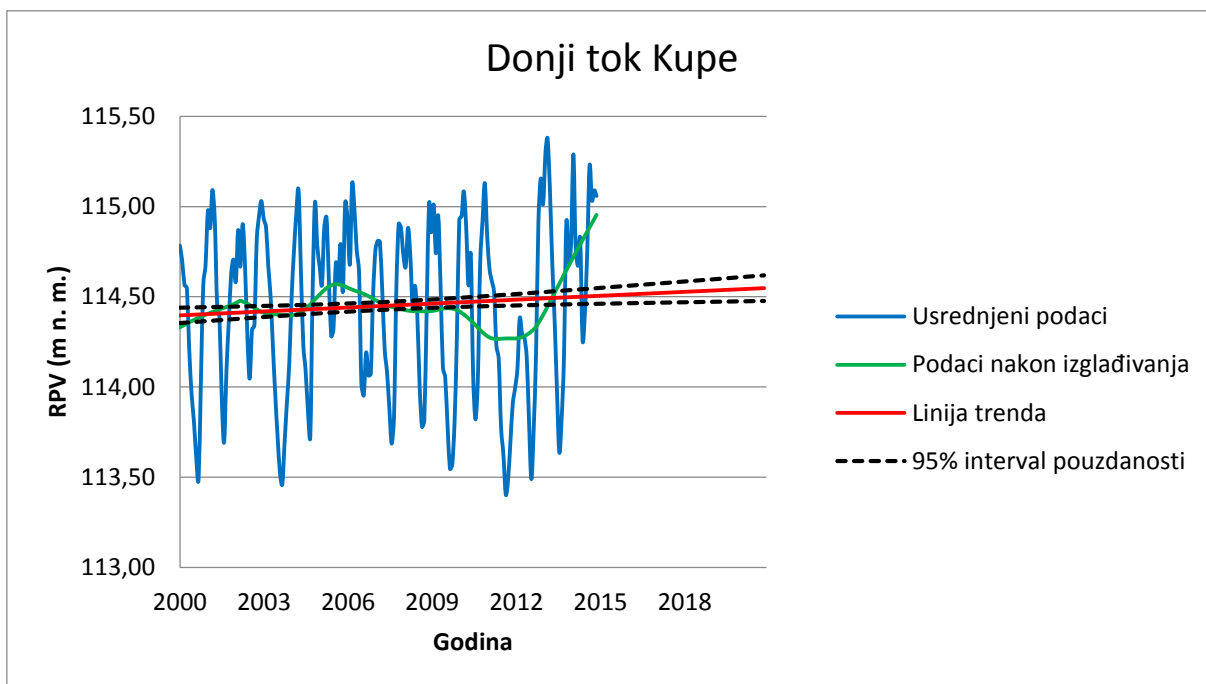
#### 11.15.2. Izrada trendova razine podzemne vode

Za potrebe izrade trendova razine podzemne vode na području grupiranog vodnog tijela Donji tok Kupe obrađeni su podaci s 22 piezometra. Za konačnu agregaciju podataka i izradu trendova korišteni su podaci sa svih piezometara. Statistička značajnost trendova prikazana je u Tablici 11.18. Trendovi razina su rađeni na temelju agregiranih mjesečnih vrijednosti za razdoblje od 2000. do 2014. godine (Slika 11.46), s projekcijom kretanja do 2020. godine, i za razdoblje od 2009. do 2014. godine (Slika 11.47). Vidljivo je da su oba trenda statistički značajna i uzlazna.

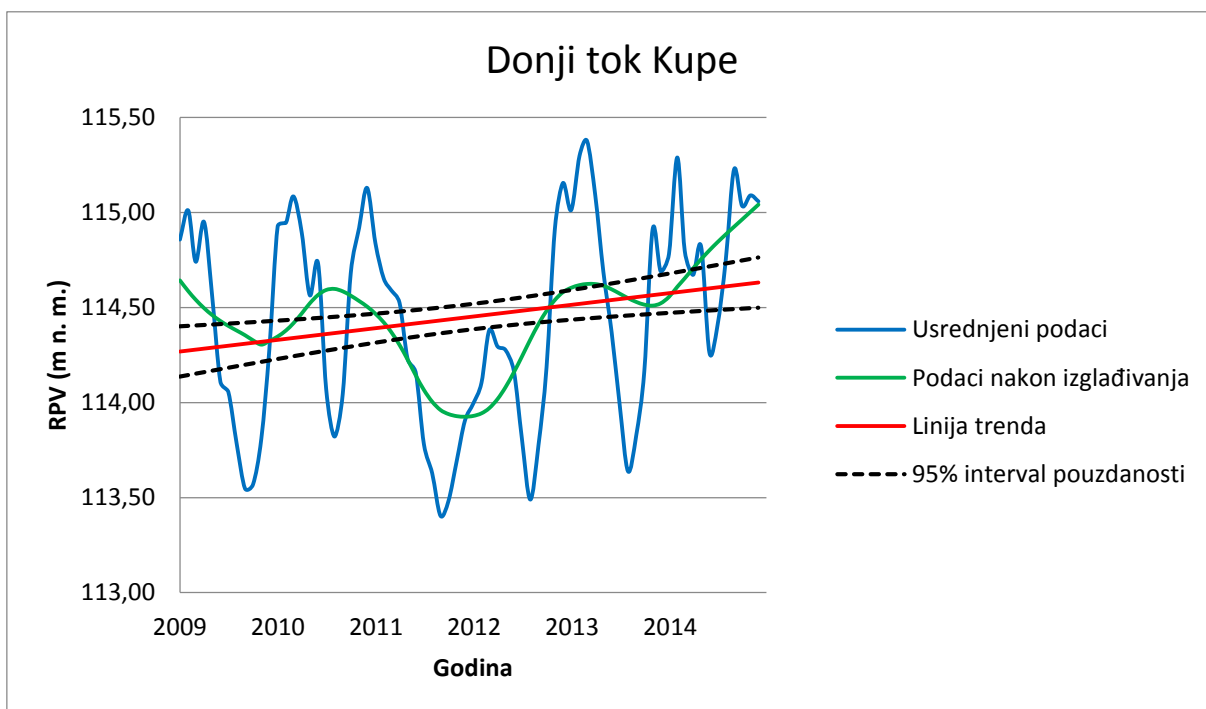
Tablica 11.18. Prikaz statističke značajnosti trendova razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Kupe

Parametar	p-vrijednost	Nivo značajnosti	Statistički značajan trend
RPV (2000.-2020.)	1,24E-03	0,05	Da - uzlazan
RPV (2009.-2014.)	5,24E-04	0,05	Da - uzlazan





Slika 11.46. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Kupe (2000.-2020.)



Slika 11.47. Prikaz trenda razine podzemne vode u grupiranom vodnom tijelu Donji tok Kupe (2009.-2014.)

## 11.16. Donji tok Une

### 11.16.1. Izrada trendova onečišćivala

U grupiranom vodnom tijelu Donji tok Une za potrebe izrade trendova obrađeni su samo podaci kakvoće sirove vode sa vodocrpilišta Kb-1. Podaci kakvoće podzemne vode sa piezometara nisu bili dostupni. Nije zabilježen niti jedan kritični parametar. Međutim, mora se napomenuti kako ne postoji dovoljno podataka sa izvorišta koji bi omogućili izvedbu trenda.

### 11.16.2. Izrada trendova razine podzemne vode

Trendovi razina podzemne vode nisu izvršeni za grupirano vodno tijelo Donji tok Une zbog toga što su nisu bili dostupni podaci mjerenja razina podzemne vode na piezometrima.

## 11.17. Sumarni rezultati trendova i preporuke

Rezultati analize trendova prikazani su sumarno u Tablicama 11.19, 11.20 i 11.21. U Tablici 11.19 prikazani su rezultati analize trendova dobiveni na temelju podataka kakvoće podzemne vode iz piezometara. Vidljivo je da na većini grupiranih vodnih tijela ne postoji dovoljno podataka za izvedbu trenda. Također, može se uočiti kako se na samo tri grupirana vodna tijela pojavljuju statistički značajni trendovi, dok se jedino u osnovnim vodnim tijelima grupiranog vodnog tijela Zagreb pojavljuju statistički značajni uzlazni trendovi. U Tablici 11.20 prikazani su rezultati trendova sirove vode sa zdenaca. Prikazani su samo oni trendovi koji su se mogli izvesti. Od svih podataka, samo na 2 izvorišta je bilo moguće izvesti trendove za nitrate i mangan. U Tablici 11.21 prikazani su rezultati analize trendova razina podzemne vode. Zabilježen je samo jedan statistički značajan silazni trend. Također, vidljivo je kako se u 5 grupiranih vodnih tijela trend nije mogao izvesti zbog nedostatka podataka.

Osim nedostatka podataka, veliki problem kod definiranja trendova parametara kakvoće podzemne vode predstavljalo je i nepostojanje LOQ/LOD vrijednosti, kao i informacija vezana uz korištenje norme i instrumenta pomoću kojeg se određivanje koncentracije kemijskog parametra provelo. U svrhu kvalitetnije izrade trendova preporuča se uzorkovanje i provedba analiza kakvoće minimalno svaka tri mjeseca od kojih po minimalno jedna analiza mora biti u svakom kvartalu. Što se tiče vrijednosti razina podzemne vode, predlaže se korištenje automatskih mjerača razina podzemne vode na kojima će se odvijati mjerenje u intervalu od jednog dana.

Tablica 11.19. Sumarni prikaz rezultata analize trendova proračunatih na temelju kakvoće podzemne vode iz piezometara

Broj grupe vodnih cjelina	Grupirano vodno tijelo	Kritičan parametar	Broj kvartala	12 uzastopnih kvartala	Statistički značajan trend	Smjer trenda	Napomena	
1	Međimurje	Mangan	9	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Nitrati	18	Da	Ne	-	-	
		Sulfati	18	Da	Da	Silazan	-	
		Željezo	17	Da	Da	Silazan	-	
2	Varaždinsko područje	Mangan	19	Da	Da	Silazan	-	
		Nitrati	19	Da	Ne	-	-	
		Sulfati	19	Da	Da	Silazan	-	
3	Sliv Bednje	Željezo	14	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		-	-	-	-	-	nema podataka	
		-	-	-	-	-	nedovoljno podataka	
4	Legrad - Slatina	Arsen	8	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Kloridi	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Mangan	9	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Nitrati	7	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
5	Novo Virje	Željezo	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		-	-	-	-	-	nema podataka	
		-	-	-	-	-	nedovoljno podataka	
		-	-	-	-	-	nedovoljno podataka	
6	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Amonij	14	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Arsen	12	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Električna vodljivost	14	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Kloridi	14	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Mangan	14	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Nitrati	7	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Sulfati	13	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
7	Sliv Sutle i Krapine	Željezo	14	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Kloridi	3	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Sulfati	3	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
8	Sliv Lonja - Ilava - Pakra	Mangan	8	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Sulfati	9	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
9	Sliv Orljave	Mangan	9	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		-	-	-	-	-	nedovoljno podataka	
10	Zagreb	Kloridi	19	Da	Da	Uzlazan	-	
		Mangan	16	Da	Da	Uzlazan	-	
		187	Sulfati	19	Da	Ne	-	-
			Željezo	16	Da	Da	Uzlazan	-
			Električna vodljivost	20	Da	Da	Silazan	-
			Kloridi	20	Da	Ne	-	-
		188	Nitrati	20	Da	Ne	-	-
			Sulfati	14	Ne	-	-	nedovoljno podataka
			Željezo	16	Da	Da	Silazan	-
		203	Kloridi	17	Ne	-	-	nedovoljno podataka
			Mangan	15	Ne	-	-	nedovoljno podataka
			Sulfati	17	Ne	-	-	nedovoljno podataka
		204	Željezo	15	Ne	-	-	nedovoljno podataka
			Električna vodljivost	20	Da	Da	Silazan	-
			Kloridi	20	Da	Da	Silazan	-
			Mangan	15	Ne	-	-	nedovoljno podataka
			Nitrati	20	Da	Da	Silazan	-
		205	Sulfati	20	Da	Da	Silazan	-
			Suma tetrakloretilena i trikloretilena	19	Da	Da	Uzlazan	-
			Željezo	15	Ne	-	-	nedovoljno podataka
			Električna vodljivost	20	Da	Ne	-	-
			Kloridi	20	Da	Da	Uzlazan	-
		206	Mangan	16	Da	Da	Silazan	-
			Nitrati	20	Da	Ne	-	-
			Sulfati	20	Da	Da	Uzlazan	-
			Suma tetrakloretilena i trikloretilena	19	Da	Ne	-	-
			Željezo	8	Ne	-	-	nedovoljno podataka
207	Amonij	15	Da	Da	Silazan	-		
	Atrazin	20	Da	Da	Silazan	-		
	Električna vodljivost	20	Da	Da	Uzlazan	-		
	Kloridi	20	Da	Da	Uzlazan	-		
	Mangan	15	Da	Da	Silazan	-		
11	Lekenik Lužani	Nitrati	20	Da	Da	Uzlazan	-	
		Suma tetrakloretilena i trikloretilena	19	Da	Ne	-	-	
		Željezo	15	Da	Da	Uzlazan	-	
		Atrazin	20	Da	Da	Silazan	-	
		Kloridi	20	Da	Da	Uzlazan	-	
12	Istočna Slavonija - sliv Save	Nitrati	20	Da	Ne	-	-	
		Amonij	11	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Arsen	11	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Fluoridi	11	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Ukupni fosfor	11	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Amonij	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Arsen	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Električna vodljivost	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Kloridi	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Mangan	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
13	Žumberak - Samoborsko gorje	Nitrati	8	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Sulfati	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
14	Donji tok Kupe	Ukupni fosfor	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Željezo	10	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		-	-	-	-	-	nema podataka	
		-	-	-	-	-	nedovoljno podataka	
15	Donji tok Une	Kloridi	12	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Mangan	3	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		Sulfati	12	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
15	Donji tok Une	Željezo	12	Ne	-	-	nedovoljno podataka	
		-	-	-	-	-	nema podataka	

Tablica 11.20. Sumarni prikaz rezultata analize trendova proračunatih na temelju kakvoće sirove vode iz zdenaca

Grupirano vodno tijelo	Kritičan parametar	Izvorište	Broj kvartala	12 uzastopnih kvartala	Statistički značajan trend	Smjer trenda
Varaždinsko područje	Nitrati	Varaždin	18	Da	Da	Silazan
Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Mangan	Velimirovac	17	Da	Da	Uzlazan

Tablica 11.21. Sumarni prikaz rezultata analize trendova razina podzemne vode

Grupirano vodno tijelo	Trend (2000.-2020.)	Statistički značajan trend	Trend (2009.-2014.)	Statistički značajan trend	Napomena
Međimurje	Silazan	Ne	Silazan	Ne	-
Varaždinsko područje	Uzlazan	Da	Uzlazan	Da	-
Sliv Bednje	-	-	-	-	Nedovoljno podataka
Legrad - Slatina	Uzlazan	Da	Uzlazan	Da	-
Novo Virje	Uzlazan	Da	Uzlazan	Da	-
Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Silazan	Da	Uzlazan	Ne	-
Sliv Sutle i Krapine	Uzlazan	Ne	Uzlazan	Da	-
Sliv Lonja - Ilova - Pakra	-	-	-	-	Nema podataka
Sliv Orljave	-	-	-	-	Nema podataka
Zagreb	Uzlazan	Ne	Uzlazan	Da	-
Lekenik - Lužani	Uzlazan	Da	Uzlazan	Da	-
Istočna Slavonija - sliv Save	Silazan	Ne	Uzlazan	Ne	-
Žumberak - Samoborsko gorje	-	-	-	-	Nema podataka
Donji tok Kupe	Uzlazan	Da	Uzlazan	Da	-
Donji tok Une	-	-	-	-	Nema podataka

12. Ocjena kemijskoga stanja podzemnih voda u grupiranim  
tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike  
Hrvatske

## Sadržaj

12. Ocjena kemijskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	12-1
--	------

## 12. Ocjena kemijskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

Ocjena stanja tijela podzemnih voda temelji se na zadovoljavanju uvjeta iz Okvirne direktive o vodama (ODV) (2000/60/EC) i Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (Direktiva o podzemnim vodama – DPV 2006/118/EC). Za ocjenu zadovoljenja tih uvjeta provode se klasifikacijski testovi detaljno opisani u poglavlju 8., a najlošiji rezultat od svih navedenih testova usvaja se za ukupnu ocjenu stanja tijela podzemne vode.

Za ocjenu kemijskog stanja korišteni su podaci kemijskih analiza iz Nacionalnog nadzornog monitoringa podzemnih voda i Monitoringa sirove vode crpilišta pitke vode za razdoblje od 2009. do 2013. godine.

Za ocjenjivanje kemijskoga stanja tijela podzemnih voda korišteni su parametri za koje su Direktivom o podzemnim vodama (DPV) i Uredbom o standardu kakvoće voda (Uredba) određeni standardi kakvoće podzemnih voda. To su: nitrati i aktivne tvari u pesticidima. Korišteni su i parametri za koje nisu određeni standardi kakvoće podzemnih voda, ali za koje je Uredbom propisano da predstavljaju elemente za ocjenu kemijskog stanja te ih je potrebno uzeti u obzir u postupku ocjene kemijskoga stanja. To su: arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, nitriti, ukupni fosfor/fosfati, suma trikloretilena i tetrakloretilena te električna vodljivost. Za sve parametre, za koje ne postoje određeni standardi kakvoće voda, određene su granične vrijednosti koncentracija, a svi navedeni parametri, korišteni u postupku ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda, definiraju se kao „kritični“ parametri. Detaljan prikaz u određivanja graničnih i pozadinskih koncentracija dat je u poglavlju 9.

Postupak ocjenjivanja kemijskoga stanja proveden je u dva koraka:

1. U prvom koraku provjereno je prelaze li srednje vrijednosti „kritičnih“ parametara (na pojedinačnim lokacijama mjernih postaja: zdenaca, izvorišta i/ili piezometara) standarde kakvoće podzemnih voda i/ili granične vrijednosti koncentracija. U svim slučajevima, u kojima srednje vrijednosti koncentracija parametara nisu prelazile standarde kakvoće podzemnih voda i sve „relevantne“ granične vrijednosti koncentracija niti na jednoj lokaciji mjerne postaje, zaključeno je da su tijela podzemne vode u dobrom kemijskom stanju.

2. U svim slučajevima, u kojima su srednje vrijednosti „kritičnih“ parametara prelazile barem jedan standard kakvoće podzemnih voda i/ili graničnu vrijednost koncentracija na barem jednoj lokaciji mjerne postaje, provedeni su klasifikacijski testovi za ocjenu kemijskoga stanja.

Za ocjenu kemijskoga stanja u panonskom dijelu Hrvatske, korišteni su testovi koji se odnose na podzemne vode: *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode loše kakvoće uzrokovanih crpljenjem*; *Zaštićena područja za pitke vode* (DWPA test, engl. Drinking Water Protected Areas) i test *Ocjena opće kakvoće (osnovne cjeline ili grupe cjelina)*, detaljno opisani u poglavlju 8.

Ocjenjivanje kemijskoga stanja provedbom testa *Ocjena opće kakvoće* provedeno je uspoređivanjem srednjih vrijednosti koncentracija sa standardima kakvoće i/ili relevantnim graničnim vrijednostima za „kritične parametre“. Tijelo podzemne vode za test „*Ocjena opće kakvoće*“ je u lošem kemijskom stanju ukoliko srednja vrijednost koncentracije relevantnoga „kritičnoga“ parametra na pojedinačnoj mjernoj postaji prelazi graničnu vrijednost te ukoliko srednja vrijednost relevantnoga parametra dobivena agregiranjem podataka s mjernih postaja, koje su (kumulativno) reprezentativne za minimalno 30% površine tijela podzemne vode, prelazi graničnu vrijednost. Ocjena kemijskoga stanja za ovaj test provedena je ukoliko minimalno 30% površine tijela podzemne vode zauzimaju osnovni i/ili sekundarni vodonosnici, iz kojih se ostvaruje ili će se ostvarivati značajno korištenje podzemne vode te imaju značajnu ulogu za održanje ekosustava. Ocjena kemijskoga stanja za ovaj test nije provedena ukoliko više od 70% površine tijela podzemne vode zauzimaju neproduktivni vodonosnici, koji ne daju količine veće od 10 m<sup>3</sup>/dan.

Ocjenjivanje kemijskoga stanja provedbom testa *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode loše kakvoće uzrokovanih crpljenjem* i *DWPA testa* provedeno je uspoređivanjem srednjih vrijednosti koncentracija sa standardima kakvoće i/ili relevantnim graničnim vrijednostima u kombinaciji s analizom trendova. Tijelo podzemne vode, prema testu *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode loše kakvoće uzrokovanih crpljenjem*, je u lošem kemijskom stanju ukoliko srednja vrijednost vodljivosti i/ili drugih „kritičnih“ parametara, koji mogu biti pokazatelj prodora slane vode ili drugih (prirodnih)



prodora, prelazi graničnu vrijednost te ukoliko je za odnosni „kritični“ parametar utvrđen statistički značajan uzlazni trend koncentracija na relevantnim mjernim postajama.

Tijelo podzemne vode za DWPA test je u lošem kemijskom stanju ukoliko srednja vrijednost koncentracije „kritičnoga“ parametra u sirovoj vodi na pojedinačnim lokacijama mjernih postaja prelazi graničnu vrijednost te ukoliko je za odnosni „kritični“ parametar utvrđen statistički značajan uzlazni trend koncentracija.

Procjena trendova provedena je na agregiranim podacima na razini grupiranih vodnih tijela, odnosno na razini osnovnih vodnih tijela za grupirano vodno tijelo Zagreb, pri čemu je izabran kvartalni period za agregiranje podataka aritmetičkom sredinom. Procjena trendova, sukladno opisanoj metodologiji za agregiranje podataka u poglavlju 10, provedena je na minimalno dvanaest uzastopnih perioda u kojima su podaci bili dostupni, pri čemu su dopuštena maksimalno dva uzastopna NA (perioda bez podataka), a ukupan broj NA ne prelazi 25%. Za procjenu trenda korištena je metoda linearne regresije, a trend je smatran značajnim ukoliko je nagib procijenjenoga pravca statistički značajno različit od nule.

Za ocjenu kemijskoga stanja tijela podzemne vode korištene su srednje vrijednosti „kritičnih“ parametara za zadnjih pet godina (od 2009. do 2013.), ovisno o dostupnosti i kvaliteti podataka u tijelima podzemnih voda.

Tijelo podzemne vode je u lošem kemijskom stanju ukoliko su rezultati bilo kojega klasifikacijskoga testa pokazali loše stanje. Konačni rezultat ocjene kemijskoga stanja izražava se s određenom razinom pouzdanosti (visokom ili niskom), koja ovisi o kvaliteti i dostupnosti podataka. Postupak određivanja razine pouzdanosti provodi se prema proceduri za ocjenu kemijskog stanja opisanoj u poglavlju 8. U slučajevima kada u određenom tijelu ne postoje dovoljno kvalitetni podaci (ili podataka nema) za provedbu određenoga testa, tada je tijelo podzemne vode u dobrom kemijskom stanju, s niskom razinom pouzdanosti za taj određeni test. U slučajevima kada srednje vrijednosti „kritičnih“ parametara na razini tijela podzemne vode prelaze u manje od 50% svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) barem jedan standard kakvoće podzemnih voda i/ili bilo koju graničnu vrijednost koncentracija za određeni test, a rezultati procjene rizika i konceptualni model ukazuju na postojanje rizika za taj test, tada je tijelo podzemne vode u lošem kemijskom stanju, s niskom razinom pouzdanosti. U slučajevima kada srednje vrijednosti „kritičnih“ parametara na razini

tijela podzemne vode prelaze u više od 50% svih kvartalnih perioda (u kojima je provedeno agregiranje podataka) barem jedan standard kakvoće podzemnih voda i/ili bilo koju graničnu vrijednost koncentracija za taj test, a rezultati procjene rizika i konceptualni model ukazuju na postojanje rizika za taj test, tada je tijelo podzemne vode u lošem kemijskom stanju, s visokom razinom pouzdanosti.

Sukladno opisanoj metodologiji pristupilo se ocjenjivanju kemijskog stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Ocjena je provedena za sva tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Hrvatske, na razini grupiranih tijela podzemnih voda, osim za grupirano tijelo Zagreb, u kojoj je ocjenjivanje provedeno na razini osnovnih vodnih tijela iz više razloga: velike heterogenosti hidrogeoloških značajki (litološkoga sastava naslaga, hidrogeoloških parametara), vrlo promjenjivih uvjeta prihranjivanja vodonosnika, brojnih plošnih i točkastih izvora onečišćenja te vrlo promjenjive ranjivosti vodonosnika u različitim područjima grupiranog vodnog tijela, koja se kreće od vrlo niske do vrlo visoke (Brkić et al., 2009).

Ocjena kemijskoga stanja provedena je temeljem podataka iz programa nacionalnoga nadzornog i operativnog monitoringa podzemnih voda i nacionalnog monitoringa kakvoće sirove vode na crpilištima i izvorištima. Pregledom svih podataka utvrđeno je da u većini grupiranih vodnih tijela podzemne vode pojedini „kritični“ parametri prelaze granične vrijednosti, te se pristupilo agregiranju podataka i provedbi testova.

U Tablici 12.1 prikazan je ukupni broj raspoloživih i obrađenih kvartala po svim parametrima unutar pojedinog grupiranog vodnog tijela za koje je utvrđeno da su na pojedinoj mjernoj postaji prekoračili graničnu vrijednost, odnosno broj kvartala čija srednja vrijednost prelazi graničnu koncentraciju za testove Prodor slane vode i Ocjena opće kakvoće, a u Tablici 12.2. za DWPA test.

Rezultati ocjene kemijskoga stanja prikazani su u Tablici 12.3 i na Slici 12.1.

Tablica 12.1. Prikaz rezultata agregiranja podataka i usporedbe s graničnim vrijednostima za pojedini parametar za potrebe provedbe testova Ocjena opće kakvoće i Test prodor slane vode

Broj grupiranog vodnog	Grupirano vodno tijelo	Kritičan parametar	Ukupan broj kvartala	Broj kritičnih kvartala		Napomena		
				Test prodor slane vode ili drugih prodora	Test Ocjena Opće kakvoće			
1	Međimurje	Mangan	9	3	1	-		
		Nitrati	18	-	0	-		
		Sulfati	18	5	0	-		
		Željezo	17	1	0	-		
2	Varaždinsko područje	Mangan	19	15	15	-		
		Nitrati	19	-	3	-		
		Sulfati	19	3	0	-		
		Željezo	14	7	1	-		
3	Sliv Bednje	-	-	-	-	Nema podataka		
4	Legrad - Slatina	Arsen	8	1	1	-		
		Kloridi	10	0	0	-		
		Mangan	9	0	0	-		
		Nitrati	7	-	0	-		
		Željezo	10	0	0	-		
5	Novo Virje	-	-	-	-	Nema podataka		
6	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Amonij	14	-	1	-		
		Arsen	12	7	7	-		
		Električna vodljivost	14	0	0	-		
		Kloridi	14	12	0	-		
		Mangan	14	1	1	-		
		Nitrati	7	-	5	-		
		pH	14	-	0	-		
		Sulfati	13	13	0	-		
		Željezo	14	6	6	-		
7	Sliv Sutle i Krapine	Kloridi	3	0	-	-		
		Sulfati	3	0	-	-		
8	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	Mangan	8	8	8	-		
		pH	9	-	8	-		
		Sulfati	9	9	0	-		
9	Sliv Orljave	Mangan	9	4	-	-		
10	Zagreb	187	Kloridi	19	4	0	-	
			Mangan	16	16	16	-	
			Sulfati	19	6	0	-	
			Željezo	16	16	16	-	
		188	Električna vodljivost	20	0	0	-	
			Kloridi	20	11	0	-	
			Nitrati	20	-	1	-	
			Sulfati	14	2	0	-	
		203	Željezo	16	16	11	-	
			Kloridi	17	1	0	-	
			Mangan	15	15	15	-	
		204	Sulfati	17	16	0	-	
			Željezo	15	15	15	-	
			Električna vodljivost	20	17	0	-	
			Kloridi	20	20	0	-	
			Mangan	15	15	14	-	
			Nitrati	20	-	0	-	
			Sulfati	20	20	0	-	
		Suma tetrakloretilena i trikloretilena	19	-	8	-		
		205	Željezo	15	15	14	-	
			Električna vodljivost	20	0	0	-	
			Kloridi	20	19	0	-	
			Mangan	16	16	11	-	
			Nitrati	20	-	0	-	
			pH	20	-	0	-	
			Sulfati	20	20	4	-	
		Suma tetrakloretilena i trikloretilena	19	-	1	-		
		206	Željezo	8	8	0	-	
			Amonij	15	-	8	-	
			Atrazin	20	-	1	-	
			Električna vodljivost	20	0	0	-	
			Kloridi	20	7	0	-	
			Mangan	15	15	13	-	
			Nitrati	20	-	0	-	
			Suma tetrakloretilena i trikloretilena	19	-	0	-	
		207	Željezo	15	15	5	-	
			Atrazin	20	-	4	-	
			Kloridi	20	20	0	-	
				Nitrati	20	-	0	-

Nastavak Tablice 12.1

Broj grupiranog vodnog	Grupirano vodno tijelo	Kritičan parametar	Ukupan broj kvartala	Broj kritičnih kvartala		Napomena
				Test prodor slane vode ili drugih prodora	Test Ocjena Opće kakvoće	
11	Lekenik Lužani	Amonij	11	-	2	-
		Arsen	11	3	3	-
		Fluoridi	11	1	1	-
		Ukupni fosfor	11	1	-	-
12	Istočna Slavonija - sliv Save	Amonij	10	-	1	-
		Arsen	10	7	7	-
		Električna vodljivost	10	0	0	-
		Kloridi	10	2	0	-
		Mangan	10	2	2	-
		Nitrati	8	-	0	-
		pH	10	-	2	-
		Sulfati	10	4	0	-
		Ukupni fosfor	10	9	-	-
		Željezo	10	9	9	-
13	Žumberak -	-	-	-	-	Nema podataka
14	Donji tok Kupe	Kloridi	12	0	-	-
		Mangan	3	2	-	-
		Sulfati	12	2	-	-
		Željezo	12	-	-	-
15	Donji tok Une	-	-	-	-	Nema podataka

Tablica 12.2. Prikaz rezultata agregiranja podataka i usporedbe s graničnim vrijednostima za pojedini parametar za potrebe provedbe DWPA testa

Broj grupe vodnog tijela	Grupirano vodno tijelo	Izvoriste	Kritični parametar	Ukupan broj kvartala	Broj kritičnih kvartala - ocjena stanja		Napomena
					DWPA test		
1	Međimurje	Prelog	Nitrati	14	1		-
2	Varaždinsko područje	Vinokovščak	Nitrati	6	1		-
		Bartolovec	pH	5	4		-
		Varaždin	Nitrati	18	18		-
			pH	18	12		-
3	Sliv Bednje	-	-	-	-		Nema kritičnih parametara
4	Legrad - Slatina	Medinci	Amonij	11	11		-
		Miholjanec	Nitrati	9	9		-
		Šemovci	Nitrati	4	0		-
5	Novo Virje	-	-	-	-		
6	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Donji Miholjac	Amonij	14	14		-
		Jarčevac		11	11		-
		Vinogradi		6	6		-
		Cerić	Arsen	10	10		-
		Jarčevac		11	11		-
		Silaš		6	6		-
		Škola Korođ		5	5		-
		Šodolovci		6	3		-
		Vinogradi		6	6		-
		Silaš		6	6		-
		Vinogradi	Fosfati	6	1		-
		Konkološ-Bilje		17	16		-
		Semeljci	Mangan	8	8		-
		Široko polje		8	8		-
		Velimirovac		17	17		-
		Ada		6	5		-
		Đurđenovac	pH	8	6		-
		Škola Korođ		5	5		-
		Valenovac		6	5		-
		Jarčevac		Suma tetrakloretilena i trikloretilena	11	11	
Donji Miholjac	Željezo	14	14		-		
Jarčevac		11	10		-		
Konkološ-Bilje		17	14		-		

Nastavak Tablice 12.2

Broj grupe vodnog tijela	Grupirano vodno tijelo	Izvorište	Kritični parametar	Ukupan broj kvartala	Broj kritičnih kvartala - ocjena stanja		Napomena	
					DWPA test			
7	Sliv Sutle i Krapine	Dobre vode	pH	10	8	-		
		Kulmerica		7	5	-		
		Rudnica		8	2	-		
		Lobor - otvoreni zahvat		19	17	-		
		Lobor - zatvoreni zahvat	19	4	-			
		Curek	5	2	-			
		Biušek	5	1	-			
		Kojzica	7	2	-			
Sopot	14	3	-					
8	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	Bijela Pakra	Mangan	9	3	-		
		Vratno	pH	6	5	-		
		Trštenik		7	6	-		
		Vratno Čukljenica		2	1	-		
		Škudinovac		7	7	-		
		Puklica	8	8	-			
		Grđevica	1	1	-			
9	Sliv Orljave	Kutjevačka Rika	pH	8	8	-		
		Stražemanka		14	14	-		
		Veličanka		14	14	-		
10	Zagreb	Mala Mlaka	Nitrati	11	2	-		
11	Lekenik Lužani	Davor	Arsen	3	3	-		
		Stara Gradiška	Mangan	2	1	-		
		Bačica	pH	10	4	-		
		Okučani		2	2	-		
		Pašina Vrela		7	4	-		
Ravnik	11	10	-					
12	Istočna Slavonija - sliv Save	Barbine-Lipovac	Arsen	5	5	-		
		Livade-Komletinci		5	5	-		
		Privlaka-Topolčik		5	5	-		
		Skorotinci otok		3	3	-		
		Stara Ciglana Nijemci	4	4	-			
		Ilača	Mangan	5	5	-		
		Jelas		13	4	-		
		Sojara-Vrbanja		4	4	-		
		Šumarija Otok	Nitrati	5	5	-		
		Banovina-Tovarnik	pH	5	4	-		
		Centar-Orolik		5	3	-		
		Ekonomija-Mirkovci		5	4	-		
		Ilača		5	2	-		
		Ivanovci-Kuševac		13	13	-		
		Jelas						
		Stari Kraj Veliki Jankovci				8	3	-
		Šumarija Otok				5	4	-
		Trslana		17	16	-		
		Viganj 1 Slakovci		4	4	-		
		Bošnjaci		Željezo	8	2	-	
Jelas	13	10			-			
Sojara-Vrbanja	4	3	-					
13	Žumberak - Samoborsko gorje	-	-	-	-	Nema kritičnih parametara		
14	Donji tok Kupe	Gaza 1	Mangan	14	9	-		
		Perna	pH	4	4	-		
		Utinje vrelo		6	4	-		
15	Donji tok Une	-	-	-	-	Nema kritičnih parametara		

U lošem kemijskom stanju, s niskom razinom pouzdanosti, je tijelo podzemnih voda Varaždin. Srednje vrijednosti nitrata na razini tijela podzemnih voda su prema testu „*Ocjena opće kakvoće*“ u 3 kvartala (od 19) prekoračile granične vrijednosti (manje od 50% ukupnih kvartalnih perioda, Tablica 12.1), no prema DWPA testu podataka sa crpilišta Varaždin zabilježeno je 18 od 18 „kritičnih“ kvartala, odnosno prekoračenja graničnih vrijednosti.

U grupiranom tijelu podzemne vode Zagreb samo je osnovno tijelo podzemnih voda HR204 u lošem kemijskom stanju s visokom razinom pouzdanosti. Ovo osnovno tijelo je u lošem kemijskom stanju zbog srednjih vrijednosti sume trikloretilena i tetrakloretilena na razini tijela podzemne vode, koje u najvećem broju kvartalnih perioda u 2012. i 2013. godini prelaze granične vrijednosti za test „*Ocjena opće kakvoće*“. Kako ovo osnovno tijelo pokriva 2,6% površine grupiranog tijela, a onečišćenje se ne širi i ne ugrožava dobro kemijsko stanje ostatka tijela niti površinske vode povezane s podzemnim vodama, odnosno ekosustave ovisne o podzemnim vodama, ocijenjeno je da se grupirano tijelo Zagreb nalazi u dobrom stanju s niskom razinom pouzdanosti (Tablica 12.3 i Slika 12.2).

Sva ostala grupirana tijela podzemnih voda su u dobrom kemijskom stanju, s niskom razinom pouzdanosti, no, potrebno je istaknuti određene probleme koji su uočeni prilikom pregleda i obrade raspoloživih podataka u pojedinim grupiranim vodnim tijelima, tj. razloge za proglašenje niske razine pouzdanosti.

U grupiranom vodnom tijelu Međimurje uočen je problem povremeno povišenih koncentracija nitrata na razini piezometra i crpilišta Prelog, no radi malog broja podataka po piezometru / crpilištu nije bilo moguće izraditi trendove. Trend na razini vodnog tijela nije postojao, te je stanje ocijenjeno dobrim s niskom razinom pouzdanosti. Problem povišenih koncentracija nitrata na pojedinim mjernim točkama svakako bi bilo uputno pomnije razmotriti i provesti učestalija uzorkovanja.

Grupirano vodno tijelo sliv Bednje spada u skupinu neproduktivnih vodonosnika te se provodi samo DWPA test za postojeća izvorišta. Pregledom podataka utvrđeno je da niti jedna srednja vrijednost pojedinog parametra ne prelazi graničnu, no zbog malog broja podataka nije bilo moguće izraditi trendove, iz čega proizlazi niska razina pouzdanosti.

U grupiranom vodnom tijelu Legrad – Slatina pregledom postojećih kemijskih analiza uočeno je srednja vrijednost određenih parametara na izvorištima povremeno prelazi

graničnu. Riječ je prvenstveno o arsenu i amoniju čije su povišene koncentracije u podzemnoj vodi posljedica prirodnih procesa, a ne antropogenog utjecaja što je razlog proglašenja dobrim stanjem niske pouzdanosti. Unatoč tome, kada je riječ samo o povremenom rastu koncentracije potrebno je ispitati nije li to posljedica crpljenja, posebice jer zbog male količine podataka nije bilo moguće izraditi trendove.

Za grupirano vodno tijelo Novo Virje uopće nisu bili dostupni podaci o kakvoći podzemne vode čime je za to vodno tijelo, prema prethodno opisanoj metodologiji, automatski stanje ocijenjeno dobrim, ali s niskom razinom pouzdanosti.

U grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava uočen je cijeli niz tzv. problematičnih parametara. Naime, pregledom i obradom podataka o kakvoći podzemne vode registrirane su povremeno povišene koncentracije željeza, mangana, arsena, amonija, pH, fosfata i sume tetrakloretilena i trikloretilena. Riječ je prvenstveno o povremenim i točkastim podacima koji nisu reprezentativni za vodno tijelo, a posebice, jer se za niti jedan parametar čije su povišene koncentracije uočene na podacima sa crpilišta nije mogao izraditi trend zbog malog broja podataka. Nedostatak podataka upućuje na izuzetnu važnost uspostave kvalitetnog i kontinuiranog monitoringa kako bi se u sljedećem razdoblju moglo s visokom pouzdanošću donijeti zaključak o stanju tijela podzemne vode.

Grupirano vodno tijelo Sliv Sutle i Krapine spada u skupinu neproduktivnih vodonosnika te se za njega ne provodi test opće kakvoće, a DWPA testom uočen je povremeni problem povišenih koncentracija željeza, no zbog nedovoljnog broja podataka nije bilo moguće izraditi trend. Osim toga, na crpilištu Lobor – zatvoreni zahvat uočen je i problem uzlaznog trenda pH vrijednosti što bi u narednom razdoblju svakako bilo uputno pomnije istražiti.

U grupiranom vodnom tijelu Sliv Lonja – Ilova – Pakra prema testu opće kakvoće uočeno je loše stanje s obzirom na mangan, a kako zbog nedostataka podataka trend nije bilo moguće izraditi i da je problem izuzetno visokih koncentracija uočen samo na jednom piezometru, zaključeno je da je to najvjerojatnije posljedica crpljenja i nije reprezentativno za grupirano vodno tijelo, što je svakako u narednom razdoblju potrebno istražiti.

Grupirano vodno tijelo Sliv Orljave spada u skupinu neproduktivnih vodonosnika te se za njega ne provodi test opće kakvoće, a DWPA testom uočen je problem povišenih

koncentracija vodikovih iona na izvorištima Stražemanka i Veličanka. Izradom trendova nije utvrđen statistički značajan trend.

Glavni problem u grupiranom vodnom tijelu Zagreb već je prethodno naveden, no potrebno je još dodatno istaknuti da se u gotovo svim osnovnim tijelima javljaju povišene koncentracije željeza i mangana često sa značajnim uzlaznim trendovima. Ovi parametri javljaju se prirodno u povišenim koncentracijama, ali je potrebno dodatno istražiti razloge pojavljivanja uzlaznog trenda. Osim toga u pojedinim osnovnim tijelima primijećeni su i uzlazni trendovi električne vodljivosti i klorida.

Grupiranom vodnom tijelu Lekenik – Lužani određeno je dobro stanje niske pouzdanosti radi nedovoljnog broja podataka po pojedinom parametru za izradu trenda. Uočena su povremena prekoračenja srednjih vrijednosti arsena, željeza i mangana iznad graničnih koncentracija.

U grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Save također su uočena povremena prekoračenja srednjih vrijednosti arsena, željeza i mangana iznad graničnih koncentracija. No zbog nedostatnog broja podataka za izradu trenda, potrebno je u narednom razdoblju uspostaviti odgovarajući monitoring, a radi definitivnog utvrđivanja radi li se o prirodno povišenim koncentracijama, odnosno ima li crpljenje utjecaj na promjenu njihove koncentracije.

Na području grupiranog vodnog tijela Žumberak – Samoborsko gorje postoji samo jedan piezometar te nije bilo moguće provesti testove i donositi zaključke o stanju tijela. Analizom podataka sa crpilišta, odnosno provedbom DWPA testa nije uočeno prekoračenje graničnih vrijednosti, a radi malog broja podataka nije bilo moguće izraditi trendove. I u ovom vodnom tijelu nezaobilazno je uspostaviti kvalitetnu monitoring mrežu.

Grupirano vodno tijelo Donji tok Kupe spada u skupinu neproduktivnih vodonosnika te se za njega ne provodi test opće kakvoće, a DWPA testom uočen je problem povremeno povišenih koncentracija vodikovih iona i mangana. Radi malog broja podataka nije bilo moguće izraditi trendove, te je u idućem razdoblju potrebno detaljnije istražiti uzroke povećanih koncentracija.



Za grupirano vodno tijelo Donji tok Une koje spada u skupinu neproaktivnih vodonosnika raspolagalo se s najmanjim brojem podataka (nekoliko kemijskih s jednog crpilišta) te je stanje prema metodologiji ocjenjeno dobrim s niskom razinom pouzdanosti.

Tablica 12.3. Kemijsko stanje tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske

Kod TPV	Naziv TPV	Testovi se provode (DA/NE)	Test Ocjena opće kakvoće		Test Prodor slane vode		DWPA test		Ukupna ocjena stanja		
			Stanje	Razina pouzdanosti	Stanje	Razina pouzdanosti	Stanje	Razina pouzdanosti	Stanje	Razina pouzdanosti	
CDGL_18	Međimurje	DA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CDGL_19	Varaždinsko područje	DA	LOŠE	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	LOŠE	NISKA	
CDGL_20	Sliv Bednje	DA	***	***	***	***	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CDGL_21	Legrad - Slatina	DA	DOBRO	NISKA	**	**	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CDGL_22	Novo Virje	NE	*	*	*	*	*	*	DOBRO	NISKA	
CDGL_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	DA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	DA	***	***	**	**	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	DA	DOBRO	NISKA	**	**	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CSGN_26	Sliv Orjave	DA	***	***	**	**	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CSGI_27	Zagreb	HR187	DA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA
		HR188	DA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA		
		HR203	DA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA		
		HR204	DA	LOŠE	VISOKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA		
		HR204/1	NE	*	*	*	*	*	*		
		HR205	DA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA		
		HR206	DA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA		
		HR207	DA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA		
		HR186	NE	*	*	*	*	*	*		
		HR193									
		HR194									
		HR195									
		HR196									
		HR197									
		HR198									
		HR199									
		HR200									
HR201											
HR202											
HR208											
HR210											
HR211											
HR212											
CSGI_28	Lekenik Lužani	DA	DOBRO	NISKA	**	**	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CSGI_29	Istočna Slavonija - sliv Save	DA	DOBRO	NISKA	**	**	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	DA	*	*	***	***	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CSGI_31	Kupa	DA	***	***	**	**	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	
CSGI_32	Una	DA	***	***	**	**	DOBRO	NISKA	DOBRO	NISKA	

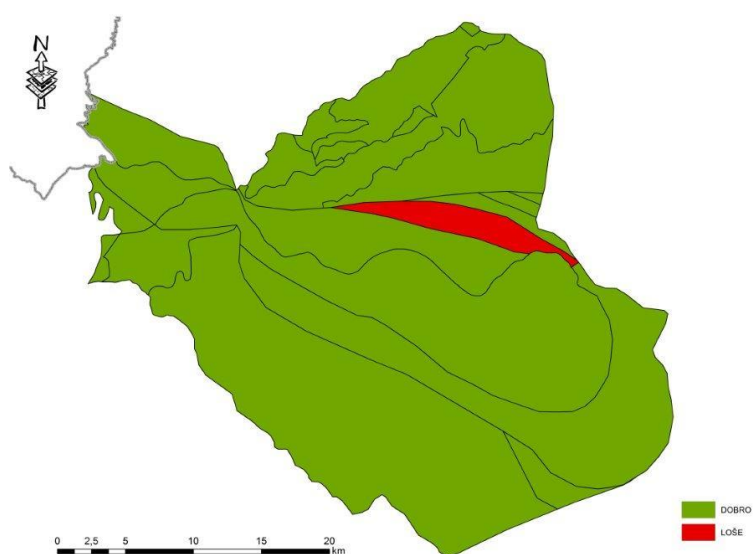
\* test nije proveden radi nedostatka podataka

\*\* test se ne provodi jer ne postoji evidentirani utjecaj crpljenja podzemne vode

\*\*\* test se ne provodi jer se radi o neproaktivnim vodonosnicima



Slika 12.1. Kemijsko stanje tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske



Slika 12.2. Kemijsko stanje osnovnih tijela podzemne vode unutar grupiranog tijela Zagreb

### 13. Metodologija ocjene količinskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

## Sadržaj

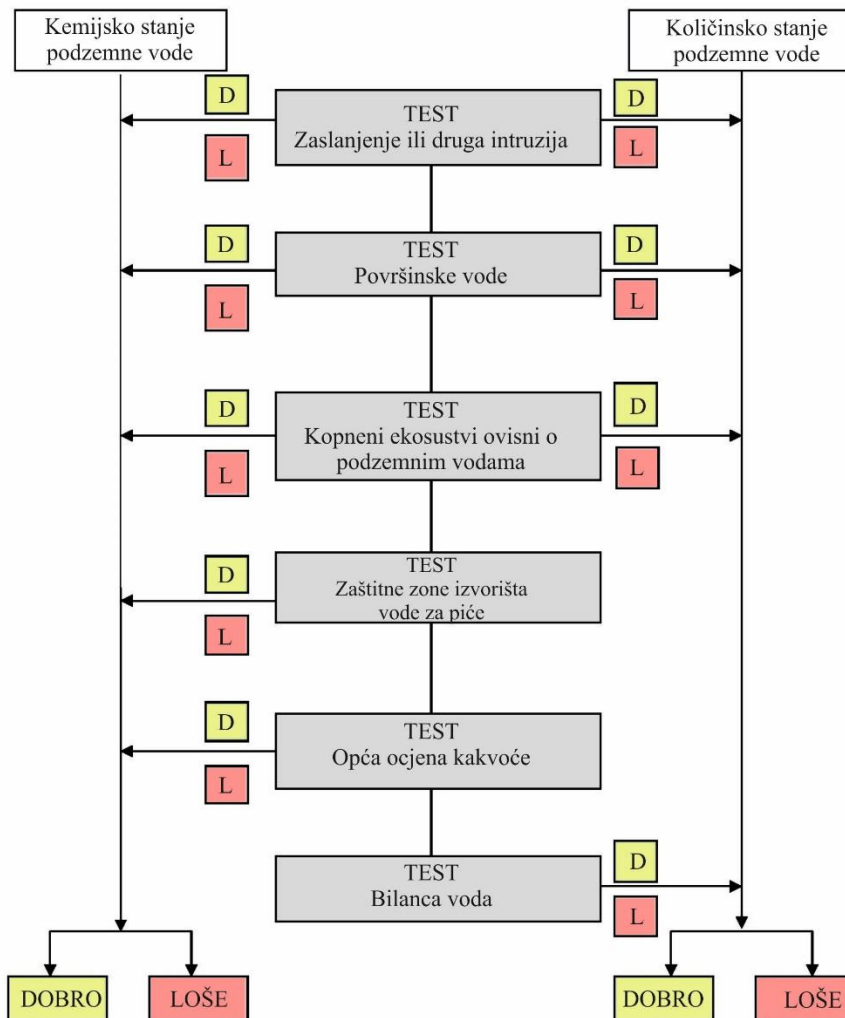
13. Metodologija ocjene količinskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.....	13-1
13.1. Test bilance voda.....	13-2

### 13. Metodologija ocjene količinskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

Za definiranje metodologije ocjene količinskog stanja tijela podzemnih voda (TPV) u panonskom dijelu Republike Hrvatske korištene su smjernice definirane na temelju CIS vodiča br. 18 (2009) „Vodič o ocjeni stanja i trendova podzemnih voda“, UKTAG Paper 11 b (ii) (2012) „Kvantitativna klasifikacija podzemne vode u svrhu provođenja Okvirne direktive o vodama i Vodiča o uporabi vodne bilance za potporu provođenja Okvirne direktive o vodama („Vodič 34, 2015“).

Definicija količinskog stanja je dana u Okvirnoj direktivi o vodama (Dodatak V, 2.1.2), gdje se dobro količinsko stanje definira kao slučaj u kojem je razina podzemne vode u vodnom tijelu takva da dostupne zalihe podzemnih voda nisu premašene dugoročnim godišnjim prosječnim količinama crpljenja. Nadalje, razina podzemne vode ne smije biti izmijenjena antropogenim utjecajem koji bi rezultirao: (1) nemogućnosti postizanja okolišnih ciljeva (ODV; Članak IV) za vezane površinske vode, (2) svakim značajnijim narušavanjem stanja tih voda i (3) svakim značajnijim narušavanjem stanja kopnenih ekosustava koji direktno ovise o vodnom tijelu. Promjene u smjeru toka uzrokovane promjenama razina mogu se javiti povremeno ili kontinuirano na manjim područjima, no ne smiju za posljedicu imati prodor slane vode ili druge prodore vode loše kakvoće (engl. *saltwater or other intrusions*), niti inducirati jasan antropogeno izazvani trend koji bi mogao rezultirati takvim prodorima. Količinsko stanje je definirano raznim čimbenicima koji utječu na razinu podzemne vode. Osim razine podzemne vode, za pouzdanu ocjenu stanja su jednako važni i smjerovi toka podzemne vode koji se mogu procijeniti na temelju hidroloških i meteoroloških mjerenja (CIS vodič 18, Dodatak 2, str. 60). Dugotrajno opadanje razina podzemne vode indicira loše količinsko stanje (crpljenje > obnavljanje), uz ogradu da dugotrajno održavanje razine vode ne indicira neposredno dobro stanje budući da postoji mogućnost da se održavanje razine podzemne vode ostvaruje procjeđivanjem iz površinskih cjelina, što može uzrokovati ekološku štetu.

Za ocjenu količinskog stanja provode se testovi kojih ukupno ima 4 od kojih su 3 zajednička s testovima koji se odnose na ocjenu kemijskog sastava.



Slika 13.1. Ocjena kemijskoga i količinskoga stanja tijela podzemnih voda kroz provedbu klasifikacijskih testova (CIS vodič br. 18, 2009)

Zajednički testovi su: (1) Zaslanjenje ili druga intruzija; (2) Površinske vode i (3) Kopneni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama, dok je test karakterističan za količinsku ocjenu stanja test bilance voda. Svi testovi moraju dati dobro stanje kako bi ukupno količinsko stanje podzemne vode bilo definirano kao dobro.

### 13.1. Test bilance voda

Za provođenje testa vodne bilance potrebno je ocijeniti i usporediti prosječnu godišnju količinu crpljenja s dostupnim zalihama podzemne vode unutar vodnog tijela. Ovaj test se primjenjuje na razini mjerila tijela podzemne vode, dok se test površinske vode primjenjuje na razini mjerila tijela površinske vode. Kako se ovi testovi razlikuju u mjerilu

moguće je i prihvatljivo zadovoljiti test vodne bilance uz nezadovoljavanje testa za površinsku vodu.

Dostupne zalihe podzemne vode računaju se kao razlika između obnavljanja i količine vode koja je potrebna za održavanje ekosustava u površinskim vodama ovisnim o vodnom tijelu. Obnavljanje se računa kroz dovoljno dugi vremenski period kako bi se razlučili utjecaji kratkoročnih promjena u obnavljanju (suša) na vrijednost dugotrajnog prosječnog godišnjeg obnavljanja. Prosječno godišnje obnavljanje procjenjuje se za cijelo vodno tijelo, uključujući podzemno dotjecanje izvana (primjerice otjecanje po bliskim nepropusnim slojevima). Ukoliko postoji tok između vodnih tijela, to također treba uzeti u obzir kod određivanja obnavljanja. Kako su vodna tijela uobičajeno delinearana kao hidraulički zasebne jedinice, između njih, u pravilu, ne bi trebalo biti značajnijeg toka. Prosječna godišnja količina crpljenja uključuje sve iscrpljene količine uključujući sve povezane dijelove vodonosnika. Iscrpljena količina vode koje se lokalno vraća u vodonosnik ili površinsku vodu (rijeku) treba se oduzeti ukoliko postoje pouzdani podaci o takvim količinama. Usporedba dostupnih zaliha u odnosu na količine crpljenja zanemaruje ostale utjecaje na tok površinskih voda tj. crpljenje ili otjecanje površinskih voda. Gdje god je moguće, procjena pritiska crpljenja i otjecanja koji se koriste u testovima temelji se na najboljoj procjeni stvarnog crpljenja/otjecanja za razdoblje klasifikacije.

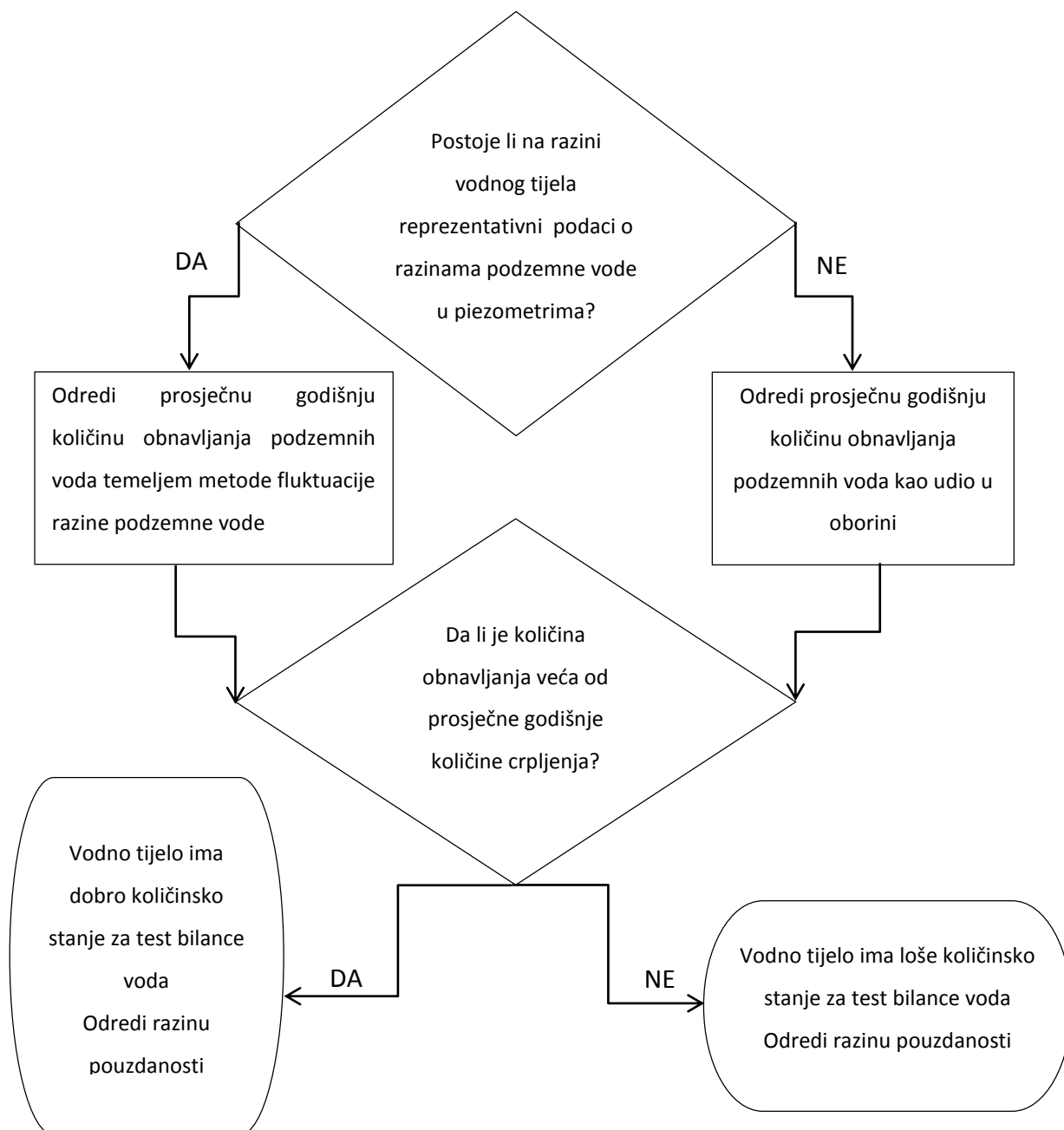
U slučaju procjena da se radi o prekomjernom crpljenju vodne cjeline, da bi se pouzdano donio zaključak o prekomjernom crpljenju potrebni su dodatni dokazi koji ukazuju na: (I) jasnu neravnotežu između obnavljanja i crpljenja (crpljenje > obnavljanje); (II) opadanje razina podzemne vode; (III) preciznije vrijednosti obnavljanja, crpljenja i potrebnim količinama tečenja kao rezultat specifičnih istraživanja ili modeliranja; (IV) rezultati modeliranja. Pouzdanost procjene dana je u Tablici 13.1 (UKTAG Paper 11b (ii), str. 9).

### Postupak klasifikacije:

- (1) Određivanje (izračun) prosječnog godišnjeg obnavljanja podzemne vode.
- (2) Određivanje (izračun) prosječnog godišnjeg crpljenja podzemne vode.
- (3) Određivanje (izračun) dostupnih zaliha podzemne vode. Rezultat (1) – (2).
- (4) Sva vodna tijela u kojima dostupne zalihe podzemne vode premašuju prosječnu godišnju količinu crpljenja klasificiraju se kao dobro stanje.
- (5) Za vodna tijela u kojima su dostupne zalihe podzemne vode manje od prosječne godišnje količine crpljenja potrebno je provesti dodatna istraživanja kako bi se povećala razina pouzdanosti.
- (6) Procjena stručnjaka je meritorna, na način da se utvrđuje ukazuju li ti dokazi u dovoljnoj mjeri na nezadovoljavanje testa vodne bilance.
- (7) Vodno tijelo će prema testu vodne bilance imati loše stanje u slučaju kada su dostupne zalihe podzemne vode manje od prosječne godišnje količine crpljenja i kada dodatna istraživanja to potvrđuju.

Veličina obnavljanja može se procijeniti i samo kao udio od ukupne oborine. U vodnim tijelima gdje nisu postojali reprezentativni podaci mjerenja razina u piezometrima na taj način su određene obnovljive zalihe.





Slika 13.2. Postupak provedbe testa bilance voda

Konačni rezultat ocjene količinskoga stanja izražava se s određenom razinom pouzdanosti (visokom ili niskom). Postupak određivanja razine pouzdanosti provodi se prema proceduri definiranoj za ocjenu količinskoga stanja. U slučajevima kada je vrijednost obnovljivih zaliha značajno viša od vrijednosti prosječne godišnje količine crpljenja, tada je tijelo podzemne vode u dobrom količinskom stanju s visokom razinom pouzdanosti. U slučajevima kada zahvaćene količine crpljenja prelaze 75% obnovljivih zaliha podzemne vode

u određenom vodnom tijelu, tada je to tijelo u dobrom količinskom stanju s niskom razinom pouzdanosti.

Tablica 13.1 Kriteriji za određivanje pouzdanosti ocjene stanja vodnog tijela kroz provedbu testa bilance voda

Stanje	Pouzdanost	Kriterij
Dobro	Visoka	Prosječno godišnje obnavljanje podzemnih voda je veće od prosječne godišnje količine crpljenja i crpljene količine ne prelaze 75% obnovljivih zaliha
	Niska	Prosječno godišnje obnavljanje podzemnih voda je veće od prosječne godišnje količine crpljenja, crpljene količine prelaze 75% obnovljivih zaliha
Loše	Niska	Prosječno godišnje obnavljanje podzemnih voda je manje od prosječne godišnje količine crpljenja i postoje određene naznake sniženja razina podzemne vode (primjerice iz rezultata modeliranja toka podzemne vode ili analiza trendova razina podzemnih voda koje ukazuju na postojanje trendova koji nisu statistički značajni)
	Visoka	Prosječno godišnje obnavljanje podzemnih voda je manje od prosječne godišnje količine crpljenja i utvrđena su statistički značajna sniženja razine podzemne vode

Test prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode loše kakvoće uzrokovanih crpljenjem proveden je u sklopu postupka za ocjenjivanje kemijskog stanja tijela podzemne vode.

14. Ocjena količinskoga stanja podzemnih voda u grupiranim  
tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike  
Hrvatske

## Sadržaj

14. Ocjena količinskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	14-1
--	------

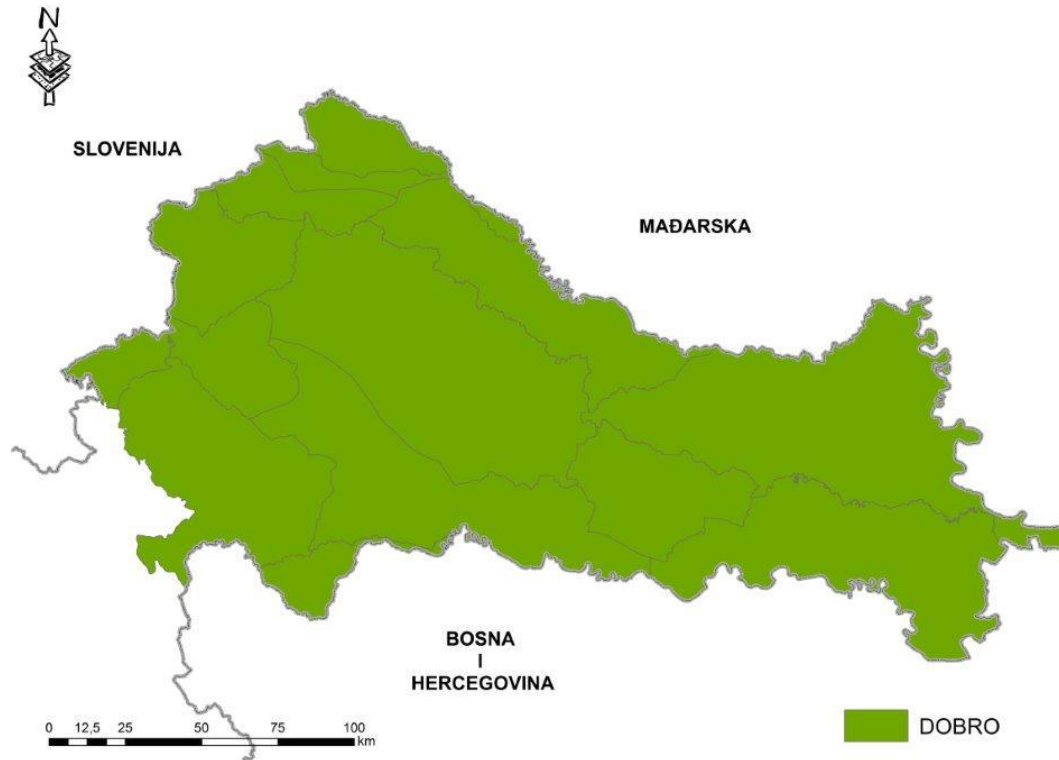
## 14. Ocjena količinskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

Ocjena količinskoga stanja provedena je za sva tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Hrvatske, na razini grupiranih tijela podzemnih voda (TPV). Ocjena količinskoga stanja provedena je temeljem: podataka iz programa motrenja razina podzemnih voda, podataka oborina i temperature s klimatoloških postaja te podataka o količinama crpljenja podzemne vode iz zdenaca crpilišta i kaptiranih izvorišta koje služe za javnu vodoopskrbu i podataka o zahvaćenim količinama podzemne vode za tehnološke i ostale potrebe.

Za definiranje ocjene količinskog stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske za svaku vodnu cjelinu izdvojeni su reprezentativni piezometri, te je za svaku godinu, u razdoblju od 2009. do 2014. godine, određena razlika između minimalnih i maksimalnih izmjerenih vrijednosti razina podzemne vode po piezometrima. Provedeno je agregiranje podataka aritmetičkom sredinom, u cilju osrednjenja vrijednosti razina podzemnih voda na razini pojedinih grupa vodnih tijela. Tako osrednjene vrijednosti razina množene su s procijenjenom efektivnom poroznosti i površinom vodnog tijela, te je dobivena približna vrijednost obnovljivih zaliha podzemne vode u svakom grupiranom tijelu podzemne vode. U svim vodnim tijelima izračunata je vrijednost ukupnog otjecanja na temelju podataka o oborinama i izračunatoj evapotranspiraciji po Turc-ovoj i Langbein-ovoj formuli. Pri tome su korišteni podaci o prostornoj raspodjeli srednjih godišnjih oborina i temperatura zraka za referentno 30-godišnje klimatološko razdoblje 1961.-1990., kao i međuodnosi tih prostornih podataka po TPV i odgovarajućih točkastih podataka na lokacijama klimatoloških postaja. Za povezivanje točkastih i prostornih podataka korišteni su Thiesenovi poligoni, na temelju čega su određeni karakteristični hidrološki pokazatelji TPV za analizirano recentno razdoblje 2008.-2014. Razlika podataka o oborinama i izračunatoj evapotranspiraciji daje ukupno otjecanje na razini vodne cjeline, iz čega je izračunata količina infiltracije vode u podzemlje, odnosno vrijednost obnovljivih zaliha.

Rezultati ocjene količinskoga stanja prikazani su na Slici 14.1 i u Tablici 14.1, te na prilogima 2 i 4. Sve tijela podzemnih voda su obzirom na test vodne bilance u dobrom količinskom stanju, s visokom razinom pouzdanosti. Obzirom na test Prodor slane vode ili drugih prodora loše kakvoće sva tijela podzemnih voda za koja je proveden test su u dobrom stanju s niskom razinom pouzdanosti. U Tablici 14.2 prikazani su podaci o obnovljivim

zalihama podzemnih voda i crpnim količinama. Iz Tablice 14.2 je vrlo jasno vidljivo da su u svim grupiranim tijelima podzemne vode zahvaćene količine značajno manje od obnovljivih zaliha podzemnih voda.



Slika 14.1. Količinsko stanje tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske

Rezultati ocjene stanja obrađeni su i u GIS-u (naziv GIS projekta: RGN\_Panon\_2015\_2016), gdje je u odgovarajućim .shp datotekama (grupirane\_vodne\_cjeline\_2015 i osnovne\_vodne\_cjeline\_zg\_2015) i njihovim atributnim tablicama prikazano količinsko stanje za svako vodno tijelo.

Tablica 14.1. Količinsko stanje grupiranih tijela podzemne vode u panonskom dijelu  
Republike Hrvatske

Kod grupiranog tijela podzemne vode	Naziv grupiranog tijela podzemne vode	Količinsko stanje				Količinsko stanje ukupno	
		<i>Test vodne bilance</i>		<i>Test Prodor slane vode ili drugih prodora loše kakvoće</i>			
		Stanje	Pouzdanost	Stanje	Pouzdanost	Stanje	Pouzdanost
CDGI_18	Međimurje	Dobro	Visoka	Dobro	Niska	Dobro	Niska
CDGI_19	Varaždinsko područje	Dobro	Visoka	Dobro	Niska	Dobro	Niska
CDGI_20	Sliv Bednje	Dobro	Visoka	***	***	Dobro	Visoka
CDGI_21	Legrad - Slatina	Dobro	Visoka	**	**	Dobro	Visoka
CDGI_22	Novo Virje	Dobro	Visoka	*	*	Dobro	Visoka
CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Dobro	Visoka	Dobro	Niska	Dobro	Niska
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	Dobro	Visoka	**	**	Dobro	Visoka
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	Dobro	Visoka	**	**	Dobro	Visoka
CSGN_26	Sliv Orljave	Dobro	Visoka	**	**	Dobro	Visoka
CSGI_27	Zagreb	Dobro	Visoka	Dobro	Niska	Dobro	Niska
CSGI_28	Lekenik - Lužani	Dobro	Visoka	**	**	Dobro	Visoka
CSGI_29	Istočna Slavonija – Sliv Save	Dobro	Visoka	**	**	Dobro	Visoka
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	Dobro	Visoka	***	***	Dobro	Visoka
CSGI_31	Kupa	Dobro	Visoka	**	**	Dobro	Visoka
CSGI_32	Una	Dobro	Visoka	**	**	Dobro	Visoka

\* test nije proveden radi nedostatka podataka

\*\* test nije proveden radi nemogućnosti provedbe procjene trenda

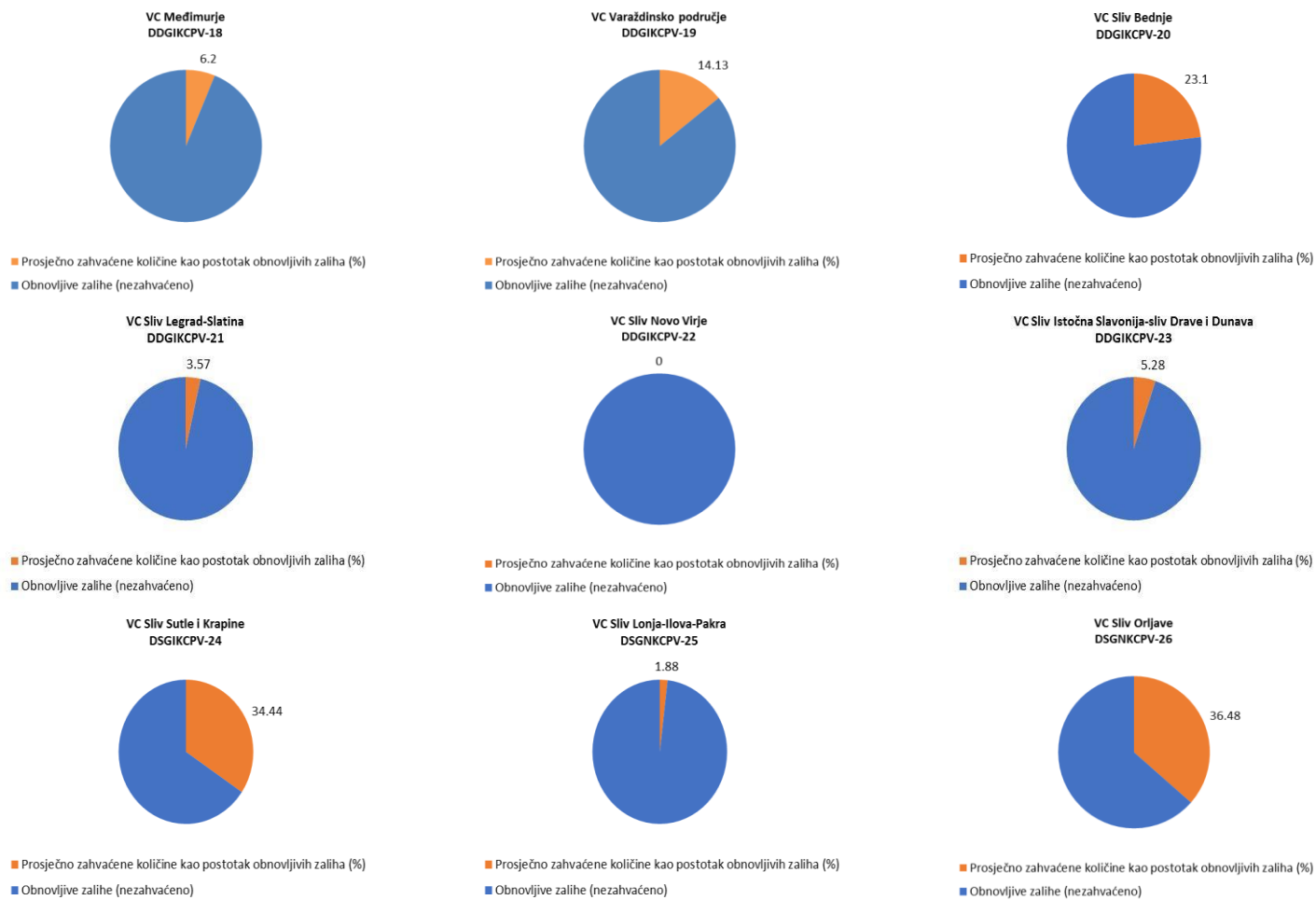
\*\*\* test se ne provodi jer ne postoji evidentirani utjecaj crpljenja podzemne vode

Tablica 14.2. Ocjena količinskog stanja - obnovljive zalihe i zahvaćene količine

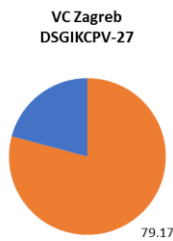
Kod grupiranog tijela podzemne vode	Naziv grupiranog tijela podzemne vode	Obnovljive zalihe (m <sup>3</sup> /god)	Zahvaćene količine (m <sup>3</sup> /god)	Zahvaćene količine kao postotak obnovljivih zaliha (%)
CDGI_18	Međimurje	1,13*108	6,39*106	5,65
CDGI_19	Varaždinsko područje	8,80*107	1.06*107	12,05
CDGI_20	Sliv Bednje	5,20*106	2,13*106	4,10
CDGI_21	Legrad - Slatina	3,62*108	8.83*106	2,45
CDGI_22	Novo Virje	1,80*107	0	0
CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	4,21*108	2.23*107	5,30
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	8,20*107	7,44*106	9,07
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	2,19*108	3.48*106	1,59
CSGN_26	Sliv Orljave	1,34*108	3,83*106	2,86
CSGI_27	Zagreb	2,73*108	1,33*108	48,72
CSGI_28	Lekenik - Lužani	3,66*108	3.51*106	1,00
CSGI_29	Istočna Slavonija – Sliv Save	3,79*108	1.60*107	4,22
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	1,39*108	3,77*106	2,71
CSGI_31	Kupa	2,87*108	1,19*107	4,15
CSGI_32	Una	5,40*107	3,42*105	0,63

Ukoliko se kod određivanja obnovljivih zaliha u tijelima podzemnih voda kao površina vodnog tijela ne uzima ukupna površina već samo površina koju zauzimaju osnovni i sekundarni vodonosnici dobiva se odnos između obnovljivih i zahvaćenih količina kao što je prikazano na Slici 14.2. Ovim načinom izračuna dobivene su manje količine obnovljivih zaliha podzemnih voda nego što je prikazano u Tablici 14.2, no odnos između godišnje količine crpljenja unutar pojedinog vodnog tijela i prosječnog godišnjeg obnavljanja ostaje nepromijenjen odnosno količinsko stanje je dobro kao što je i prikazano na Slici 14.1.





Slika 14.2 Odnos zahvaćenih i obnovljivih količina podzemnih voda uzimajući u obzir samo površinu osnovnih i sekundarnih vodo nosnika



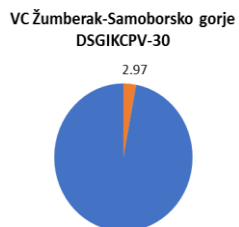
■ Prosječno zahvaćene količine kao postotak obnovljivih zaliha (%)  
 ■ Obnovljive zalihe (nezahvaćeno)



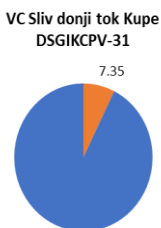
■ Prosječno zahvaćene količine kao postotak obnovljivih zaliha (%)  
 ■ Obnovljive zalihe (nezahvaćeno)



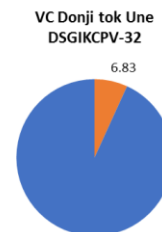
■ Prosječno zahvaćene količine kao postotak obnovljivih zaliha (%)  
 ■ Obnovljive zalihe (nezahvaćeno)



■ Prosječno zahvaćene količine kao postotak obnovljivih zaliha (%)  
 ■ Obnovljive zalihe (nezahvaćeno)



■ Prosječno zahvaćene količine kao postotak obnovljivih zaliha (%)  
 ■ Obnovljive zalihe (nezahvaćeno)



■ Prosječno zahvaćene količine kao postotak obnovljivih zaliha (%)  
 ■ Obnovljive zalihe (nezahvaćeno)

Nastavak Slike 14.2

15. Metodologija procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskog stanja za tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

## Sadržaj

15. Metodologija procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskog stanja za tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	15-1
15.1. Opći dio.....	15-1
15.2. Procjena rizika za okolišne ciljeve definirane člankom 4 ODV .....	15-3
15.3. Pristup procjeni rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	15-7

## 15. Metodologija procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskog stanja za tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

### 15.1. Opći dio

1. Procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskoga stanja tijela (grupa tijela) podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske provodi se prema pristupu, koji je preuzet i djelomično modificiran iz CIS vodiča br. 26 (*Vodič o procjeni rizika i korištenju konceptualnih modela za podzemne vode*) i *CIS Tehničkoga izvještaja o procjeni rizika za podzemne vode* iz 2004. godine, uz primjenu konceptualnih modela razmatranih tijela (grupa tijela) podzemnih voda.
2. Sastavni dio procjene rizika jest analiza pritisaka i utjecaja, koja se provodi temeljem članka 5 Okvirne direktive o vodama, ODV (2000/60/EC), kroz primjenu DPSIR okvira (pokretač-pritisak-stanje-utjecaj-odgovor).
3. U postupku procjene rizika koriste se istovrsni podaci i elementi stanja koji se koriste i u postupku ocjene kemijskoga stanja (podaci monitoringa, granične vrijednosti, analiza trendova, procjena elementa stanja za svaki značajan prijamnik (engl. receptor)). Razlika između procjene rizika i ocjene stanja je u tome što se prilikom procjene rizika koristi „princip predostrožnosti“ (*Priopćenje komisije o principu predostrožnosti*, COM (2000)), što u naravi znači da određeno tijelo može biti u riziku, iako je trenutno u dobrom stanju.
4. Za potrebe procjene rizika potrebno je za svako tijelo (grupu tijela) prikupiti i opisati, osim podataka o značajnim pokretačima i pritiscima, također i sve relevantne geološke, hidrogeološke, klimatološke i dr. podatke i pokazatelje te izraditi konceptualni model tijela (grupe tijela) podzemne vode. Za svako tijelo (grupu tijela) podzemnih voda potrebno je ažurirati podatke početne karakterizacije (ili daljnje karakterizacije za tijela u riziku) iz prethodnoga plana upravljanja vodnim područjima.
5. Prilikom procjene rizika potrebno je uzeti u obzir utjecaje budućih pritisaka i utjecaje promjena postojećih pritisaka (ključni ekonomski faktori koji utječu na korištenje voda: korištenje zemljišta, urbanizacija, poljoprivredna aktivnost i dr.), koji bi mogli negativno utjecati na kemijski i količinski status podzemnih voda. Potrebno je uzeti u

obzir i kako predviđeni utjecaji klimatskih promjena (oborine, evapotranspiracija) i promjena u načinu korištenja zemljišta (urbanizacija) mogu utjecati na prihranjivanje podzemnih voda.

6. Postupak procjene rizika za kemijsko stanje provodi se temeljem podataka monitoringa kemijskoga stanja (*izravna metoda procjene*) i/ili temeljem podataka o pritiscima koji se preklapaju s podacima o prirodnoj ranjivosti podzemne vode (*neizravna metoda procjene*, koje rezultira izradom tradicionalne karte rizika iz karte hazarda i karte prirodne ranjivosti). Preporučuje se istovremeno koristiti obje metode ili njihovu složenicu.
7. Tijekom prikupljanja podataka za potrebe provedbe analize pritiska i utjecaja, potrebno je uzeti u obzir vremensko mjerilo (pritisci se mogu očitovati kroz pogoršanje stanja tijela podzemnih voda nakon dugo vremena, ovisno o hidrogeološkoj situaciji) i prostorno mjerilo podataka (primjerice, utjecaj crpljenja iz pojedinoga zdenca ili crpilišta na pojedini kopneni ekosustav razlikuje se po veličini, intenzitetu i značaju u odnosu na kumulativni utjecaj crpljenja iz svih crpilišta unutar granica tijela podzemne vode na kemijsko stanje tijela podzemnih voda (u slučaju kada crpljenje uzrokuje promjenu kemijskog sastava)).
8. Procjena rizika provodi se u razdoblju do dva planska ciklusa plana upravljanja vodnim područjima (12 godina). Primjerice, postojanje mogućega značajnog uzlaznog trenda, a time i postojanje rizika, može se provesti ekstrapolacijom podataka u vremenskom razdoblju do maksimalno 12 godina (dva planska ciklusa).
9. Ako je tijelo podzemnih voda u dobrom stanju, ali postoje pokazatelji koji upućuju da bi pritisci unutar toga tijela mogli dovesti do lošega stanja do kraja idućega planskog razdoblja, tada tijelo podzemnih voda treba označiti da je u riziku od nepostizanja cilja „*sprječavanje pogoršanja stanja tijela podzemnih voda*“. Sva ona tijela koja su ocjenjena da su u lošem stanju treba označiti da su u riziku od nepostizanja cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko i količinsko)*“. Ukoliko je kvaliteta podataka koja se koristi za potrebe procjene rizika loša ili podataka nema, tada su rezultati procjene rizika nepouzdan. U takvom slučaju tijelo podzemnih voda, koje se procjenjuje, mora biti označena da je u riziku s određenom razinom pouzdanosti.

## 15.2. Procjena rizika za okolišne ciljeve definirane člankom 4 ODV

10. U kontekstu implementacije zahtjeva koji proizlaze iz ODV potrebno je procijeniti rizik od nepostizanja okolišnih ciljeva ODV zbog utjecaja čovjeka. Članak 4 ODV specifično navodi koji su to ciljevi za podzemne vode za koje se procjenjuje rizik:

- a. Spriječiti ili ograničiti unošenje onečišćivala (u podzemne vode: izravnim ili neizravnim putem);
- b. Spriječiti pogoršanje stanja tijela podzemnih voda;
- c. Postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko i količinsko);
- d. Implementirati mjere za promjenu značajnih i stalnih uzlaznih trendova;
- e. Zadovoljiti zahtjeve ODV za zaštićena područja (kopneni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama, ranjive zone u okviru Nitratre direktive i zaštićena područja za pitke vode).

11. Ciljevi **a.** do **e.** primjenjuju se za ocjenu rizika od pogoršanja kemijskoga stanja, a ciljevi **b.**, **c.** i **e.** za procjenu rizika od pogoršanja količinskog stanja. Rezultati procjene rizika mogu se prikazati u obliku pojedinačnih karata rizika za ciljeve od **a** do **e.**

12. Pristup za procjenu rizika od nepostizanja ciljeva **a.** do **e.** preuzet je i djelomično modificiran (za potrebe provedbe procjene rizika u panonskom dijelu Hrvatske) iz CIS vodiča br. 26 (*Vodič o procjeni rizika i korištenju konceptualnih modela za podzemne vode*).

- a. Procjena rizika za nepostizanje cilja „*sprječavanje ili ograničavanje unošenja onečišćivala*“ provodi se za sve točkaste i plošne izvore onečišćenja (za koje ne postoji implementiran odgovarajući sustav kontrola emisija, primjerice monitoringom ili kontrolom emisija na samom izvoru onečišćenja), koji ugrožavaju stanje tijela (grupe tijela) podzemne vode, kao i stanje značajnih ekosustava ovisnih o podzemnoj vodi i zaštićenih područja. Pritom se razlikuje procjena rizika za *ostale onečišćujuće tvari* (navedene u dodatku 6. Uredbe o standardu kakvoće voda) i *prioritetne tvari* (navedene u dodatku 5. Uredbe o standardu kakvoće voda) od procjene rizika za *prioritetne opasne tvari* (navedene u dodatku 5 Uredbe o standardu kakvoće voda). Procjena rizika za *ostale onečišćujuće tvari* i *prioritetne tvari* provodi se na način da se utvrđuje rizik isključivo za značajne ekosustave i zaštićena područja (značajne prijamnike) unutar tijela podzemne vode. Procjena rizika za *opasne prioritetne tvari* provodi

se na način da se utvrđuje rizik za sve podzemne vode unutar tijela podzemne vode, ne samo za značajne prijarnike (sve podzemne vode ispod vodnog lica). U praksi, procjena rizika za nepostizanje cilja „*sprječavanje ili ograničavanje unošenja onečišćivala*“ provodi se kroz postupke procjene rizika za nepostizanje cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko)*“.

- b. Procjena rizika za nepostizanje cilja „*sprječavanje pogoršanja stanja tijela podzemnih voda*“, u dijelu koji se odnosi na kemijsko stanje, provodi se za one izvore onečišćenja (točkaste ili plošne) za koje ne postoji implementiran odgovarajući sustav kontrola emisija (kao pod a.), a, osim toga, u obzir se uzima i rizik od postojećih i poznatih izvora onečišćenja koji se nalaze ispod površine tla (rezidualnih, sekundarnih izvora onečišćenja ispod površine). Pritom se misli na dugotrajne podpovršinske izvore onečišćenja, uključujući izvore onečišćenja blizu površine tla gdje je nastalo onečišćenje i izvore koji su se razvili duž putova migracije onečišćenja (primjerice zaostale nevodene tekuće faze). Procjena rizika za kemijsko i količinsko stanje provodi se za sva tijela (grupe tijela) podzemne vode. Procjena rizika provodi se temeljem *kriterija za karakterizaciju rizika od pogoršanja stanja* (Tablica 15.1 i 15.2).

Tablica 15.1. Procjena rizika od pritiska koji mogu pogoršati kemijsko stanje

Kriteriji za definiranje tijela podzemne vode koje su u riziku od pogoršanja kemijskoga stanja	
Tijelo podzemne vode je trenutno u dobrom stanju	<p>15. Tijelo (grupa tijela) podzemne vode je u riziku ukoliko:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ srednje vrijednosti koncentracija prelaze: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ standard kakvoće podzemnih voda ili <i>graničnu vrijednost za ocjenu stanja</i> na barem jednoj lokaciji mjerne postaje (piezometra ili zdenca/crpilišta) i</li> <li>▪ 75% vrijednosti standarda kakvoće podzemnih voda ili 75% <i>graničnih vrijednosti za ocjenu stanja</i> na razini vodnoga tijela ili</li> </ul> </li> <li>○ analiza trendova na razini tijela ili grupe tijela podzemne vode pokazuje da će mjerene i ekstrapolirane vrijednosti koncentracija premašiti standard kakvoće ili <i>graničnu vrijednost</i> unutar dva ciklusa plana upravljanja (12 godina)</li> </ul>
Tijelo podzemne vode je trenutno u lošem stanju	<p>16. Tijelo (grupa tijela) podzemne vode je u riziku ukoliko:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ analiza trendova na razini tijela (grupe tijela) podzemne vode (mjerenih i ekstrapoliranih vrijednosti koncentracija) pokazuje da unutar idućega ciklusa plana upravljanja neće doći do promjene značajnoga uzlaznoga trenda ili</li> <li>○ nije za očekivati da će u idućem planskom razdoblju, u značajnoj mjeri ili u cijelosti, biti uklonjeni pritisci koji su doveli do lošega stanja tijela (grupe tijela) podzemne vode</li> </ul>

(Analiza se provodi za sve one kemijske parametre koji se javljaju kao posljedica djelovanja izvora onečišćenja i mogu utjecati na pogoršanje kemijskoga stanja)



Tablica 15.2. Procjena rizika od pritiska koji mogu pogoršati količinsko stanje

Kriteriji za definiranje tijela podzemne vode koje su u riziku od pogoršanja količinskoga stanja	
Tijelo podzemne vode je trenutno u dobrom stanju	<p>17. Tijelo (grupa tijela) podzemne vode je u riziku ukoliko:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ količina (stvarnoga/zabilježenoga) godišnjega crpljenja podzemnih voda za različite namjene prelazi 75% obnovljivih zaliha podzemne vode unutar tijela (grupe tijela) podzemne vode ili</li> <li>○ analiza trendova na razini tijela (grupe tijela) podzemne vode mjerenih razina podzemne vode pokazuje značajni silazni trend razina koji je nedvojbeno posljedica prekomjernoga crpljenja podzemne vode ili</li> <li>○ analiza trendova (na razini svakoga pojedinoga crpilišta) stvarnih (trenutnih) i procijenjenih (planiranih budućih) crpljenih količina podzemnih voda pokazuje da će planirano crpljenje podzemnih voda za različite namjene premašiti obnovljive zalihe unutar dva ciklusa plana upravljanja (12 godina)</li> </ul>
Tijelo podzemne vode je trenutno u lošem stanju	<p>18. Tijelo (grupa tijela) podzemne vode je u riziku ukoliko:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ analiza trendova na razini tijela (grupe tijela) podzemne vode (mjerenih i ekstrapoliranih podataka o razinama) pokazuje da unutar idućega ciklusa plana upravljanja neće doći do promjene značajnoga silaznoga trenda razina podzemne vode za koji se nedvojbeno utvrdi da je posljedica prekomjernoga crpljenja podzemne vode za različite namjene ili</li> <li>○ ne postoje pouzdane procjene da će u idućem planskom razdoblju, u značajnoj mjeri, biti smanjeni pritisci (crpljenje) koji su doveli do lošega stanja tijela (grupe tijela) podzemne vode ili</li> <li>○ postoje pouzdane procjene da će u idućem planskom razdoblju, zbog utjecaja klimatskih promjena i/ili promjena korištenja zemljišta, biti značajno reducirano prihranjivanje podzemnih voda</li> </ul>

- c. Procjena rizika za nepostizanje cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko i količinsko)*“ provodi se za sva tijela (grupe tijela) podzemne vode. Tijela (grupe tijela) podzemne vode, koje su u postupku ocjene stanja ocjenjene da su u lošem stanju, označavaju se da su u riziku za nepostizanje ovoga cilja (vidi točku 9 ove metodologije). Postupak procjene rizika se provodi na identičan način kao postupak ocjene stanja, što znači da je potrebno provesti sve relevantne testove za ocjenu stanja (sukladno metodologiji opisanoj u CIS vodiču br. 18 (*Vodič o ocjeni stanja i trendova podzemnih voda*)). Pritom je, u postupku procjene rizika za kemijsko stanje, nužno definirati neko *početno referentno stanje* (engl. baseline condition). To drugim riječima znači određivanje početnih (temeljnih) vrijednosti koncentracija svih parametara koji doprinose da je tijelo (grupa tijela) podzemne vode u riziku, u odnosu na koje će se (analizom trendova parametara) utvrđivati promjena kemijskoga stanja. Potrebno je definirati *granične vrijednosti* (engl. threshold values) za sve

parametre koji doprinose riziku kako bi se napravila usporedba s podacima monitoringa stanja kakvoće. Pritom je potrebno definirati *granične vrijednosti* tako da iste pravodobno upućuju na postojanje rizika za bilo koji okolišni cilj ODV. To znači da *granične vrijednosti* za potrebe procjene rizika treba postaviti na 75% vrijednosti *graničnih vrijednosti* koje se koriste za ocjenu stanja, sukladno dodatku IV, dio B, Direktive za podzemne vode, koji navedeni postotak definira kao uobičajenu početnu točku za promjenu uzlaznih trendova. Za potrebe procjene rizika u odnosu na pojedine elemente stanja, moguće je koristiti različite vrijednosti *graničnih vrijednosti*, sukladno metodologiji definiranoj u CIS vodiču br. 18 (različiti testovi traže različite *granične vrijednosti*). U takvim slučajevima, *granične vrijednosti* za ocjenu rizika pojedinoga elementa stanja moraju biti postavljene na 75% vrijednosti *granične vrijednosti* koja se koristi u testu ocjene stanja. Sve dobivene pokazatelje kvantitativne analize potrebno je kombinirati s podacima o pritiscima (izvorima onečišćenja i crpljenjima), kartom prirodne ranjivosti i kartom osjetljivosti tla na pronos onečišćenja. Postojanje rizika bilo kojega elementa stanja (testa stanja), bilo kemijskoga ili količinskoga, ujedno znači da je tijelo (grupa tijela) u riziku od nepostizanja ovoga cilja.

- d. Procjena rizika za nepostizanje cilja „*implementiranje mjera za promjenu značajnih i stalnih uzlaznih trendova*“ provodi se analizom trendova (pokazatelja kemijskoga stanja) na način da se utvrđuje promjena stanja u odnosu na neku temeljnu vrijednost (engl. baseline condition), slično kao pod c., a osim toga, provodi se procjena vremena potrebnog za promjenu uzlaznoga trenda. U ovoj procjeni (trendova) potrebno je ekstrapolirati vremenske podatke kroz **najviše dva ciklusa** planova upravljanja vodnim područjem. Ukoliko ekstrapolirani podaci kroz dva planska ciklusa ukazuju da će doći do prekoračenja standarda kakvoće ili graničnih vrijednosti koje se koriste za ocjenu stanja, tada je tijelo podzemne vode u riziku. Pritom je potrebno voditi računa da se u obzir uzima utjecaj postojećega, ali i budućega korištenja zemljišta i pritiska (ukoliko su dostupni takvi podaci s visokom razinom pouzdanosti) koji mogu utjecati na procijenjene (ekstrapolirane) vrijednosti

trendova. Primjerice, ukoliko su dostupni budući klimatski podaci, moguće je uzeti u obzir utjecaj klimatskih promjena na trendove.

- e. Procjena rizika za nepostizanje cilja „*zadovoljenje zahtjeva ODV za zaštićena područja*“ ne provodi se zasebno, već se provodi u okviru procjene rizika za nepostizanje cilja „*postizanje dobrog stanja podzemnih voda (kemijsko i količinsko)*“. Relevantna zaštićena područja (u odnosu na podzemne vode) su: *zaštićena područja za pitke vode, značajni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama i ranjive zone na nitrate*.

### 15.3. Pristup procjeni rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

13. Procjena rizika provodi se kroz primjenu tzv. *slijednoga pristupa* (engl. tier approach), prema pristupu (djelomično modificiranom za potrebe provedbe procjene rizika u panonskom dijelu Hrvatske) predloženim CIS vodičem br. 26 i *CIS Tehničkim izvještajem o procjeni rizika za podzemne vode* iz 2004. godine. *Slijedni pristup* temelji se na jasnoj podjeli na tijela (grupe tijela) podzemnih voda za koje se može nedvojbeno utvrditi (s visokom razinom pouzdanosti) da su u riziku, odnosno da nisu u riziku. Za ona tijela (grupe tijela) podzemnih voda za koje su rezultati procjene rizika nepouzdana, provodi se daljnje prikupljanje podataka (o pritiscima, o kemijskom stanju, o hidrogeološkim značajkama i dr.). Prikupljanje i analiza novih podataka traje sve dok podaci nisu dovoljno kvalitetni da bi se na temelju njih izradila procjena rizika sa što višom razinom pouzdanosti. Konačni rezultati procjene rizika određuju se s određenom razinom pouzdanosti (visokom ili niskom) i prikazuju se tematskim kartama rizika (za količinsko i za kemijsko stanje). U nastavku su prikazane sve faze procjene rizika, koje se provode u okviru *slijednoga pristupa*, kao i njihov vremenski raspored u okviru svakoga ciklusa plana upravljanja (faze procjene rizika grafički su prikazane dijagramom toka na Slici 15.1):

- a. *Identifikacija potencijalno značajnih pokretača/pritisaka*. U postupku procjene rizika za kemijsko stanje, u ovoj fazi provodi se opis (karakterizacija) izvora onečišćenja (točkastih i plošnih) bez obzira na njihov stvarni utjecaj. U ovoj fazi

identificiraju se *potencijalno značajni izvori onečišćenja* kroz skupne (agregirane) podatke (primjerice: hektari obradivog zemljišta, gustoća populacije po određenoj površini i dr.). U formiranju skupnih (agregiranih) podataka o pritiscima, moguće je koristiti se listom glavnih skupina izvora onečišćenja i relevantnih pritisaka, koja je utvrđena u *CIS Tehničkom izvještaju o procjeni rizika za podzemne vode* iz 2004. godine (Dodatku 1 Tehničkog izvještaja). U pravilu, agregirani podaci o pritiscima dobivaju se iz dostupnih baza podataka, poput CORINE baze (podaci o načinu korištenja zemljišta) ili baze podataka nacionalnih agencija (Agencija za zaštitu okoliša, Hrvatske vode i dr.). Ti podaci se mogu uspoređivati sa skupnim (agregiranim) podacima monitoringa (ukoliko takvi podaci postoje). Ukoliko podaci monitoringa ukazuju da postoji vjerojatnost utjecaja sektorski grupiranih pritisaka (poljoprivreda, industrija, i sl.), tada se u sljedećoj fazi **(b)** identificiraju pojedinačni izvori onečišćenja i utvrđuje njihov značaj. U postupku procjene rizika za količinsko stanje, u ovoj fazi provodi se identifikacija i opis (karakterizacija) pritisaka koji utječu na: promjene razina podzemne vode, promjene smjera tečenja podzemne vode, prodore slane vode, ekološko ili kemijsko stanje kopnenih ili vodenih ekosustava ovisnih o podzemnim vodama. Pritisci mogu biti promjene u načinu korištenju zemljišta, primjerice crpljenje podzemnih voda, umjetno prihranjivanje ili reducirano prihranjivanje podzemnih voda zbog urbanizacije. Faza *Identifikacija potencijalno značajnih pokretača/pritisaka* u narednim ciklusima planova upravljanja vodnim područjima provodi se na početku svakoga novoga ciklusa (tijekom **prve godine**). Provodi se ažuriranje opisa (karakterizacija) postojećih te identifikacija novih skupnih izvora onečišćenja (točkastih i plošnih).

- b. *Identifikacija značajnih pritisaka (od izvora onečišćenja) i mogućih utjecaja na tijelo podzemnih voda i glavne prijamnike (ekosustavi i korištenje voda)*. Identifikacija značajnih pritisaka provodi se temeljem procjene količina (emisija) onečišćujućih tvari u podzemlje (u slučaju da ne postoje takvi podaci, temeljem gustoće i prostorne raspodjele pojedinih tipova izvora onečišćenja). Donošenje odluke radi li se o *značajnim pritiscima* koji mogu imati *značajan utjecaj* na tijelo podzemnih voda i značajne prijamnike (ekosustave, korištenje)

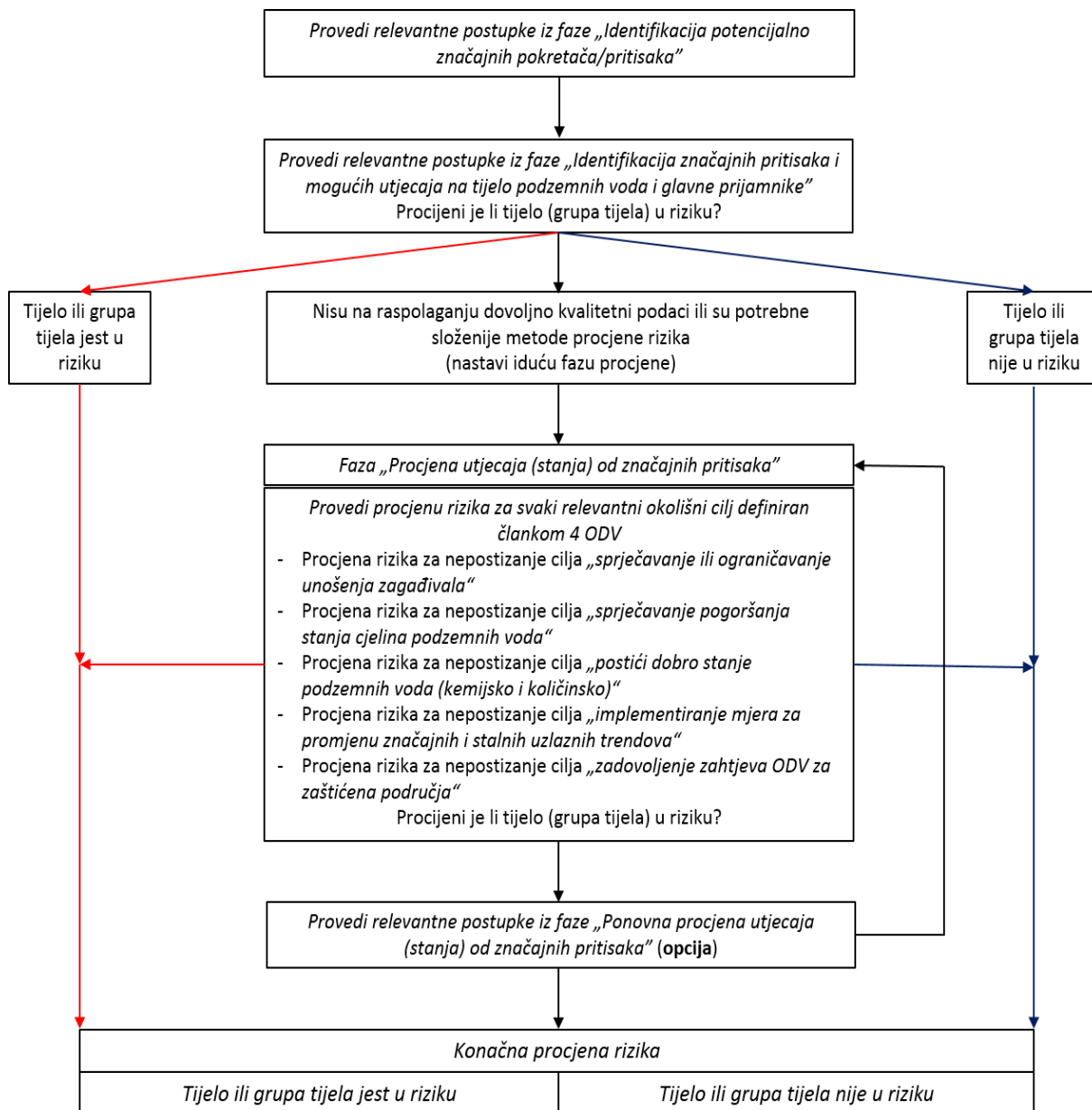
mora biti temeljeno na konceptualnom razumijevanju dinamike tečenja podzemnih voda i hidrogeokemijskih značajki vodonosne sredine. U ovoj fazi *kvalitativne procjene rizika (faza prethodne procjene* (engl. pre-assessment phase), prema metodologiji definiranoj CIS vodičem br. 26) potrebno je jasno razlučiti tijela ili grupe tijela podzemnih voda za koje se nedvojbeno (s visokom razinom pouzdanosti) može utvrditi da su u riziku, odnosno da nisu u riziku, temeljem dostupnih podataka pritisaka (izvora onečišćenja) i stanja (podataka iz nadzornoga monitoringa). Za tijela ili grupe tijela podzemnih voda, za koje je u *fazi prethodne procjene* utvrđeno da ne postoje dovoljno kvalitetni podaci ili su potrebne složenije metode procjene, provodi se sljedeća faza procjene utjecaja (stanja) od *značajnih pritisaka*. Faza *Identifikacija značajnih pritisaka i mogućih utjecaja na tijelo podzemnih voda i glavne prijamnike* u narednim ciklusima planova upravljanja vodnim područjima provodi se tijekom **prve ili druge godine** svakoga novoga ciklusa. Provodi se ažuriranje opisa (karakterizacija) postojećih i identifikacija novih pojedinačnih i značajnih izvora onečišćenja (točkastih i plošnih) te karakterizacija rizika za tijela ili grupe tijela podzemnih voda za koje se nedvojbeno (s visokom razinom pouzdanosti) može utvrditi da su u riziku.

- c. *Procjena utjecaja (stanja) od značajnih pritisaka*. U ovoj fazi (*faza procjene* (engl. assessment phase) prema metodologiji definiranoj CIS vodičem br. 26) provodi se (po potrebi) daljnje prikupljanje i kategoriziranje podataka o pritiscima i stanjima. Temeljni cilj ove faze je provesti procjenu rizika za svaki relevantni okolišni cilj definiran člankom 4 ODV (vidi točku 12a.-e.). Ukupni rizik za određeno tijelo podzemnih voda izražava se kao najlošiji rezultat procjene rizika za relevantne okolišne ciljeve. Provodi se usporedba pokazatelja monitoringa sa standardima kakvoće i/ili graničnim vrijednostima parametara koji doprinose da je tijelo podzemne vode u riziku ili kroz primjenu složenih (numeričkih modela), naročito u slučaju potrebe procjene rizika za količinsko stanje. Provodi se analiza trendova na pokazateljima koji doprinose riziku s ciljem identifikacije značajnih uzlaznih trendova. Ukoliko rezultati ovih analiza ukazuju na mogući značajan utjecaj na stanje tijela ili grupa tijela podzemnih voda (ekosustavi i korištenje), ove rezultate potrebno je verificirati

konceptualnim modelom (pritisaka, tečenja ili transporta) određenoga vodnoga tijela, koji može, ukoliko je to potrebno, uključivati i numeričke modele toka i transporta, kako bi se utvrdila uzročno-posljedična veza između pritisaka i stanja. U slučaju da je za određeno tijelo podzemnih voda utvrđeno da postoje značajni pritisci, ali ne postoje ili nisu odgovarajuće kvalitete podaci monitoringa, tada je moguće da se za to tijelo preuzmu rezultati procjene rizika nekoga drugoga tijela (koje pripada istoj grupi tijela i za koje postoje pokazatelji stanja temeljem podataka monitoringa), sa istom ili sličnom tipologijom vodonosnika i vrstom pritisaka. Ukoliko za određeno tijelo ili grupu tijela ne postoji dovoljno podataka iz monitoringa, tada se može odrediti *potencijalni utjecaj* na tijelo podzemnih voda, na način da se *značajni pritisci* (karte hazarda) kombiniraju s pokazateljima (kartama) prirodne ranjivosti podzemne vode. Za količinske pritiske, poput crpljenja podzemne vode, *potencijalni utjecaj* se određuje kroz pokazatelje snižavanja razina podzemnih voda ili smanjenja otjecanja. Za tu svrhu koristi se konceptualni model (toka podzemne vode) i vodna bilanca. U pravilu, ova faza traje toliko dugo koliko je potrebno da se za sva tijela (grupe tijela) napravi procjena rizika s prihvatljivom razinom pouzdanosti. Iznimno, ukoliko niti nakon dodatnoga prikupljanja podataka monitoringa pritisaka i stanja nije moguće prikupiti pouzdane podatke za procjenu rizika, tada se u postupku procjene koristi pristup pod nazivom: „*težina dokaza*“ (engl. weight of evidence), prema metodologiji definiranoj CIS vodičem br. 26, koji podrazumijeva korištenje dostupnih podataka s ciljem definiranja najvjerojatnijega scenarija (rizika). U svim slučajevima u kojima je ocjenjeno da je kvaliteta podataka za potrebe procjene rizika loša ili podataka nema, tada se, sukladno „principu predostrožnosti“, tijelo (grupa tijela) podzemne vode označava da je u riziku (s određenom razinom pouzdanosti, visokom ili niskom). Faza *Procjena utjecaja (stanja) od značajnih pritisaka* u narednim ciklusima planova upravljanja vodnim područjima provodi se tijekom **treće i četvrte godine** svakoga novoga ciklusa. Provodi se: ažuriranje postojećih i prikupljanje novih podataka o pritiscima i stanjima (kroz nadzorni i operativni monitoring), provjera postojećih te po potrebi ažuriranje i određivanje novih

*graničnih vrijednosti* za procjenu rizika te procjena rizika za sva tijela (grupe tijela) podzemne vode.

- d. *Ponovna procjena utjecaja (stanja) od značajnih pritisaka (Opcija)*: ukoliko rezultati *faze prethodne procjene* ili *faze procjene* ukazuju na mogućnost da su značajni rizici za kemijsko i količinsko stanje prisutni u nekom određenom osnovnom tijelu neke grupe tijela, tada je moguće iz grupe tijela izdvojiti osnovno tijelo koja je *potencijalno u riziku*. Procjena rizika provodi se ponovno, i to posebno, kako za novo formiranu grupu tijela (bez izdvojenoga osnovnog tijela), tako i za osnovno tijelo koje je potencijalno u riziku. Pritom je moguće koristiti složene kvantitativne analize, primjerice numeričko modeliranje toka i transporta onečišćenja, kako bi se definirale specifične kontrolne mjere i ciljani monitoring (operativni ili istraživački) za tijelo podzemne vode koje je u riziku ili za koje je potrebno postaviti manje stroge ciljeve, sukladno zahtjevima ODV. Faza *Ponovna procjena utjecaja (stanja) od značajnih pritisaka* u narednim ciklusima planova upravljanja vodnim područjima provodi se, po potrebi, tijekom **četvrte ili pete godine** svakoga novoga ciklusa.



Slika 15.1. Slijedni pristup procjeni rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskoga stanja tijela (grupa tijela) podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske



16. Analiza opterećenja i utjecaja ljudskih djelatnosti na podzemne vode iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja

## Sadržaj

16. Analiza opterećenja i utjecaja ljudskih djelatnosti na podzemne vode iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja .....	16-1
16.1. Metodologija .....	16-1
16.2. Značajni točkasti izvori onečišćenja .....	16-1
16.3. Značajni raspršeni izvori onečišćenja .....	16-8

## 16. Analiza opterećenja i utjecaja ljudskih djelatnosti na podzemne vode iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja

### 16.1. Metodologija

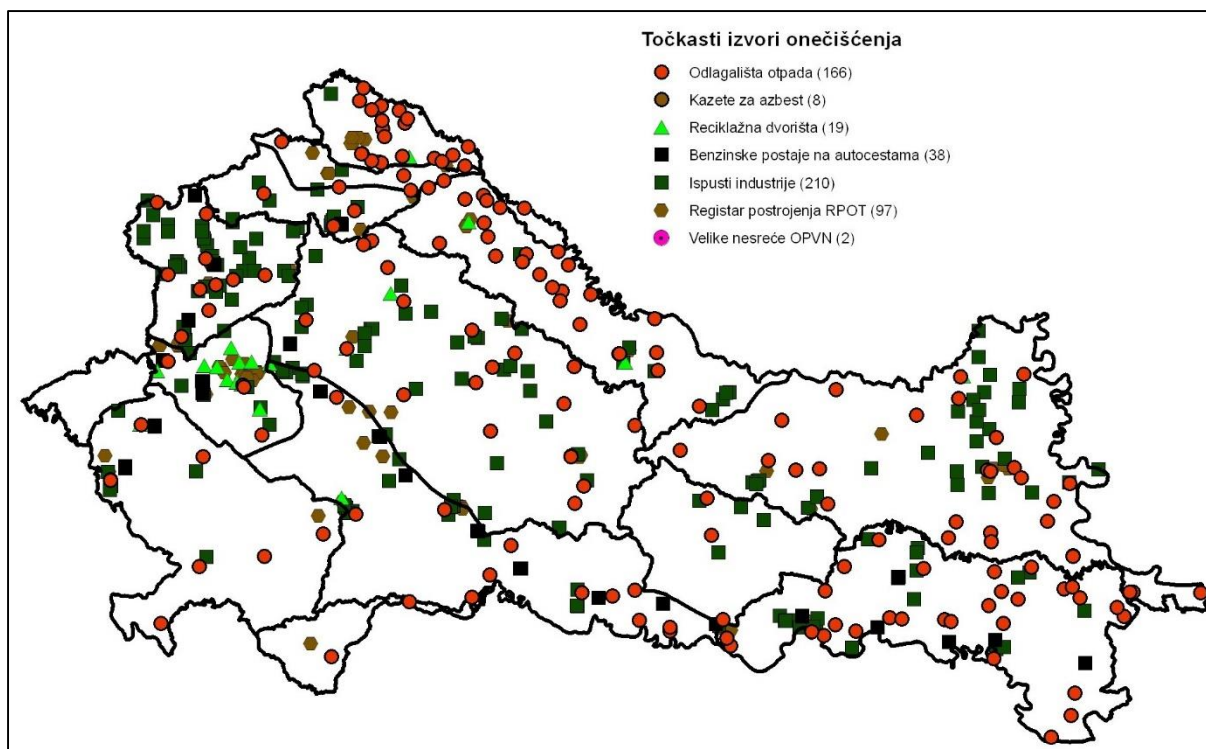
Za svako od tijela (grupe tijela) podzemne vode provedena je analiza opterećenja i utjecaja ljudskih djelatnosti na podzemne vode. Raspoloživi izvori onečišćenja su grupirani su u skupine točkastih i raspršenih izvora, a svi raspoloživi podaci su kao slojevi uneseni u GIS projekt.

U grupu točkastih izvora svrstana su odlagališta otpada, reciklažna dvorišta, benzinske postaje na autocestama, ispusti industrije, podaci iz registra postrojenja, kazete za azbest i velike nesreće. Industrijski objekti su osim kao ispusti, promatrani i kao raspršeni (plošni) izvori onečišćenja u okviru industrijskih ili komercijalnih objekata izdvojenih u CORINE Land Cover Hrvatska (CLC Hrvatska) sloju iz 2012. godine.

### 16.2. Značajni točkasti izvori onečišćenja

Točkasti izvori onečišćenja, njih ukupno 540, prikazani su na Slici 16.1 i to su redom:

- odlagališta otpada (166),
- reciklažna dvorišta (19),
- ispusti industrije (210),
- registar postrojenja (97),
- kazete za azbest (8),
- benzinske postaje na autocestama (38) i
- velike nesreće (2).



Slika 16.1. Prostorna distribucija točkastih izvora onečišćenja

Odlagališta, njih ukupno 166, svrstana su u 3 kategorije:

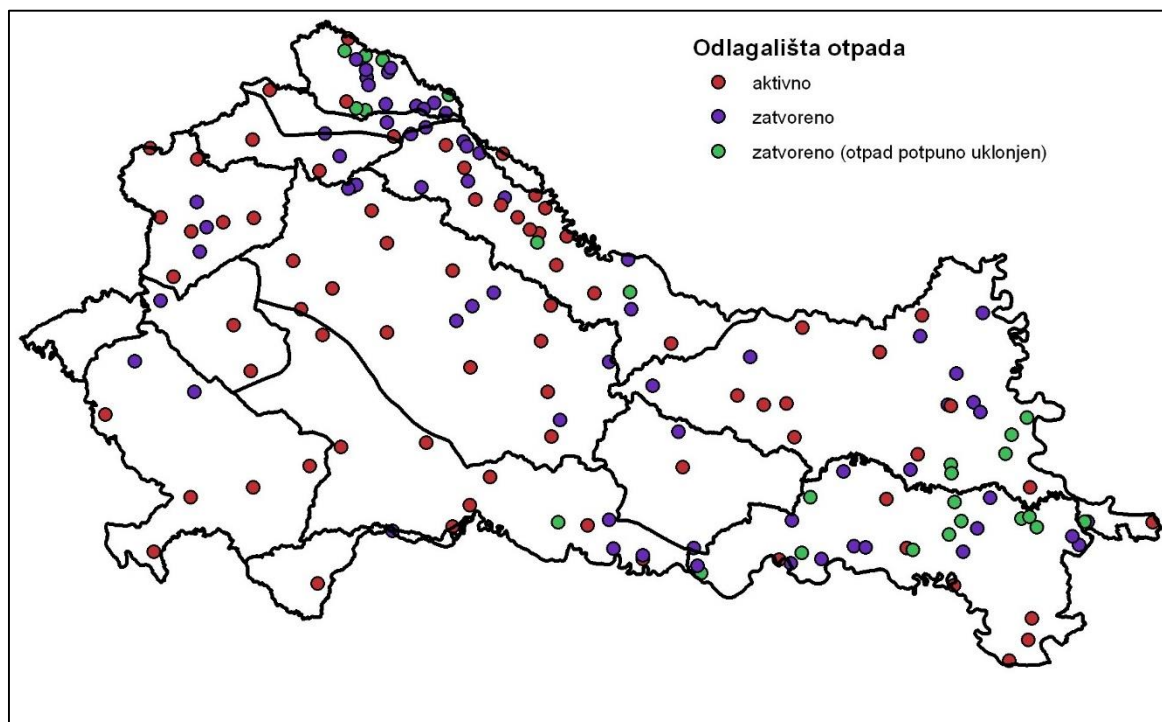
- 1) aktivna odlagališta (74)
- 2) zatvorena odlagališta (65) i
- 3) zatvorena odlagališta (otpad potpuno uklonjen) (27)

Podaci su dobiveni od Agencije za zaštitu okoliša (odnedavno Hrvatske agencije za okoliš i prirodu). Ti dostavljeni podaci se odnose na službena odlagališta, tj. odlagališta koja ispunjavaju neke od sljedećih kriterija:

- predviđena su prostorno planskim dokumentima,
- posjeduju neke od dozvola, rješenja ili/i odluka nadležnih tijela ili je postupak ishođenja istih započeo,
- djeluju uz znanje tijela nadležne lokalne samouprave ili u dogovoru s njim.

Na upit, nisu dobiveni podaci o potencijalnim odlagalištima jer Agencija raspolaže isključivo podacima o postojećim odlagalištima. Prostorna distribucija odlagališta otpada

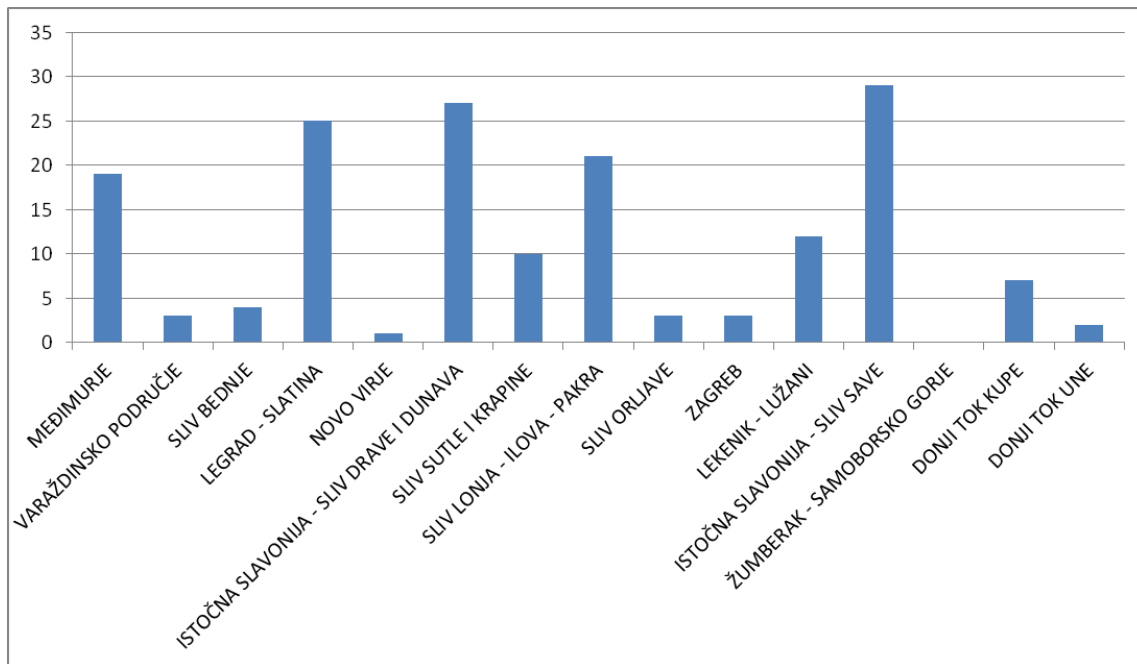
prikazana je na Slici 16.2, a broj odlagališta unutar grupiranih tijela podzemne vode u Tablici 16.1 i na Slici 16.3.



Slika 16.2. Prostorna distribucija odlagališta otpada

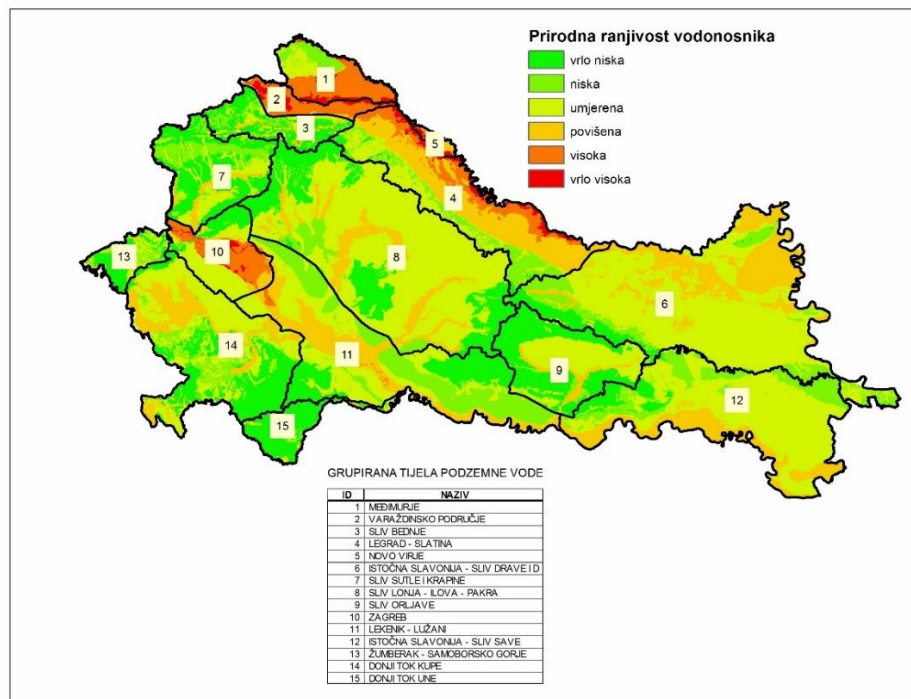
Tablica 16.1. Broj odlagališta u grupiranim tijelima podzemne vode

GTPV_KOD	NAZIV	BROJ ODLAGALIŠTA
CDGI_18	MEĐIMURJE	19
CDGI_19	VARAŽDINSKO PODRUČJE	3
CDGI_20	SLIV BEDNJE	4
CDGI_21	LEGRAD - SLATINA	25
CDGI_22	NOVO VIRJE	1
CDGI_23	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	27
CSGI_24	SLIV SUTLE I KRAPINE	10
CSGN_25	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	21
CSGN_26	SLIV ORLJAVE	3
CSGI_27	ZAGREB	3
CSGI_28	LEKENIK - LUŽANI	12
CSGI_29	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE	29
CSGI_30	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	-
CSGI_31	DONJI TOK KUPE	7
CSGI_32	DONJI TOK UNE	2



Slika 16.3. Brojnost odlagališta otpada

U daljnjoj analizi promatrana je prirodna ranjivost vodonosnika. Prostorni raspored prirodne ranjivosti vodonosnika prikazan je na Slici 16.4, a površinski udjeli na grupiranim tijelima podzemne vode u Tablici 16.2.



Slika 16.4. Karta prirodne ranjivosti na području panonskog dijela RH (Hrvatski geološki institut, 2009)

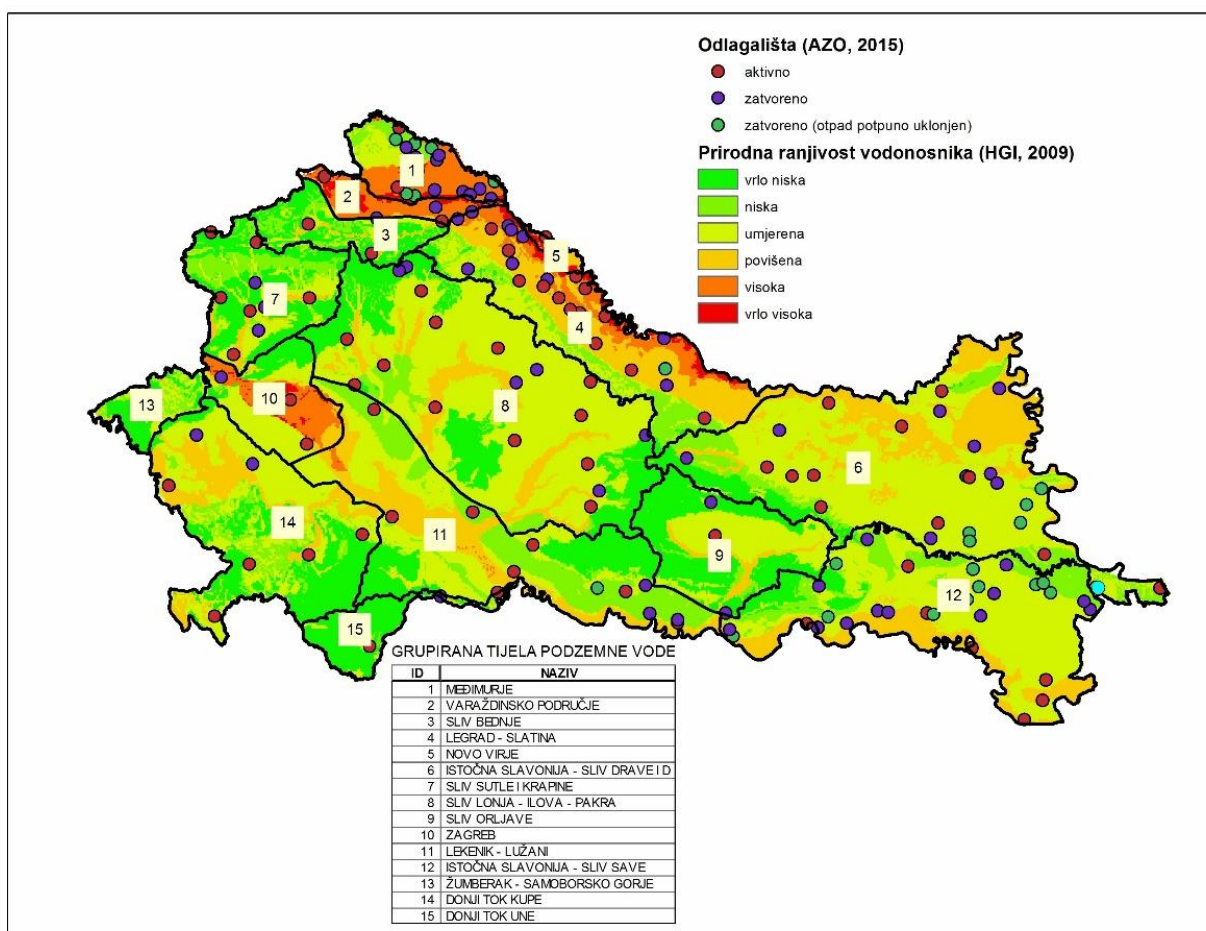
Tablica 16.2. Površinski udjeli kategorija prirodne ranjivosti vodonosnika u pojedinim grupama vodnih tijela podzemnih voda

GRUPIRANO TIJELO PV	površina (km <sup>2</sup> )	KATEGORIJE RANJIVOSTI (udio u površini, %)					
		vrlo niska	niska	umjerena	povišena	visoka	vrlo visoka
MEĐIMURJE	746,83	-	19,9	17,0	1,0	51,6	10,5
VARAŽDINSKO PODRUČJE	402,11	0,6	0,3	0,1	5,5	66,3	27,2
SLIV BEDNJE	724,92	52,1	21,8	17,9	8,2	-	-
LEGRAD - SLATINA	2.370,58	2,6	15,7	18,0	41,2	16,4	6,1
NOVO VIRJE	97,3	-	-	-	48,8	19,4	31,8
ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	5.010,97	5,5	10,7	58,4	25,4	-	-
SLIV SUTLE I KRAPINE	1.405,99	45,8	24,7	21,8	7,6	0,1	-
SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	5.188,11	20,7	6,7	62,0	10,6	-	-
SLIV ORLJAVE	1.575,64	52,2	4,3	36,2	7,3	-	-
ZAGREB	987,91	15,5	1,1	35,3	8,3	33,3	6,5
LEKENIK - LUŽANI	3.445,60	17,2	28,9	31,6	21,4	0,9	-
ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE	3.329,40	6,3	17,4	57,7	18,3	0,3	-
ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	443,47	36,3	23,8	35,2	4,7	-	-
DONJI TOK KUPE	2.871,41	29,0	13,0	38,5	19,5	-	-
DONJI TOK UNE	540,78	82,4	7,8	6,7	3,1	-	-

Grupirana tijela podzemne vode Međimurje i Legrad - Slatina imaju velik broj odlagališta i to se na žalost podudara s njihovim rizikom nepostizanja dobrog kemijskog stanja. K tome, Međimurje ima i visoku i vrlo visoku prirodnu ranjivost dok Legrad-Slatina ima povišenu do visoku prirodnu ranjivost.

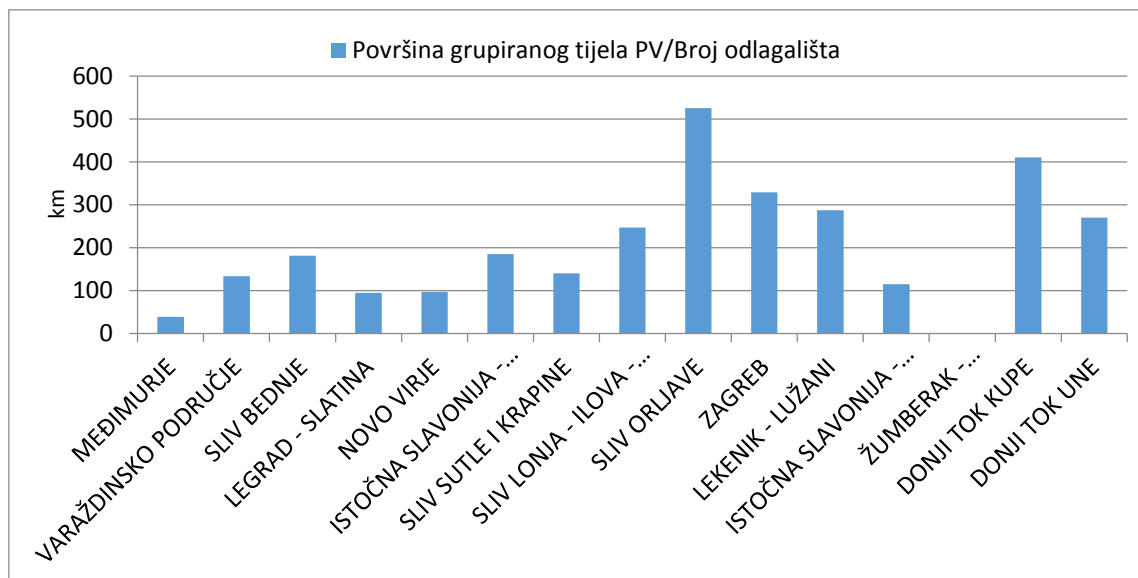
Broj odlagališta je također u porastu jer je primjerice 2009. godine Međimurje imalo 3 registrirana odlagališta dok ih danas ima 19. Grupirano tijelo podzemne vode Legrad - Slatina je imalo 11 odlagališta dok ih danas ima 25. Varaždin ima visoku i vrlo visoku prirodnu ranjivost i dobro je što nema veći broj odlagališta, ima ih samo 3. Zagreb ima visoku prirodnu ranjivost i također je dobro da nema veći broj odlagališta, broj je smanjen s 4 na 3 odlagališta. U grupiranom tijelu podzemne vode Istočna Slavonija – sliv Save je u odnosu na 2009-u godinu povećan broj odlagališta s 27 na 29, ali to je na žalost očekivano, tamo su od 2009. godine najavljena 3 nova odlagališta.

Odnos površine grupiranih tijela podzemne vode i broja postojećih odlagališta otpada najnepovoljniji je na području cjeline Međimurje, gdje jednom odlagalištu odgovara 40-ak km<sup>2</sup>. Slijede Legrad - Slatina s 95 km<sup>2</sup>, Novo Virje (samo jedno odlagalište, mala površina cjeline) s 97 km<sup>2</sup> te Istočna Slavonija – sliv Save sa 115 km<sup>2</sup> i Varaždinsko područje sa 134 km<sup>2</sup>. Povoljna je situacija u grupiranim tijelima podzemne vode Donji tok Une, Lekenik – Lužani, Zagreb, Donji tok Kupe i Sliv Orpljave gdje jednom odlagalištu odgovara više od 250 km<sup>2</sup>. Ovo je vidljivo iz Slika 16.5 i 16.6.



Slika 16.5. Karta prirodne ranjivosti s prostornim rasporedom odlagališta

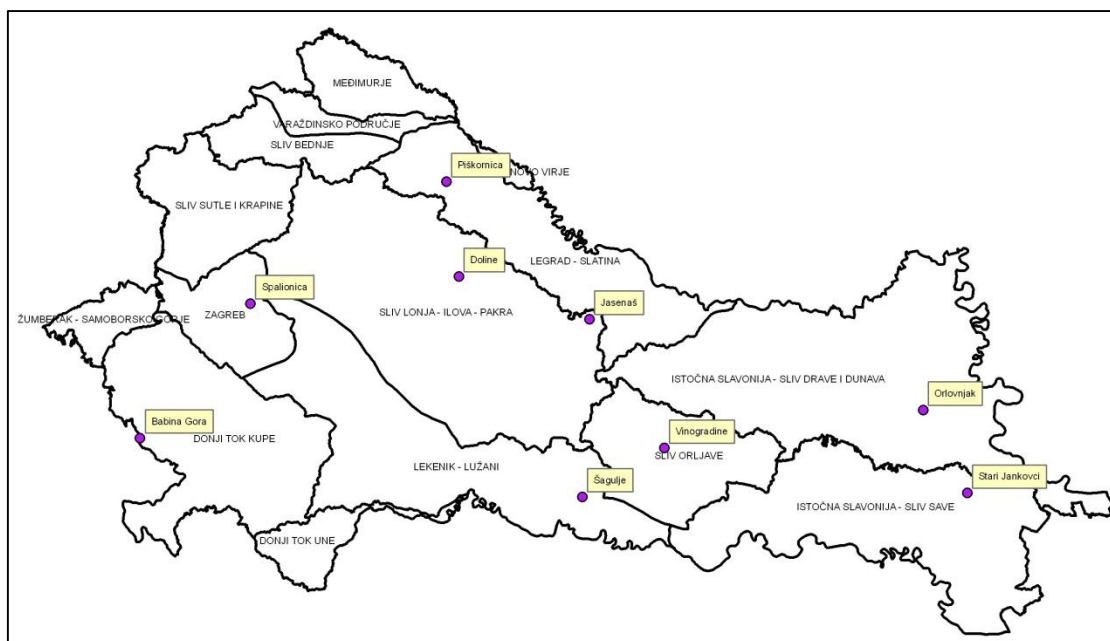




Slika 16.6. Rasprostranjenost postojećih odlagališta otpada

Postojeća odlagališta otpada posebno se ističu s aspekta rizika od onečišćenja podzemne vode jer mnoga od njih ne zadovoljavaju uvjete propisane za sanitarna odlagališta otpada te zato predstavljaju značajne izvore štetnih tvari širokog spektra. Mnoga od tih odlagališta nisu do 2011. godine imala još niti uporabnu dozvolu. Rizik od onečišćenja podzemne vode procjedom vodama dodatno je potenciran na područjima koja su karakterizirana povišenim stupnjem prirodne ranjivosti vodonosnika.

U budućnosti će se formiranjem novih odlagališta, koja se trenutno vode kao potencijalna, ujednačiti prostorna distribucija odlagališta. Također, postoje i planirane lokacije Centara za gospodarenje otpadom (CGO) navedene u Nacrtu Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2015.-2021. koji je stavljen u postupak Strateške procjene utjecaja na okoliš (Slika 16.7).



Slika 16.7. Približne lokacije (indikatori) planiranih CGO

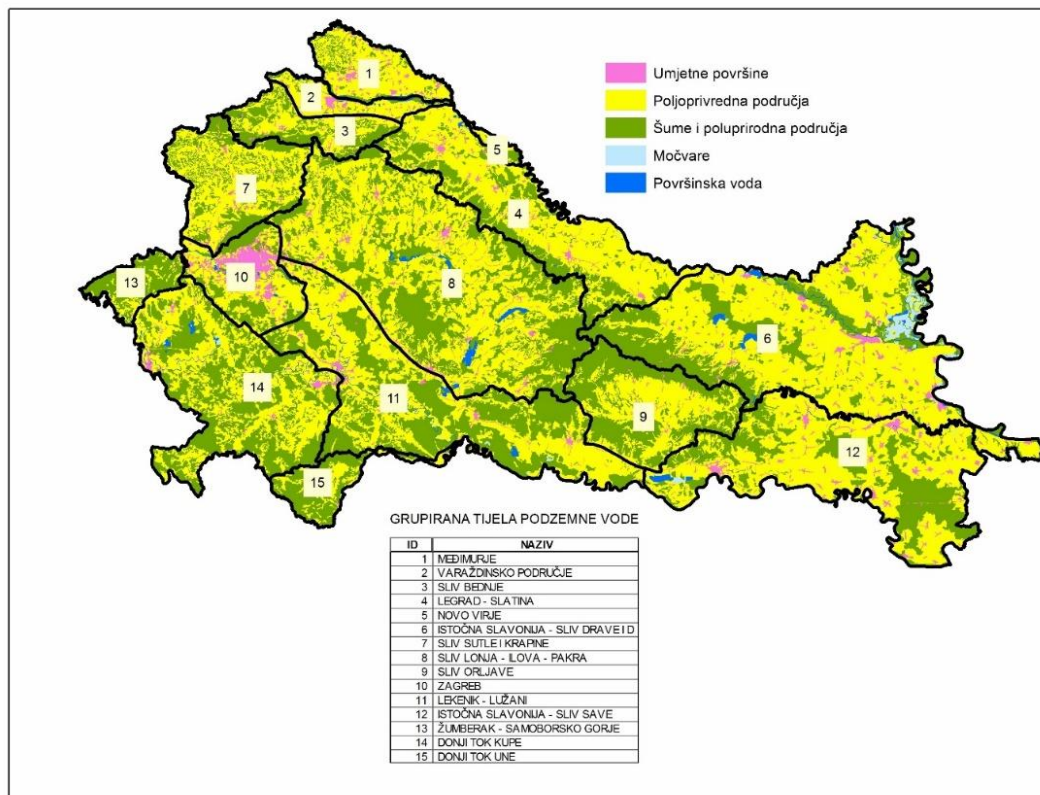
### 16.3. Značajni raspršeni izvori onečišćenja

Kategorizacija i prostorna distribucija raspršenih izvora onečišćenja učinjena je na temelju CORINE Land Cover podloge ali u značajnijoj mjeri korištenjem GIS slojeva iz Projekta „Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj“ koji je izradio Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu 2014. godine.

Izvorni CORINE GIS sloj obuhvaća podjelu u 38 kategorija a za potrebe projektnog zadatka su provedena grupiranja pojedinih kategorija u pet grupa kategorija.

Tako su u grupu kategorija *Umjetne površine* uključeni elementi korištenja prostora: cjelovita gradska područja, nepovezana gradska područja, industrijski ili komercijalni objekti, cestovna i željeznička mreža i pripadajuće zemljište, zračne luke, mjesta eksploatacije mineralnih sirovina, odlagališta otpada, gradilišta, zelene gradske površine i sportsko rekreacijske površine. U grupu kategorija *Poljoprivredna područja* uključeni su: pretežno poljoprivredno zemljište sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova, mozaik poljoprivrednih površina, nenavodnjavano obradivo zemljište, vinogradi, voćnjaci i pašnjaci. U grupu kategorija *Šume i poluprirodna područja* uključene su bjelogorična šuma, crnogorična šuma, mješovita šuma i sukcesija šume (zemljišta u zarastanju). U grupu kategorija *Močvare*

uvrštene su samo kopnene močvare. Grupu kategorija *Površinska voda* čine vodotoci i vodna tijela (Slika 16.8).



Slika 16.8. Prostorni raspored pojedinih grupa kategorija korištenja prostora

Iz Slike 16.8 vidljivo je da poljoprivreda i šume zauzimaju glavninu prostora panonskog dijela RH. Na 8 od ukupno 15 cjelina podzemne vode prevladavaju poljoprivredne površine: Istočna Slavonija-sliv Drave i Dunava, Istočna Slavonija-sliv Save, Legrad-Slatina, Međimurje, Sliv Lonja-Ilova-Pakra, Sliv Sutle i Krapine, Varaždinsko područje i Zagreb. Na ostalima dominiraju površine pod šumama.

S obzirom na prostornu zastupljenost i količinu postojećeg ili mogućeg utjecaja na kakvoću podzemne vode posebno su razmotrene sljedeće kategorije CORINE-a, ujedno kao kategorije raspršenih izvora:

- poljoprivreda
- naselja
- industrija

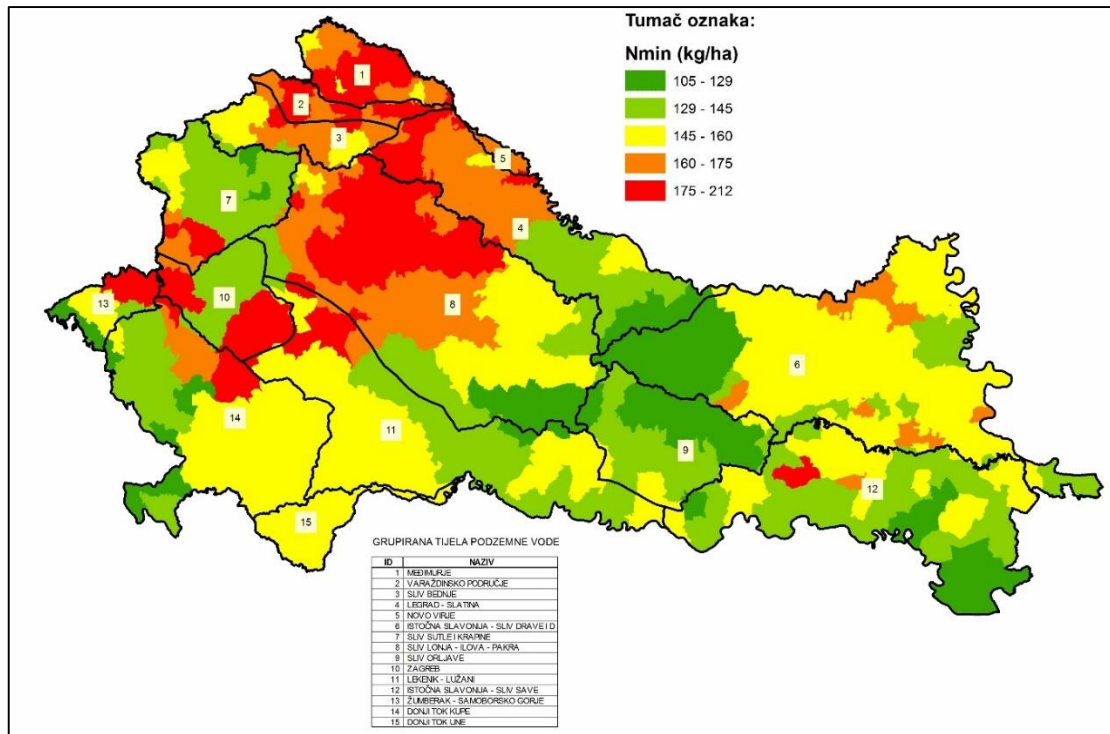
Udjeli tih kategorija u ukupnim površinama grupiranih tijela podzemne vode prikazani su u Tablici 16.3.

Tablica 16.3. Površinski udjeli CORINE kategorija raspršenih izvora u pojedinim grupiranim tijelima podzemne vode

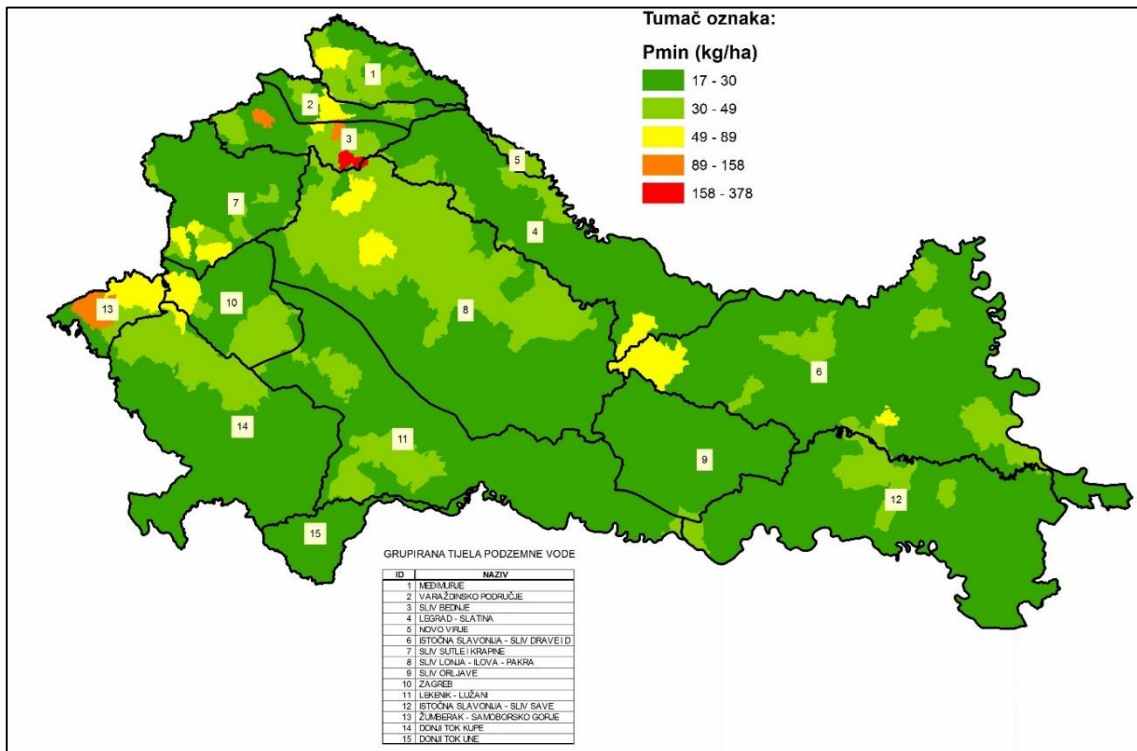
RBR	GRUPIRANO TIJELO PODZEMNE VODE	Udio u površini (%)			
		Naselja	Industrija	Naselja+Industrija	Poljoprivreda
1	MEĐIMURJE	6,1	0,5	6,6	65,1
2	VARAŽDINSKO PODRUČJE	7,7	1,1	8,8	66,0
3	SLIV BEDNJE	1,8	0,2	2,0	30,7
4	LEGRAD - SLATINA	2,5	0,9	3,4	59,5
5	NOVO VIRJE	1,5	-	1,5	43,5
6	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	3,0	0,2	3,2	61,3
7	SLIV SUTLE I KRAPINE	2,1	0,3	2,4	44,8
8	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	2,4	0,1	2,5	48,3
9	SLIV ORLJAVE	1,1	0,1	1,2	40,6
10	ZAGREB	18,4	2,4	20,8	43,3
11	LEKENIK - LUŽANI	2,2	0,3	2,5	40,4
12	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE	3,9	0,2	4,0	59,5
13	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	0,4	0,0	0,4	22,5
14	DONJI TOK KUPE	1,6	0,2	1,8	39,8
15	DONJI TOK UNE	0,5	-	0,5	28,1

Pet grupa tijela podzemne vode Međimurje, Varaždinsko područje, Legrad-Slatina, Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava te Istočna Slavonija - sliv Save ima više od 50% površine pod poljoprivredom. Grupa tijela podzemne vode Zagreb s druge strane ima uvjerljivo najveći udio naseljenog i industrijskog područja, čak 20%. U tim brojkama treba tražiti razloge za rizik postizanja kemijskog stanja na području grupiranih tijela podzemne vode: Međimurje, Varaždinsko područje, Legrad-Slatina i djelomično Zagreb.

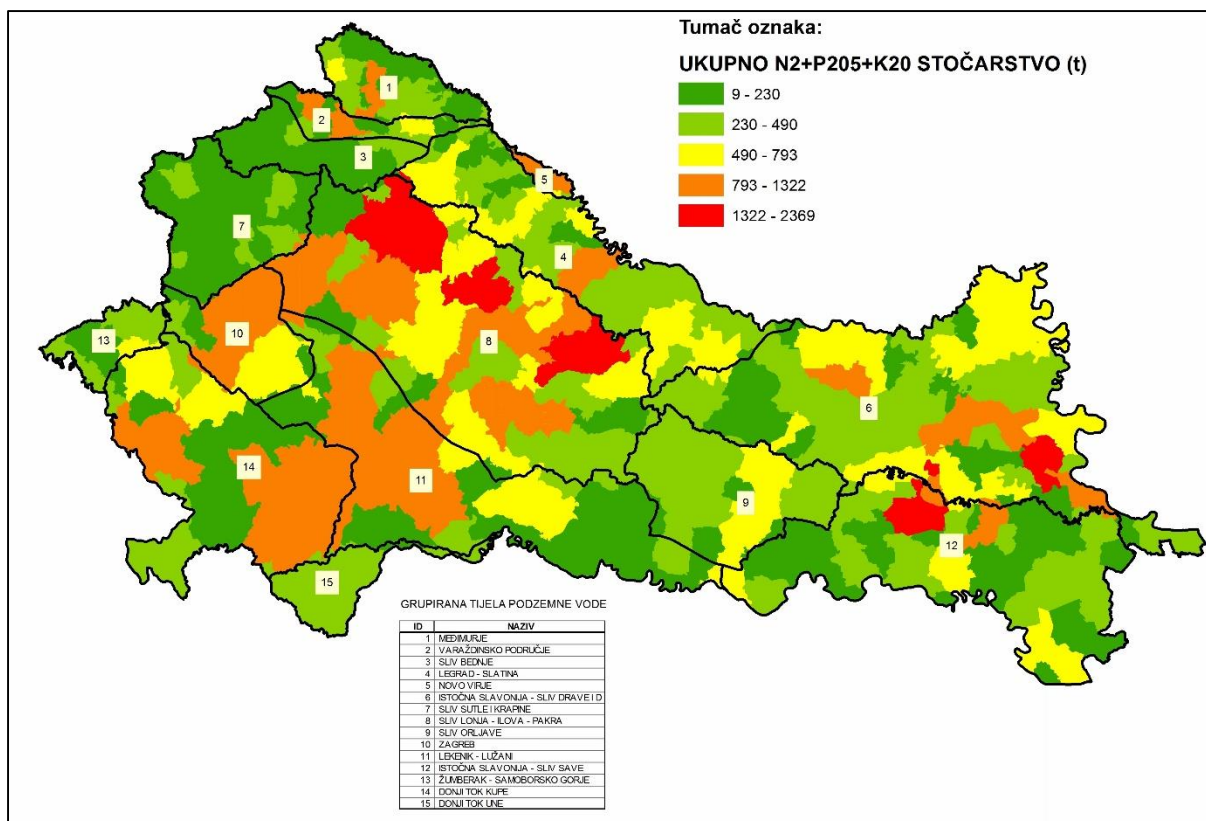
Nadalje, razmatrani su podaci iz Projekta Agronomskog fakulteta, točnije svi GIS slojevi koji se odnose na raspršene izvore onečišćenja (Slike 16.9 do 16.11) (Agronomski fakultet, 2014).



Slika 16.9. Minimalna količina aplikacije ukupnog dušika na obrađeno poljoprivredno zemljište (kg/ha)



Slika 16.10. Minimalna količina aplikacije mineralnog fosfora na obrađeno poljoprivredno zemljište (kg/ha)



Slika 16.11. Procijenjena količina proizvedenog N, K<sub>2</sub>O i P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> od broja uvjetnih grla (t)

17. Procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i  
količinskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima u  
panonskom dijelu Republike Hrvatske

## Sadržaj

17. Procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	17-1
17.1. Procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga stanja .....	17-1
17.2. Procjena rizika od nepostizanja dobrog količinskoga stanja.....	17-9



## 17. Procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima u panonskom dijelu Republike Hrvatske

### 17.1. Procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga stanja

Procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskog stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske provedena je prema pristupu iz poglavlja 15 te korištenjem konceptualnih modela. Postupak procjene rizika proveden je temeljem podataka motrenja kemijskoga stanja, podataka o pritiscima i podataka o prirodnoj ranjivosti. U postupku procjene rizika korišteni su istovrsni podaci i elementi stanja koji su korišteni i u postupku ocjene stanja (podaci motrenja, granične vrijednosti, analiza trendova, procjena elementa stanja za svaki značajan prijamnik). Prilikom procjene rizika korišten je „*princip predostrožnosti*“, što u naravi znači da određeno tijelo može biti u riziku, iako je trenutno u dobrom stanju. Procjena rizika provedena je za relevantne okolišne ciljeve definirane člankom 4 ODV, a to su: „*sprječiti pogoršanje stanja tijela podzemnih voda*“; „*postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko)*“.

Konačni rezultat procjene rizika određen je s određenom razinom pouzdanosti (visokom ili niskom). U svim slučajevima kada je ocijenjeno da je kvaliteta podataka za potrebe procjene rizika loša ili podataka nema, tada je, sukladno „*principu predostrožnosti*“, određeno tijelo podzemne vode označeno da je u riziku s niskom razinom pouzdanosti. Sva ona tijela koja su ocijenjena da su u lošem stanju ujedno su označena da su u riziku od nepostizanja cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko)*“.

Procjena rizika od nepostizanja cilja „*sprječavanje pogoršanja stanja tijela podzemnih voda*“ provedena je temeljem kriterija za karakterizaciju rizika od pogoršanja stanja, posebno za tijela podzemne vode koja su u dobrom, odnosno u lošem stanju, za sve one parametre koji se javljaju kao posljedica djelovanja izvora onečišćenja i mogu utjecati na pogoršanje kemijskoga stanja. Za tijela podzemne vode, koja su ocijenjena da su u dobrom stanju, primijenjen je kriterij prema kojem su ista u riziku, s niskom razinom pouzdanosti, ukoliko srednje vrijednosti koncentracija barem jednoga parametra prelaze:

- standard kakvoće podzemnih voda ili graničnu vrijednost promatranoga parametra za ocjenu kemijskoga stanja na barem jednoj lokaciji mjerne postaje i

- 75% vrijednosti standarda kakvoće podzemnih voda ili 75% graničnih vrijednosti promatranoga parametra za ocjenu stanja na razini tijela podzemnih voda (TPV).

Za tijela podzemne vode, koja su ocijenjena da su u lošem stanju, primjenjen je kriterij prema kojem su ista u riziku s visokom razinom pouzdanosti ukoliko je vrlo izvjesno da u idućem planskom razdoblju, u značajnoj mjeri ili u cijelosti, neće biti uklonjeni pritisci koji su doveli do lošega stanja tijela podzemne vode. Za TPV, koja su ocijenjena da su u lošem stanju, primijenjen je kriterij prema kojem su ista u riziku s niskom razinom pouzdanosti ukoliko se može očekivati, zbog očekivanih pozitivnih utjecaja predloženih mjera, da bi u idućem planskom razdoblju u značajnoj mjeri mogli biti uklonjeni pritisci koji su doveli do lošega stanja tijela podzemne vode.

Procjena rizika od nepostizanja cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko)*“ provedena je na identičan način kao postupak ocjene stanja, kroz provedbu relevantnih testova. U postupku procjene rizika definirane su granične vrijednosti (detaljno prikazane u poglavlju 9) za sve parametre koji doprinose riziku, kako bi se napravila usporedba s podacima motrenja stanja kakvoće. Pritom su granične vrijednosti postavljene na 75% vrijednosti graničnih vrijednosti koje su korištene za ocjenu stanja. Svi dobiveni pokazatelji kvantitativne analize iz postupka procjene rizika (Tablice 17.1 i 17.2) kombinirani su s podacima o pritiscima (izvorima onečišćenja i crpljenjima podzemne vode) i kartom prirodne ranjivosti. Postojanje rizika bilo kojega elementa stanja (testa stanja) značilo je da je tijelo podzemne vode u riziku od nepostizanja cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko i količinsko)*“. Konačni rezultat procjene rizika za nepostizanje ovoga cilja definiran je s određenom razinom pouzdanosti (visokom ili niskom), na identičan način kao i u postupku ocjene kemijskoga stanja.

Tablica 17.1. Prikaz rezultata agregiranja podataka i usporedbe s graničnim vrijednostima za pojedini parametar za potrebe provedbe testova Ocjena opće kakvoće i Test prodor slane vode

Broj grupiranog vodnog tijela	Grupirano vodno tijelo	Kritičan parametar	Broj kvartala	Broj kritičnih kvartala		Napomena	
				Test prodor slane vode ili drugih prodora	Test Ocjena Opće kakvoće		
1	Međimurje	Mangan	9	3	1	-	
		Nitrati	18	-	5	-	
		Sulfati	18	4	0	-	
		Željezo	17	1	0	-	
2	Varaždinsko područje	Mangan	19	15	15	-	
		Nitrati	19	-	16	-	
		Sulfati	19	3	0	-	
		Željezo	19	6	1	-	
3	Sliv Bednje	-	-	-	-	Nema podataka	
4	Legrad - Slatina	Arsen	8	1	1	-	
		Kloridi	10	0	0	-	
		Mangan	9	0	0	-	
		Nitrati	7	-	0	-	
5	Novo Virje	Željezo	10	0	0	-	
		-	-	-	-	Nema podataka	
		Amonij	14	-	1	-	
		Arsen	12	7	7	-	
6	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Električna vodljivost	14	0	0	-	
		Kloridi	14	12	0	-	
		Mangan	14	1	1	-	
		Nitrati	7	-	5	-	
		pH	14	-	0	-	
		Sulfati	13	13	0	-	
		Željezo	14	6	6	-	
		-	-	-	-	-	
7	Sliv Sutle i Krapine	Kloridi	3	0	-	-	
		Sulfati	3	0	-	-	
8	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	Mangan	8	8	8	-	
		pH	9	-	8	-	
		Sulfati	9	9	0	-	
10	Zagreb	Sliv Orlijeve	9	4	-	-	
		187	Kloridi	19	4	0	-
			Mangan	16	16	16	-
			Sulfati	19	6	0	-
			Željezo	16	16	16	-
		188	Električna vodljivost	20	0	0	-
			Kloridi	20	12	0	-
			Nitrati	20	-	1	-
			Sulfati	14	2	0	-
		203	Željezo	16	16	11	-
			Kloridi	17	1	0	-
			Mangan	15	15	15	-
			Sulfati	17	16	0	-
		204	Željezo	15	15	15	-
			Električna vodljivost	20	17	0	-
			Kloridi	20	20	0	-
			Mangan	15	15	14	-
			Nitrati	20	-	0	-
			Sulfati	20	20	0	-
			Suma tetrakloretilena i trikloretilena	19	-	19	-
		205	Željezo	15	15	15	-
			Električna vodljivost	20	0	0	-
			Kloridi	20	19	0	-
			Mangan	16	16	15	-
			Nitrati	20	-	0	-
			pH	20	-	0	-
			Sulfati	20	4	0	-
Suma tetrakloretilena i trikloretilena	19		-	1	-		
206	Željezo	8	8	0	-		
	Amonij	15	-	8	-		
	Atrazin	20	-	4	-		
	Električna vodljivost	20	0	0	-		
	Kloridi	20	7	0	-		
	Mangan	15	15	15	-		
	Nitrati	20	-	0	-		
	Suma tetrakloretilena i trikloretilena	19	-	0	-		
207	Željezo	15	15	6	-		
	Atrazin	20	-	11	-		
	Kloridi	20	20	0	-		
		Nitrati	20	-	15	-	

Nastavak Tablice 17.1

Broj grupiranog vodnog tijela	Grupirano vodno tijelo	Kritičan parametar	Broj kvartala	Broj kritičnih kvartala		Napomena
				Test prodor slane vode ili drugih prodora	Test Ocjena Opće kakvoće	
11	Lekenik Lužani	Amonij	11	-	2	-
		Arsen	11	3	3	-
		Fluoridi	11	1	1	-
		Ukupni fosfor	11	1	-	-
12	Istočna Slavonija - sliv Save	Amonij	10	-	1	-
		Arsen	10	7	7	-
		Električna vodljivost	10	0	0	-
		Kloridi	10	2	0	-
		Mangan	10	2	2	-
		Nitrati	8	-	1	-
		pH	10	-	2	-
		Sulfati	10	4	0	-
		Ukupni fosfor	10	9	-	-
		Željezo	10	9	9	-
13	Žumberak - Samoborsko gorje	-	-	-	-	Nema podataka
14	Donji tok Kupe	Kloridi	12	0	-	-
		Mangan	3	2	-	-
		Sulfati	12	2	-	-
		Željezo	12	2	-	-
15	Donji tok Une	-	-	-	-	Nema podataka

Tablica 17.2. Prikaz rezultata agregiranja podataka i usporedbe s graničnim vrijednostima za pojedini parametar za potrebe provedbe DWPA testa

Broj grupe vodnog tijela	Grupirano vodno tijelo	Izvorište	Kritični parametar	Ukupan broj kvartala	Broj kritičnih kvartala - procjena rizika	Napomena
					DWPA test	
1	Međimurje	Prelog	Nitrati	14	13	-
2	Varaždinsko područje	Vinokovšćak	Nitrati	6	5	-
		Bartolovec	pH	5	4	-
		Varaždin	Nitrati	18	18	-
3	Sliv Bednje	-	-	-	-	Nema kritičnih parametara
		-	-	-	-	-
4	Legrad - Slatina	Medinci	Amonij	11	11	-
		Miholjanec	Nitrati	9	9	-
		Šemovci	Nitrati	4	4	-
5	Novo Virje	-	-	-	-	-
6	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Donji Miholjac	Amonij	14	14	-
		Jarčevac		11	11	-
		Vinogradi		6	6	-
		Cerić	Arsen	10	10	-
		Jarčevac		11	11	-
		Silaš		6	6	-
		Škola Korod		5	5	-
		Šodolovci		6	3	-
		Vinogradi		6	6	-
		Silaš	Fosfati	6	6	-
		Vinogradi		6	2	-
		Konkološ-Bilje	Mangan	17	16	-
		Semeljci		8	8	-
		Široko polje		8	8	-
		Velimirovac		17	17	-
		Ada	pH	6	5	-
		Đurđenovac		8	6	-
		Škola Korod		5	5	-
		Valenovac		6	5	-
		Jarčevac	Suma tetrakloretilena i trikloretilena	11	11	-
Donji Miholjac	Željezo	14	14	-		
Jarčevac		11	10	-		
Konkološ-Bilje		17	14	-		
7	Sliv Sutle i Krapine	Dobre vode	pH	10	8	-
		Kulmerica		7	5	-
		Rudnica		8	2	-
		Lobor - otvoreni zahvat		19	17	-
		Lobor - zatvoreni zahvat		19	4	-
		Curek	5	2	-	
		Biušek	Željezo	5	1	-
		Kojzica		7	2	-
Sopot	14	3		-		

Nastavak Tablice 17.2

Broj grupe vodnog tijela	Grupirano vodno tijelo	Izvorište	Kritični parametar	Ukupan broj kvartala	Broj kritičnih kvartala - procjena rizika	Napomena
					DWPA test	
8	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	Bijela Pakra	Mangan	9	3	-
		Vratno	pH	6	5	-
		Trstenik		7	6	-
		Vratno Čukljenica		2	1	-
		Škudinovac		7	7	-
		Puklica		8	8	-
		Grđevica		1	1	-
9	Sliv Orlijave	Kutjevačka Rika	pH	8	8	-
		Stražemanka	14	14	-	
		Veličanka	14	14	-	
10	Zagreb	Mala Mlaka	Nitrati	11	11	-
11	Lekenik Lužani	Davor	Arsen	3	3	-
		Stara Gradiška	Mangan	2	1	-
		Bačica	pH	10	4	-
		Okučani		2	2	-
		Pašina Vrela		7	4	-
		Ravnik		11	10	-
12	Istočna Slavonija - sliv Save	Barbine-Lipovac	Arsen	5	5	-
		Livade-Komletinci		5	5	-
		Privlaka-Topolčik		5	5	-
		Skorotinci otok		3	3	-
		Stara Ciglana Nijemci		4	4	-
		Ilača	Mangan	5	5	-
		Jelas		13	4	-
		Sojara-Vrbanja		4	4	-
		Šumarja Otok		5	5	-
		Banovina-Tovarnik	pH	5	4	-
		Centar-Orolik		5	3	-
		Ekonomija-Mirkovci		5	4	-
		Ilača		5	2	-
		Ivanovci-Kuševec				
		Jelas		13	13	-
		Stari Kraj Veliki Jankovci		8	3	-
		Šumarja Otok		5	4	-
		Trslana	17	16	-	
		Viganj 1 Slakovci	Željezo	4	4	-
		Bošnjaci		8	2	-
Jelas	13	10		-		
Sojara-Vrbanja	4	3		-		
13	Žumberak - Samoborsko gorje	-	-	-	-	Nema kritičnih parametara
14	Donji tok Kupe	Gaza 1	Mangan	14	10	-
		Perna	pH	4	4	-
		Utinje vrelo		6	4	-
15	Donji tok Une	-	-	-	-	Nema kritičnih parametara

Ukupni rizik za određeno tijelo podzemne vode izražen je kao lošiji rezultat procjene rizika od nepostizanja cilja „sprječavanje pogoršanja stanja tijela podzemnih voda“, odnosno cilja „postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko)“.

Procjena rizika od nepostizanja dobroga kemijskog stanja provedena je za sva tijela podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske. Za potrebe procjene rizika od nepostizanja dobroga kemijskog stanja utvrđene su granične vrijednosti za pojedine testove, koje su prikazane u Tablici 17.3, a korišteni su i rezultati procjene statistički značajnih uzlaznih trendova prikazani u poglavlju 11.

Tablica 17.3. Granične vrijednosti za ocjenu stanja i procjenu rizika u TPV u riziku

Kod TPV	Naziv TPV	Granične vrijednosti za procjenu rizika						Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja						
		Test Ocjena opće kakvoće		Test Prodor slane vode		DWPA test		Test Ocjena opće kakvoće		Test Prodor slane vode		DWPA test		
		Parametri	Granične vrijednosti	Parametri	Granične vrijednosti	Parametri	Granične vrijednosti**	Parametri	Granične vrijednosti	Parametri	Granične vrijednosti	Parametri	Granične vrijednosti**	
CDGI_18	Međimurje	Nitrati NO3 mg/l	28,1	nema u riziku	ne određuje se	Nitrati NO3 mg/l	28,1	Nitrati NO3 mg/l	37,5	nema u riziku	ne određuje se	Nitrati NO3 mg/l	37,5	
CDGI_19	Varaždinsko područje	Nitrati NO3 mg/l	28,1	nema u riziku	ne određuje se	Nitrati NO3 mg/l	28,1	Nitrati NO3 mg/l	37,5	nema u riziku	ne određuje se	Nitrati NO3 mg/l	37,5	
CDGI_21	Legrad - Slatina	nema u riziku	ne određuje se	nema u riziku	ne određuje se	Nitrati NO3 mg/l	28,1	nema u riziku	ne određuje se	nema u riziku	ne određuje se	Nitrati NO3 mg/l	37,5	
CSGI_27	Zagreb	HR204	suma tetrakloreten i trikloreten* µg/l	5,6	nema u riziku	ne određuje se	nema u riziku	ne određuje se	suma tetrakloreten i trikloreten* µg/l	7,5	nema u riziku	ne određuje se	nema u riziku	ne određuje se
		HR207	nema u riziku	ne određuje se	nema u riziku	ne određuje se	Nitrati NO3 mg/l	28,1	nema u riziku	ne određuje se	nema u riziku	ne određuje se	Nitrati NO3 mg/l	37,5

\* granična vrijednost parametara koji se javljaju isključivo pod utjecajem čovjeka ne određuje se za test Prodor slane vode ili drugih prodora – test se ne provodi za ove parametre

\*\* granična vrijednost za DWPA test koristi se isključivo ukoliko u TPV postoji zdenac/crpilište koji se koristi za javnu vodoopskrbu

Rezultati procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskog stanja prikazani su u Tablici 17.4. U riziku, s niskom razinom pouzdanosti, su tijela podzemne vode: Međimurje, Varaždin područje i Legrad – Slatina. Unutar grupiranog tijela Zagreb osnovna tijela HR207 i HR204 su u riziku, ali zbog njihove male površine u odnosu na grupirano tijelo ocijenjeno je da tijelo podzemne vode Zagreb nije u riziku.

Tijelo podzemne vode Međimurje je u riziku od nepostizanja cilja „sprječavanje pogoršavanja stanja tijela podzemnih voda“ i cilja „postići dobro stanje podzemnih voda“ zbog nitrata, koji u značajnom broju kvartalnih perioda prelaze odgovarajuće granične vrijednosti za procjenu rizika. Uz navedeno, više od 60% područja TPV Međimurje pripada u ranjiva i vrlo ranjiva područja. Riziku doprinose i utvrđeni pritisci od plošnih (poljoprivreda) i točkastih izvora onečišćenja (odlagališta, ispusti pročišćenih i/ili nepročišćenih otpadnih voda), kao i koncentracije nitrata u sirovoj vodi na crpilištu Prelog, koje prelaze odgovarajuće granične vrijednosti za procjenu rizika u većem broju razmatranih kvartalnih perioda.

Tijelo podzemne vode Varaždin je u riziku od nepostizanja cilja „sprječavanje pogoršavanja stanja tijela podzemnih voda“ i cilja „postići dobro stanje podzemnih voda“ zbog nitrata, koji u najvećem broju kvartalnih perioda prelaze odgovarajuće granične vrijednosti za procjenu rizika. Uz navedeno, više od 90% područja TPV Varaždinsko područje pripada u ranjiva i vrlo ranjiva područja. Riziku doprinose i utvrđeni pritisci od plošnih (poljoprivreda) i točkastih izvora onečišćenja (odlagališta, ispusti pročišćenih i/ili nepročišćenih otpadnih voda), kao i koncentracije nitrata u sirovoj vodi na crpilištima Varaždin i Vinokovščak (B-2), koje prelaze odgovarajuće granične vrijednosti za procjenu rizika u gotovo svim razmatranim kvartalnim periodima.

Tijelo podzemne vode Legrad - Slatina je u riziku od nepostizanja cilja „*sprječavanje pogoršavanja stanja tijela podzemnih voda*“ i cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko)*“ zbog nitrata u sirovoj vodi na crpilištima Miholjanec i Šemovci, koji u svim kvartalnim periodima prelaze odgovarajuće granične vrijednosti za procjenu rizika. Uz navedeno, više od 60% područja TPV Legrad - Slatina pripada u područja povišene do vrlo visoke ranjivosti. Riziku doprinose i utvrđeni pritisci od plošnih (poljoprivreda) i točkastih izvora onečišćenja (odlagališta, ispusti pročišćenih i/ili nepročišćenih otpadnih voda).

Tablica 17.4. Procjena rizika za kemijsko stanje

Kod TPV	Naziv TPV	Rizik za nepostizanje cilja „ <i>sprječavanje pogoršavanja stanja tijela podzemnih voda</i> “	Razina pouzdanosti	Testovi za provode (DA/NE)	Testi Ocjena opće kakvoće		Test. Prodor slane vode		DWPA test		Rizik za nepostizanje cilja „ <i>postići dobro stanje podzemnih voda (kemijsko)</i> “	Razina pouzdanosti	Ukupni rizik	Razina pouzdanosti			
					Procjena rizika	Razina pouzdanosti	Procjena rizika	Razina pouzdanosti	Procjena rizika	Razina pouzdanosti							
CDGL_18	Međimurje	U RIZIKU	NISKA	DA	U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	VISOKA	U RIZIKU	NISKA	U RIZIKU	NISKA	U RIZIKU	NISKA			
CDGL_19	Varaždinsko područje	U RIZIKU	NISKA	DA	U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	VISOKA	U RIZIKU	NISKA	U RIZIKU	NISKA	U RIZIKU	NISKA			
CDGL_20	Sliv Bednje	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	****	****	***	***	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CDGL_21	Legrad - Slatina	U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	VISOKA	**	**	U RIZIKU	NISKA	U RIZIKU	NISKA	U RIZIKU	NISKA			
CDGL_22	Novo Vijeje	NIJE U RIZIKU	NISKA	NE	*	*	*	*	*	*	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CDGL_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CSGL_24	Sliv Sutle i Krapine	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	****	****	**	**	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	NISKA	**	**	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CSGN_26	Sliv Orjave	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	****	****	**	**	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CSGL_27	Zagreb	HR187	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	VISOKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA		
		HR188	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	VISOKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA				
		HR203	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	VISOKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA				
		HR204	U RIZIKU	VISOKA	DA	U RIZIKU	VISOKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	U RIZIKU	VISOKA				
		HR204/1	NIJE U RIZIKU	NISKA	NE	*	*	*	*	*	*	NIJE U RIZIKU	NISKA				
		HR205	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA				
		HR206	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA				
		HR207	U RIZIKU	NISKA	DA	U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	U RIZIKU	NISKA	U RIZIKU	NISKA				
		HR186	NIJE U RIZIKU	NISKA	NE	*	*	*	*	*	*	NIJE U RIZIKU	NISKA			NIJE U RIZIKU	NISKA
		HR193															
		HR194															
		HR195															
		HR196															
		HR197															
		HR198															
		HR199															
HR200																	
HR201																	
HR202																	
HR208																	
HR210																	
HR211																	
HR212																	
CSGL_28	Lekenik Lužani	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	NISKA	**	**	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CSGL_29	Istočna Slavonija - sliv Save	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	NIJE U RIZIKU	NISKA	**	**	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CSGL_30	Žumberak - Samoborsko gorje	NIJE U RIZIKU	VISOKA	DA	*	*	***	***	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	VISOKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CSGL_31	Kupa	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	****	****	**	**	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			
CSGL_32	Una	NIJE U RIZIKU	NISKA	DA	****	****	**	**	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA	NIJE U RIZIKU	NISKA			

- \* test nije proveden radi nedostatka podataka
- \*\* test nije proveden radi nemogućnosti provedbe procjene trenda
- \*\*\* test se ne provodi jer ne postoji evidentirani utjecaj crpljenja podzemne vode
- \*\*\*\* test se ne provodi jer se radi o neproduktivnim vodonosnicima

Osnovno tijelo podzemne vode HR207 u TPV Zagreb je u riziku od nepostizanja cilja „*sprječavanje pogoršavanja stanja tijela podzemnih voda*“ i cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda*“ zbog nitrata koji u najvećem broju kvartalnih perioda prelaze odgovarajuće granične vrijednosti za procjenu rizika. Riziku doprinose i utvrđeni pritisci od plošnih izvora onečišćenja (poljoprivreda), kao i vrijednosti nitrata u sirovoj vodi na crpilištu Mala Mlaka, koje prelaze odgovarajuće granične vrijednosti za procjenu rizika u svim razmatranim kvartalnim periodima.

Osnovno tijelo podzemne vode HR204 u TPV Zagreb je u riziku (s visokom razinom pouzdanosti) od nepostizanja cilja „*sprječavanje pogoršavanja stanja tijela podzemnih voda*“ i cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda*“ zbog sume trikloretena i tetrakloretena, koja u najvećem broju kvartalnih perioda, u razdoblju od 2009. do 2013. godine, prelazi odgovarajuće granične vrijednosti za procjenu rizika. Riziku doprinose i utvrđeni pritisci od točkastih izvora onečišćenja (ispusti pročišćenih i/ili nepročišćenih otpadnih voda), kao i pretpostavljeni pritisci od propusne kanalizacijske mreže u urbanom dijelu ovog osnovnog tijela.

Sva ostala tijela podzemne vode nisu u riziku, s niskom razinom pouzdanosti.



## 17.2. Procjena rizika od nepostizanja dobrog količinskoga stanja

Procjena rizika od nepostizanja dobrog količinskog stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske provedena je prema pristupu iz CIS vodiča i CIS tehničkoga izvještaja o procjeni rizika i korištenju konceptualnih modela za podzemne vode. Postupak procjene rizika proveden je temeljem podataka motrenja razina podzemne vode, podataka o zahvaćenim količinama crpljenja podzemnih voda na crpilištima za javnu vodoopskrbu i crpilištima za tehnološku vodu te podataka o oborinama i temperaturi zraka s kišomjernih stanica. Prilikom procjene rizika korišten je „*princip predostrožnosti*“, što u naravi znači da određena cjelina može biti u riziku, iako je trenutno u dobrom stanju. Procjena rizika provedena je za relevantne okolišne ciljeve definirane člankom 4 ODV, a to su: „*sprječiti pogoršanje stanja cjelina podzemnih voda*“; „*postići dobro stanje podzemnih voda (količinsko)*“.

Konačni rezultat procjene rizika od nepostizanja dobrog količinskog stanja definiran je s određenom razinom pouzdanosti. U slučaju kada je u postupku ocjene stanja za određeno vodno tijelo podzemne vode utvrđeno da je vrijednost obnovljivih zaliha u tom tijelu značajno viša od vrijednosti prosječne godišnje količine crpljenja, a ne postoje pokazatelji koji bi upućivali da bi se omjer vrijednosti obnovljivih zaliha i zahvaćenih količina mogao značajnije smanjiti u narednom planskom ciklusu, tada to vodno tijelo nije u riziku, s visokom razinom pouzdanosti.

Procjena rizika od nepostizanja cilja „*sprječavanje pogoršanja stanja cjelina podzemnih voda*“ provedena je temeljem kriterija prema kojem tijelo podzemne vode nije u riziku ukoliko:

- količina godišnjega crpljenja podzemnih voda za različite namjene ne prelazi 75% obnovljivih zaliha podzemne vode unutar cjeline podzemne vode ili
- analiza trendova mjerenih razina podzemne vode na razini tijela podzemne vode ne pokazuje značajni silazni trend razina zbog prekomjernoga crpljenja podzemne vode.

Procjena rizika od nepostizanja cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda (količinsko)*“ provedena je na identičan način kao postupak ocjene stanja, kroz provedbu *Testa vodne bilance* i testa *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode loše kakvoće uzrokovanih crpljenjem* za ocjenu stanja. Pritom su kriteriji za procjenu rizika definirani tako, da isti pravodobno upućuju na postojanje rizika za okolišne ciljeve ODV. To konkretno znači da je, identično kao i u procjeni rizika za nepostizanje cilja „*sprječavanje pogoršanja stanja tijela*

*podzemnih voda*“, u *Testu bilance voda* korišten kriterij prema kojem je razmatrano prelazi li količina godišnjega crpljenja podzemnih voda za različite namjene 75% obnovljivih zaliha podzemne vode unutar tijela podzemne vode.

Ukupni rizik za određenu cjelinu podzemne vode izražen je kao sumarni rezultat procjene rizika od nepostizanja cilja „*sprječavanje pogoršanja stanja cjelina podzemnih voda*“, odnosno cilja „*postići dobro stanje podzemnih voda (količinsko)*“.

Procjena rizika od nepostizanja dobrog količinskog stanja provedena je za sva tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Za potrebe procjene rizika od nepostizanja dobrog količinskog stanja, korišteni su rezultati procjene statistički značajnih trendova razina podzemnih voda na razini cjeline podzemne vode.

Rezultati procjene rizika od nepostizanja dobrog količinskoga stanja prikazani su u Tablici 17.5. Sve grupirana tijela podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske nisu u riziku od nepostizanja dobrog količinskoga stanja, u najvećem dijelu s visokom razinom pouzdanosti.

Dva tijela podzemne vode nisu u riziku, ali su određene s niskom razinom pouzdanosti *istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava* i *Zagreb*, niska razina pouzdanosti određena je zbog rezultata testa *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode loše kakvoće uzrokovanih crpljenjem*, odnosno zbog razmjerno visokih koncentracija mangana i željeza, koji su prirodnoga porijekla, ali čije visoke koncentracije djelomično mogu biti uzrokovane crpljenjem podzemne vode.

Kao i kod ocjene količinskog stanja (poglavlje 14), kod procjene rizika od nepostizanja dobrog količinskog stanja pouzdanost zaključaka ovisi o ulaznim podacima. Tu opet valja naglasiti da u razmatranju analiza trendova mjerenih razina podzemne vode na razini vodnog tijela valja u budućnosti uzeti u obzir opažena odstupanja u klimi na globalnoj i kontinentalnoj razini, a što će zahtijevati povećanje broja prostornih i vremenskih ulaznih podataka.

Tablica 17.5. Procjena rizika za količinsko stanje

Kod grupiranog tijela podzemne vode	Naziv grupiranog tijela podzemne vode	Rizik za nepostizanje cilja „sprječavanje pogoršanja stanja tijela podzemnih voda“				Rizik za nepostizanje cilja „postići dobro stanje podzemnih voda (količinsko)“		Ukupno rizik	
		Test vodne bilance		Test <i>Prodor slane vode ili drugih prodora loše kakvoće</i>		Rizik	Pouzdanost	Rizik	Pouzdanost
		Rizik	Pouzdanost	Rizik	Pouzdanost				
CDGI_18	Međimurje	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CDGI_19	Varaždinsko područje	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CDGI_20	Sliv Bednje	Nije u riziku	Visoka	***	***	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CDGI_21	Legrad - Slatina	Nije u riziku	Visoka	**	**	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CDGI_22	Novo Virje	Nije u riziku	Visoka	*	*	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CDGI_23	Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Niska	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Niska
CSGI_24	Sliv Sutle i Krapine	Nije u riziku	Visoka	**	**	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CSGN_25	Sliv Lonja - Ilova - Pakra	Nije u riziku	Visoka	**	**	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CSGN_26	Sliv Orljave	Nije u riziku	Visoka	**	**	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CSGI_27	Zagreb	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Niska	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Niska
CSGI_28	Lekenik - Lužani	Nije u riziku	Visoka	**	**	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CSGI_29	Istočna Slavonija – Sliv Save	Nije u riziku	Visoka	**	**	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CSGI_30	Žumberak - Samoborsko gorje	Nije u riziku	Visoka	***	**	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CSGI_31	Kupa	Nije u riziku	Visoka	**	**	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka
CSGI_32	Una	Nije u riziku	Visoka	**	**	Nije u riziku	Visoka	Nije u riziku	Visoka

\* test nije proveden radi nedostatka podataka

\*\* test nije proveden radi nemogućnosti provedbe procjene trenda

\*\*\* test se ne provodi jer ne postoji evidentirani utjecaj crpljenja podzemne vode

18. Daljnja karakterizacija tijela podzemne vode u riziku od nepostizanja dobrog količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda

## Sadržaj

18. Daljnja karakterizacija tijela podzemne vode u riziku od nepostizanja dobrog količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda .....	18-1
18.1. Daljnja karakterizacija grupiranog vodnog tijela Međimurje.....	18-1
18.1.1. Geografske značajke.....	18-1
18.1.2. Geološke značajke .....	18-2
18.1.3. Hidrogeološke značajke.....	18-4
18.1.4. Obnovljive zalihe podzemnih voda .....	18-6
18.1.5. Površinske vode i ekosustavi povezani s podzemnim vodama.....	18-6
18.1.6. Ocjena kemijskog stanja.....	18-6
18.2. Daljnja karakterizacija grupiranog vodnog tijela Varaždinsko područje.....	18-6
18.2.1. Geografske značajke.....	18-6
18.2.2. Geološke značajke .....	18-6
18.2.3. Hidrogeološke značajke.....	18-8
18.2.4. Obnovljive zalihe podzemnih voda .....	18-10
18.2.5. Površinske vode i ekosustavi povezani s podzemnim vodama.....	18-10
18.2.6. Ocjena kemijskog stanja.....	18-11
18.3. Daljnja karakterizacija vodnog tijela Legrad -Slatina .....	18-11
18.3.1. Geografske značajke.....	18-11
18.3.2. Geološke značajke .....	18-11
18.3.3. Hidrogeološke značajke.....	18-12
18.3.4. Obnovljive zalihe podzemnih voda .....	18-14
18.3.5. Površinske vode i ekosustavi povezani s podzemnim vodama.....	18-14
18.3.6. Ocjena kemijskog stanja.....	18-14

## 18. Daljnja karakterizacija tijela podzemne vode u riziku od nepostizanja dobrog količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda

Prema Okvirnoj direktivi o vodama (ODV - 2000/60/EC, Anex II) za sva osnovna ili grupirana vodna tijela koja su u riziku od nepostizanja dobrog količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda, potrebno je provesti daljnju karakterizaciju u cilju točnije procjene značaja tog rizika i definiranja potrebnog programa mjera.

Daljnja karakterizacija predviđa opis sljedećih značajki:

- geološke značajke tijela podzemne vode (prostiranje i vrstu geoloških jedinica),
- hidrogeološke značajke tijela podzemne vode (hidrauličku vodljivost, poroznost, hidrauličke granice),
- značajke krovinskih naslaga i tla (debljina, poroznost, hidraulička vodljivost, apsorpcijska svojstva),
- površinske vode i ekosustavi povezani s tijelom podzemne vode,
- procjena smjera i količine tečenja između površinske i podzemne vode,
- prosječno godišnje obnavljanje podzemnih voda za dugogodišnje razdoblje,
- kakvoća podzemne vode uključivo i specifikaciju antropogenog utjecaja.

U panonskom dijelu Hrvatske tri (3) su grupirana vodna tijela u riziku od nepostizanja dobrog količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda, a to su Međimurje, Varaždinsko područje i Legrad – Slatina.

### 18.1. Daljnja karakterizacija grupiranog vodnog tijela Međimurje

#### 18.1.1. Geografske značajke

Područje Međimurja smješteno je u međuriječju Mure i Drave, a na zapadu je omeđeno državnom granicom s R. Slovenijom. Obuhvaća površinu od 747 km<sup>2</sup>. Gotovo cjelokupan prostor Međimurja prirodno je omeđeno područje i čini jedinstvenu hidrografsku cjelinu. Nalazi se na dodiru dviju velikih geomorfoloških cjelina Panonske nizine i Istočnih Alpa. Stoga se i u morfološkom smislu razlikuju dva osnovna tipa reljefa: brežuljkasti u gornjem Međimurju i nizinski u donjem Međimurju. U hidrogeološkom smislu značajno je donje Međimurje. To je prostor aluvijalnih dolina blago nagnut prema istoku, u smjeru otjecanja glavnih vodotoka Drave i Mure. Mursko-dravska nizina je zajednička tvorevina Mure i Drave. Riječna korita

Mure, a naročito Drave često su se mijenjala što dokazuju brojni rukavci, meandri i močvarne depresije. Drava je nakon proboja između Haloza i Slovenskih gorica pomicala svoj tok od sjevera prema jugu i bočnom erozijom proširila dolinu. Dravska stepenica na južnom rubu Međimurskih gorica je zapravo nekadašnja lijeva obala Drave. U doba kada je Drava tekla podno te stepenice sastajala se s Murom istočno od sela Domašince.

Mura je svoj tok urezala strmo podno Međimurskih gorica do Podturna, a dalje teče usred nizine sve do ušća. Mura je kroz povijest također mijenjala korito, ali manje od Drave. S obje strane zaobalja prepoznatljivi su dijelovi suhog korita u obliku meandra. Mura je poravnala i nasula užu nizinu, ali istočni dio međimurske nizine nastao je djelovanjem obiju rijeka.

#### 18.1.2. Geološke značajke

Prema Osnovnoj geološkoj karti M 1:100000 – listovi Čakovec (Mioč & Marković, 1997), Nađ Kaniža (Marković & Mioč, 1987), Varaždin (Šimunić et al., 1982) i Koprivnica (neobjavljeno), na području Međimurja se na površini nalaze miocenske naslage u Međimurskim goricama i naslage kvartara u nizinskom dijelu. Najstarije naslage na površini su badenske starosti sastavljene od konglomerata, breča, pješčenjaka, pijesaka, lapora i vapnenaca. Konkordantno na baden slijede pjeskoviti lapori, pijesci i glinoviti vapnenci sarmata. Panon je zastupljen laporima, pjeskovitim laporima i vapnencima. Naslage donjeg pontata nastavljaju se kontinuirano na panon, a sastoje se od pjeskovitih lapora i pijesaka. Na površini se nalaze na nekoliko manjih lokaliteta. Gornjopontske naslage najrasprostranjenije su među neogenskim sedimentima. U gornjopontskim naslagama zastupljeni su pijesci, šljunci, pjeskoviti lapori, lapori, ugljeviti pijesci, gline, pješčenjaci i ugljen. U donjem dijelu taloženi su pretežito pjeskoviti lapori s proslojcima pijesaka, a u gornjem dijelu slijedi ritmička izmjena pijesaka, siltova, lapora i glina te njihovih prijelaznih varijeteta. Na površini ih nalazimo u Međimurskim goricama. Zastupljeni su i na čitavom području Varaždinske depresije, gdje su prekriveni mlađim sedimentima. Najveće debljine ovih naslaga uopće u Hrvatskoj poznate su između Varaždina, Čakovca i Legrada gdje se prema podacima dubokih bušotina kreću između 1000 i 1500 m. Diskordantno na naslage gornjeg pontata talože se pliokvartarne naslage koje se sastoje pretežito od šljunka i pijeska. Granica između pliocena i pleistocena nije sa sigurnošću određena jer se sedimentacijski uvjeti ne mijenjaju. Taloženje se tijekom pleistocena i holocena odvija u močvarnoj sredini uz stalni donos aluvijalnog materijala (Urumović et al.,

1990). U donjem pleistocenu talože se šljunci kojih u većoj količini sjeverno od Čakovca ili pijesci u izmjeni s glinama. U srednjem pleistocenu talože se šljunci, pijesci i gline, a ima i treseta. U gornjem pleistocenu prevladavaju šljunci. Tijekom holocena formiraju se aluvijalne taložine dravskih terasa.

Debljina dravskih šljunkovito-pjeskovitih naslaga najmanja je između Križovljana i Ormoža. Uz sjeverni rubni rasjed (kod Ormoškog mosta) debljina je 5 m, a prema jugu raste do preko 15 m uz južni rub. Prema istoku debljina postupno raste. Kod Nedelišća se kreće oko 40 m, a južno od Preloga 150 m. Nizvodno od Svete Marije (HE Dubrava) debljina se smanjuje na 60 m, kod Legradskog praga iznosi 50 m, a uz sjeverni rub, tj. kod današnjeg korita kod Legrada iznosi 14 m. Granica šljunkovito-pjeskovitih naslaga uz rub Međimurskih gorica i Čakovečkog ravnjaka je rasjedna. U tom rubnom dijelu najveće debljine su prema geofizičkim podacima 40 m na potezu Pribislavec-Gardinovec.

U dolini Mure najveća debljina šljunkovito-pjeskovitih naslaga je prema geofizičkim podacima registrirana istočno od Goričana, a iznosi 40 m, dok je kod Letenjskog mosta bušenjem ustanovljena od 25 m.

U geotektonskom smislu Međimurje pripada Murskoj potolini, zapadnom rubnom dijelu Panonskog bazena. Legradski prag kao nastavak Kalnika čini granicu prema Dravskoj potolini. Murska potolina sadrži dvije tektonske jedinice: Međimurske gorice (antiklinorij) i Varaždinsku depresiju.

Tektonska jedinica Međimurske gorice obuhvaća dolinu Mure i morfološki izdignuto područje koje se proteže jugozapadno od doline Mure sve do tektonsko-erozijskog odsjeka Macinec-Pribislavec-Domašinec. Južnu granicu čini Čakovečki rasjed (zove se i Ormoški rasjed), koji se prati od Ormoža preko Macinca do Pribislavca gdje iz pravca istok-zapad skreće prema sjeveroistoku u smjeru Belice i Domašince. U Međimurskim goricama postoje dva sustava rasjeda. Jedan se proteže pravcem SI-JZ (Donački rasjed, rasjed Dravsko Središće-Mursko Središće i rasjed Peklenica-Šenkovec). Poprečni rasjedi su pravca pružanja SZ-JI i dijele primarne strukture na manje blokove.

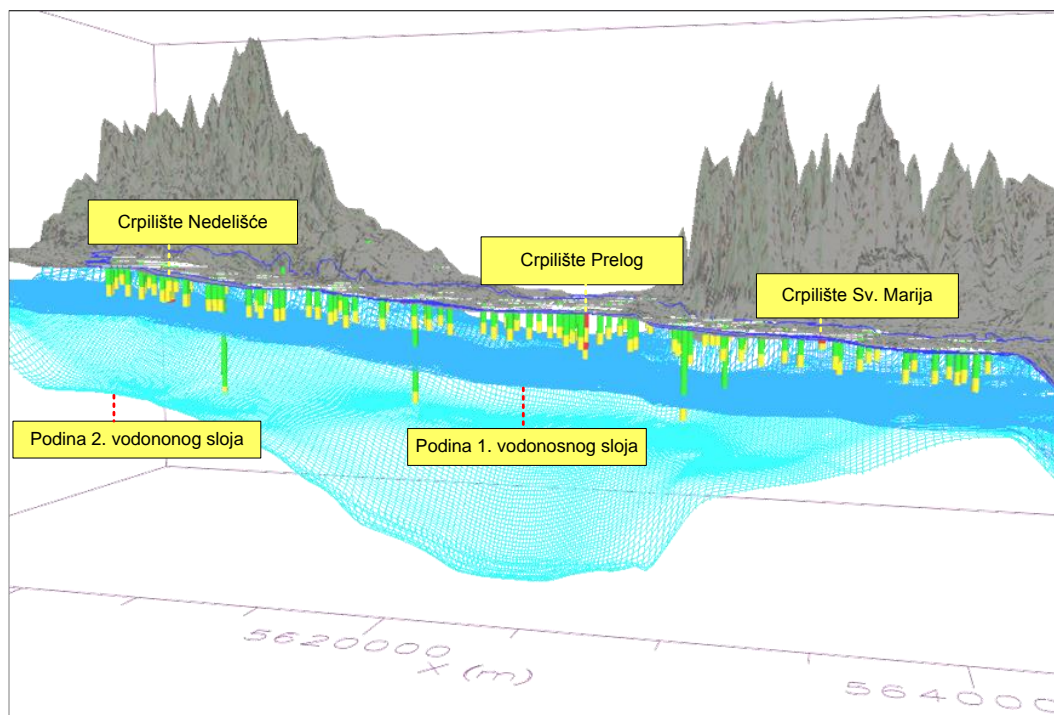
Tektonska jedinica Varaždinska depresija ima alpski pravac pružanja istok-zapad. Istočna granica je Kalnik-Legradski prag, na zapadu antiklinala Ravne Gore i Ormoško-Selnička antiklinala ili Ormoški prag. Na jugu južni rubni rasjed Murske potoline, a na sjeveru Čakovečki rasjed koji zapravo predstavlja rasjednu zonu širine 1-6 km, a obilježava je terasni odsjek. Varaždinska depresija je spuštena tijekom kvartara i ispunjena riječnim sedimentima. Brzina



spuštanja ne prelazi brzinu taloženja. Vertikalni tektonski pokreti su manji uz sjeverni rub, a veći uz južni rub. Amplituda pokreta nakon taloženja šljunaka je uz sjeverni rub 20 m, a uz južni 60 m (Urumović et al., 1990).

### 18.1.3. Hidrogeološke značajke

Vodonosni sustav Međimurja čine šljunkovito-pjeskovite naslage starosti, srednji i gornji pleistocen te holocen. Podzemna voda vodonosnika temelj je vodoopskrbe Međimurske županije, a zahvaća se na tri crpilišta Nedelišće, Prelog i Sveta Marija. U konceptualnom smislu hidrogeološki sustav čine dva vodonosna sloja koja su odijeljena slabopropusnim međuslojem. Trodimenzionalni model međimurskog vodonosnog sustava prikazan je na Slici 18.1.



Slika 18.1. Trodimenzionalni model međimurskog vodonosnog sustava (Posavec & Bačani, 2014)

Prvi vodonosni sloj sastoji se od šljunkovito-pjeskovitih naslaga koje na području Nedelišća zaliježu do prosječne dubine 20 m, na području Preloga 36 m, a na području Sv. Marije 32 m. Vrijednosti hidrauličke vodljivosti određene na temelju pokusnog crpljenja su na području Nedelišća 180 m/dan, a na području Preloga 590 do 690 m/dan. U procesu kalibracije numeričkog modela koji je rađen za potrebe izrade zona zaštite crpilišta Nedelišće,

Prelog i Sveta Marija vrijednosti i prostorna raspodjela parametara vodonosne sredine međimurskog vodonosnog sustava su prilagođavane u odnosu na početnu prostornu raspodjelu parametara koja je definirana na osnovu prethodnih istraživanja na području crpilišta Nedelišće, Prelog i Sveta Marija. Konačna prilagodba prostorne raspodjele hidrauličke vodljivosti rezultirala je hidrauličkom vodljivošću prvog vodonosnog sloja od 250 m/dan na području crpilišta Nedelišće i 300 m/dan na području crpilišta Prelog i Sveta Marija (Posavec & Bačani, 2014). Odnos vertikalne i horizontalne hidrauličke vodljivosti istražen na lokaciji strojarnice HE Čakovec je  $K_z:K_x=1:5$ , a na lokaciji strojarnice HE Varaždin 1:25.

Slabopropusni međusloj sastoji se od gline i praha u različitim omjerima, a debljine je do 5 m. Na području Pribislavca isključivo. Hidraulička vodljivost određivana u edometru na uzorcima uzetim iz bušotina za potrebe HE Čakovec i HE Dubrava iznosi  $10^{-4}$  do  $10^{-6}$  m/dan. Prema Posavec & Bačani (2014) efektivna sredina hidrauličke vodljivosti proslojka je  $10^{-4}$  m/dan.

Drugi vodonosni sloj sastoji se od šljunaka i pijesaka s više sitnozrnatijeg materijala. Dubina zalijeganja drugog vodonosnog sloja je 35 m na području Nedelišća, 90 m kod Preloga i oko 60 m kod Sv. Marije. Vrijednosti hidrauličke vodljivosti određene na temelju pokusnog crpljenja su na području Nedelišća 9 do 12 m/dan, a koeficijent uskladištenja  $5 \times 10^{-4}$  do  $5 \times 10^{-5}$ . Na području Preloga je vrijednost hidrauličke vodljivosti određena na temelju crpljenja bušotine i iznosi 0,095 do 0,285 m/dan. Na području HE Dubrava iznosi 173 m/dan, a uskladištenje  $3 \times 10^{-4}$ . Prema Posavec & Bačani (2014) efektivna sredina hidrauličke vodljivosti za drugi vodonosni sloj iznosi 250 m/dan.

Krovinu vodonosnog sustava čini humus i prašinasto-glinovito-pjeskovite naslage čija debljina se na području Međimurja kreće od 0,5 do 4 m, a najčešće 1 do 2 m. Uz Dravu, zapadno od D. Mihaljevca, te između Šenkovca i Belice je tanja od 0,5 m ili nedostaje. Veće debljine od 2 m su rijetke. Nalaze se primjerice kod Ivanovca (do 3 m), Podbresta (3-3,5 m), Sv. Marije (3-4 m), D. Kraljevca (2 do 4, iznimno 6 m). Hidraulička vodljivost krovine se kreće od 10 m/dan (tamo gdje je praktički nema) do  $10^{-4}$  m/dan.

Podina vodonosnog sustava se sastoji od gline, praha i lapora. Hidraulička vodljivost na lokaciji HE Dubrava određivana na uzorcima u edometru iznosi  $10^{-6}$  do  $10^{-7}$  m/dan.

Rubne granice vodnog tijela u hidrauličkom smislu mogu se opisati nepropusnom granicom prema Međimurskim goricama i granicama poznatog potencijala koje čine rijeke Mura i Drava te akumulacijska jezera. Drava i akumulacijska jezera u svim hidrološkim uvjetima

napajaju vodonosnik dok odvodni kanali HE Čakovec i HE Dubrava predstavljaju dren podzemnih voda. Mura kod visokih voda pretežito napaja podzemlje dok kod srednjih i niskih voda pretežito drenira. Generalni smjer toka podzemne vode je od zapada prema istoku.

#### 18.1.4. Obnovljive zalihe podzemnih voda

Obnovljive zalihe procijenjene na temelju kolebanja razine podzemne vode iznose  $113 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/god, a ukupna količina crpljenja na crpilištima Nedelišće, Prelog i Sveta Marija iznosi  $6,39 \times 10^6$  što iznosi 5,65% sezonskih zaliha.

#### 18.1.5. Površinske vode i ekosustavi povezani s podzemnim vodama

Drava i Mura predstavljaju bočne granice vodnog tijela i u hidrauličkoj vezi su s podzemnim vodama. Mura je zaštićeno područje u kategoriji *značajni krajobraz*, a Mura-Drava u kategoriji *regionalni park*.

#### 18.1.6. Ocjena kemijskog stanja

Ocjena kemijskog stanja svih vodnih tijela R. Hrvatske detaljno je opisana u poglavlju 12. Ovdje se navodi samo zaključak koji se odnosi na Međimurje. Tijelo podzemnih voda Međimurje je u dobrom kemijskom stanju, s niskom razinom pouzdanosti.

## 18.2. Daljnja karakterizacija grupiranog vodnog tijela Varaždinsko područje

### 18.2.1. Geografske značajke

Vodno tijelo Varaždinsko područje zauzima prostor između Drave na sjeveru i Maceljskog, Varaždinsko-topličkog i Kalničkog gorja na jugu. Zapadnu granicu čini državna granica sa Slovenijom, a istočnu linija Ludbreg - Legrad. Površina vodnog tijela iznosi 402 km<sup>2</sup>. Vodno tijelo Varaždinsko područje zauzima južni dio Varaždinskog vodonosnika. Naime, Drava dijeli varaždinski vodonosnik na lijevo zaobalje, odnosno sjeverni dio koji pripada Međimurju i na desno zaobalje, odnosno južni dio koji pripada Varaždinskom području. Prosječna godišnja količina oborina za razdoblje od 2008. do 2014. godine iznosi 910,5 mm.

### 18.2.2. Geološke značajke

U geotektonskom smislu varaždinski vodonosnik pripada Murskoj potolini, zapadnom rubnom dijelu Panonskog bazena. Legradski prag kao nastavak Kalnika čini granicu prema

Dravskoj potolini. Murska potolina sadrži dvije tektonske jedinice: Međimurske gorice (antiklinorij) i Varaždinsku depresiju. Tektonska jedinica **Varaždinska depresija** ima alpski pravac pružanja istok-zapad. Istočna granica je Kalnik-Legradski prag, na zapadu antiklinala Ravne Gore i Ormoško-Selnička antiklinala ili Ormoški prag. Na jugu južni rubni rasjed Murske potoline, a na sjeveru Čakovečki rasjed koji zapravo predstavlja rasjednu zonu širine 1-6 km, a obilježava je terasni odsjek. Varaždinska depresija je spuštена tijekom kvartara i ispunjena riječnim sedimentima. Brzina spuštavanja ne prelazi brzinu taloženja. Vertikalni tektonski pokreti su manji uz sjeverni rub, a veći uz južni rub. Amplituda pokreta nakon taloženja šljunka je uz sjeverni rub 20 m, a uz južni 60 m (Urumović et al., 1990).

Granica između pliocena i pleistocena nije sa sigurnošću određena jer se sedimentacijski uvjeti ne mijenjaju. Taloženje se tijekom kvartara odvija u močvarnoj sredini uz stalni donos fluvijalnog materijala (Urumović et al., 1990). U donjem pleistocenu talože se šljunci ili pijesci u izmjeni s glinama. U srednjem pleistocenu talože se šljunci, pijesci i gline, a ima i treseta. U gornjem pleistocenu prevladavaju šljunci. Tijekom holocena formiraju se aluvijalne taložine dravskih terasa.

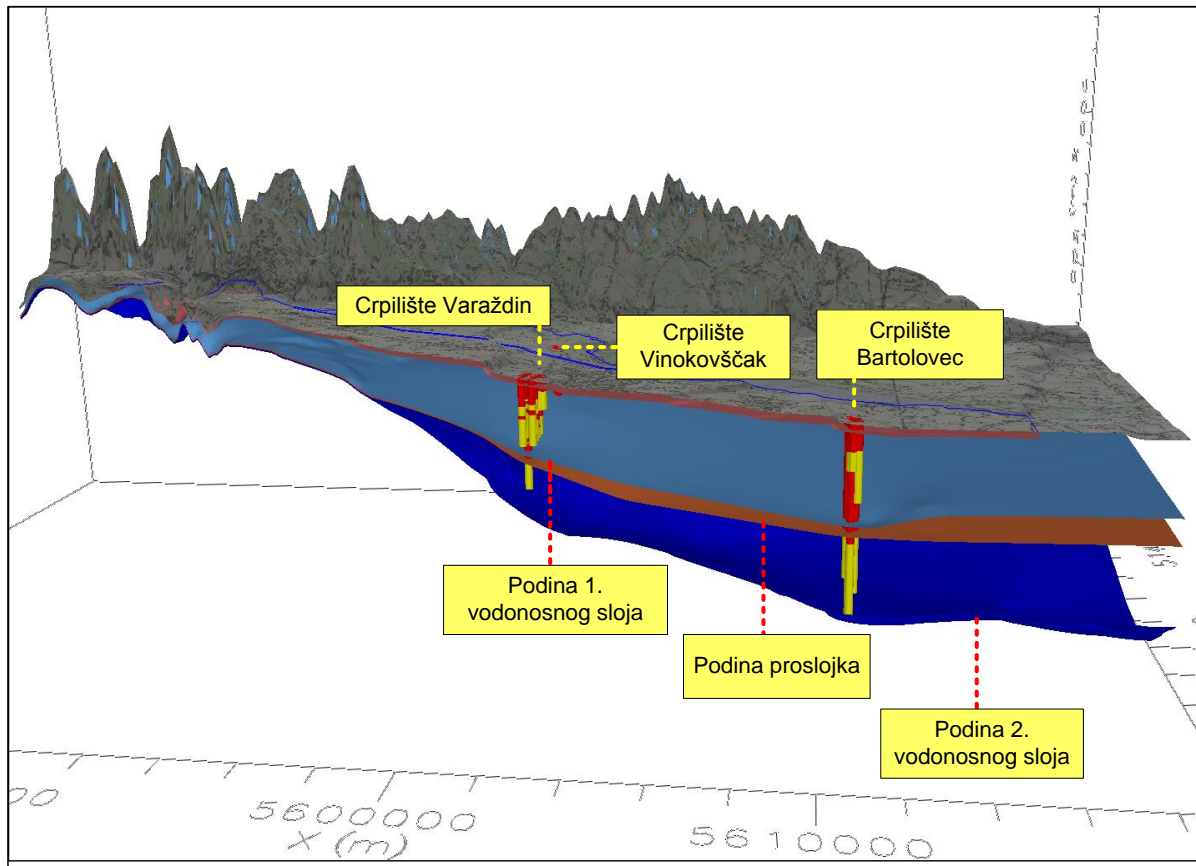
U granulometrijskom sastavu vodonosnika dominiraju valutice šljunka s različitim postotkom pijeska. Općenito se može reći da se idući od zapada prema istoku u prosjeku postupno smanjuje veličina zrna, a raste njihova sortiranost. Koeficijent sortiranosti zrna  $S=d_{60}/d_{10}$  u najzapadnijim predjelima iznosi preko 100. U području Varaždina dominiraju vrijednosti između 10 i 100. U zapadnim predjelima promjer zrna je najveći i iznosi oko 80 mm. U području Varaždina prevladavaju vrijednosti oko 30 mm, dok dalje na istok prevladavaju vrijednosti oko 20 mm.

U profilu vodonosnika se na većem dijelu područja pojavljuje proslojak sitnijeg granulometrijskog sastava tj. praha, gline, prašinastog pijeska i mjestimice treseta koji dijeli vodonosnik u dva sloja. Očito se radi o značajnom diskontinuitetu uvjeta taloženja.

Sedimentacijski ciklus završava taloženjem praha, gline i prašinastog pijeska koji predstavljaju krovinu vodonosnika čija je debljina uglavnom manja od 0,5 m, a često i izostaje, pa se u tankom humusu pojavljuju obilje valutica šljunka. Povećane debljine krovine su u pravilu lokalnog karaktera, a ne premašuju 5 m. Izuzetak su jugoistočni rubni predjeli u kojima debljina nerijetko prelazi 10 m.

### 18.2.3. Hidrogeološke značajke

Vodonosni sustav Varaždinskog područja čine šljunkovito-pjeskovite naslage srednjeg i gornjeg pleistocena te holocena. Podzemna voda vodonosnika temelj je vodoopskrbe Varaždinske županije, a zahvaća se na tri crpilišta Varaždin, Bartolovec i Vinokovščak. U konceptualnom smislu hidrogeološki sustav čine dva vodonosna sloja koja su odijeljena slabopropusnim međuslojem (Slika 18.2).



Slika 18.2. Trodimenzionalni model varaždinskog vodonosnog sustava (presjek zapad-istok)

(Bačani & Posavec, 2013)

Prvi vodonosni sloj sastoji se od šljunkovito-pjeskovitih naslaga koje na području crpilišta Vinokovščak zaliježu do dubine od 27 m. Prema zapadu sloj istanjuje i 2 km zapadno od crpilišta zaliježe do dubine 20 m, dok prema jugoistoku tone na preko 32 m dubine. Na području Varaždinskog crpilišta prvi vodonosni sloj zaliježe do dubine 42 m. Prema zapadu sloj istanjuje i na području Nove Vesi Petrijanečke zaliježe do dubine 18,3 m, a kod Šijanca do 19,7 m. Na području Bartolovca donja granica prvog vodonosnog sloja je na 52 m dubine. Vrijednost hidrauličke vodljivosti prvog sloja određena na temelju podataka pokusnog

crpljenja plitkih zdenaca na području Bartolovca iznosi 300 m/dan. Prema Bačani & Posavec (2013) vrijednost efektivne sredine mjerenih podataka hidrauličke vodljivosti za prvi vodonosni sloj je 100 m/dan.

Slabopropusni međusloj sastoji se od gline i praha u različitim omjerima, a debljine je do 5 m. Zapadno i jugozapadno od Varaždinskog crpilišta isklinjava. U bušotini PDS-5 u Vidovcima i PDS-6 u Petrijancima nije nabušen. Hidraulička vodljivost određivana u edometru na uzorcima uzetim iz bušotina za potrebe HE Čakovec i HE Dubrava iznosi  $10^{-4}$  do  $10^{-6}$  m/dan. Prema Bačani & Posavec (2013) hidraulička vodljivost proslojka je  $10^{-2}$  m/dan.

Drugi vodonosni sloj sastoji se od šljunaka i pijesaka s više sitnozrnatijeg materijala. Dubinski interval zalijeganja drugog vodonosnog sloja je na području Bartolovca 55 m do preko 100 m. Na području crpilišta Varaždin se nalazi na dubini 46 do 64 m, ali zapadno od crpilišta isklinjava. U bušotini PDS-7 koja se nalazi oko 2 km zapadno od crpilišta debljina drugog sloja je 1,5 m, a u bušotinama PDS-5 u Vidovcima i PDS-6 u Petrijancima drugi sloj nije nabušen. Na području crpilišta Vinokovščak drugi vodonosni sloj se nalazi na dubini 22 do 28 m u sjeverozapadnom dijelu crpilišta (bušotina SPV-6), odnosno na dubini 35 do 50 m u jugoistočnom dijelu crpilišta (bušotina SPV-7). Prosječna vrijednost hidrauličke vodljivosti određena na temelju pokusnog crpljenja je na području Bartolovca 140 m/dan, transmisivnost  $6200 \text{ m}^2/\text{dan}$ , a koeficijent uskladištenja  $2,2 \times 10^{-4}$ . Hidraulička vodljivost drugog vodonosnog sloja na području crpilišta Varaždin je 90 m/dan, transmisivnost  $1440 \text{ m}^2/\text{dan}$ , a uskladištenje  $1,9 \times 10^{-5}$ . Na području crpilišta Vinokovščak sva tri zdenca zahvaćaju oba vodonosnika. Prosječna hidraulička vodljivost oba vodonosnika je 55 m/dan. Prema Bačani & Posavec (2013) vrijednost efektivne sredine mjerenih podataka hidrauličke vodljivosti za drugi vodonosni sloj je 70 m/dan.

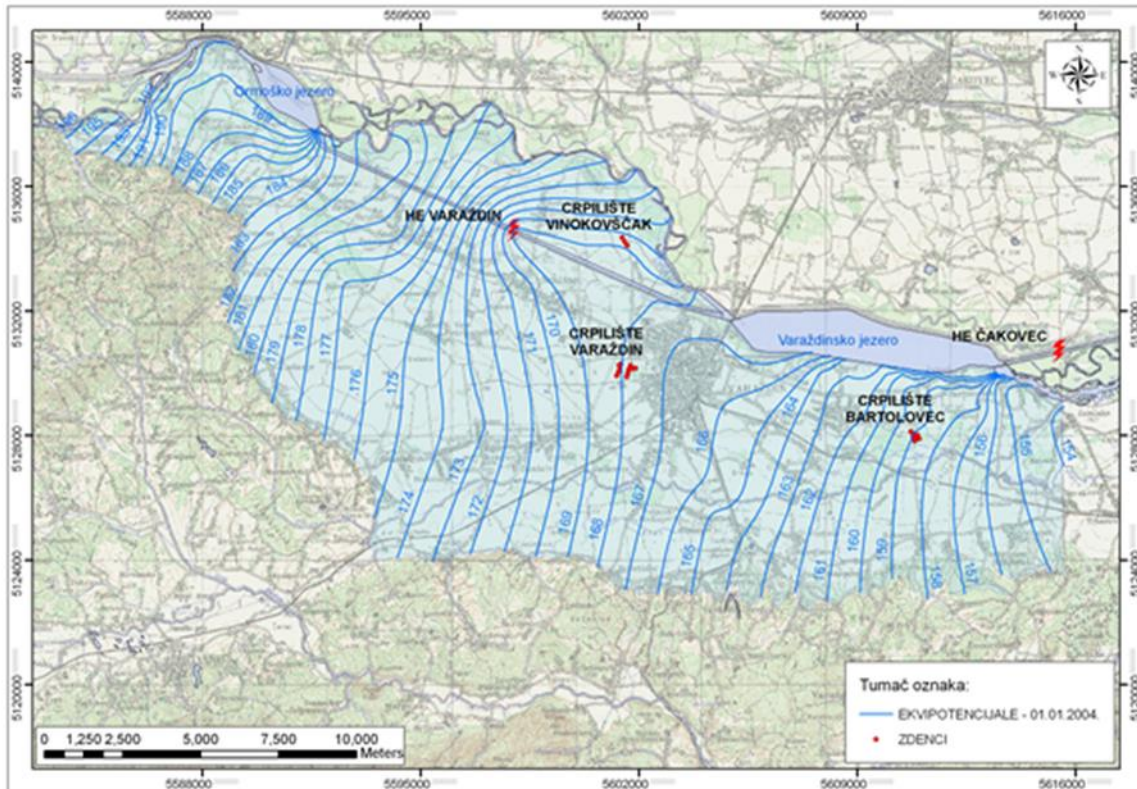
Krovinu vodonosnog sustava čini humus i prašinasto-glinovito-pjeskovite naslage čija debljina se na području crpilišta Bartolovec kreće od 0,3 do 2 m, na području crpilišta Varaždin od 0,0 do 1,6 m, a na području crpilišta Vinokovščak od 0,0 do 2,0 m.

Podina vodonosnog sustava se sastoji od gline, praha i lapora. Hidraulička vodljivost na lokaciji HE Dubrava određivana na uzorcima u edometru iznosi  $10^{-6}$  do  $10^{-7}$  m/dan.

Rubne granice vodonosnog sustava mogu se u hidrauličkom smislu opisati nepropusnom granicom na jugu i zapadu prema Maceljskom gorju, Ravnoj gori i Varaždinsko-topličkom gorju, granicama poznatog potencijala na sjeveru koje čine rijeka Drava s akumulacijskim jezerima Ormož, Varaždin i Dubrava i granicom otjecanja na istoku. Granicom

poznatog potencijala opisan je i odvodni kanal HE Varaždin koji predstavlja jedan od dominantnih graničnih uvjeta varaždinskog vodonosnika i koji u velikoj mjeri utječe na smjerove gibanja podzemne vode u vodonosniku.

Drava i akumulacijska jezera u svim hidrološkim uvjetima napajaju vodonosnik dok odvodni kanala HE Varaždin predstavlja dren podzemnih voda. Generalni smjer toka podzemne vode je od sjeverozapada, zapada prema jugoistoku, istoku (Slika 18.3).



Slika 18.3. Karta ekvipotencijala na dan 01.01.2004. (preuzeto iz Bačani i Posavec, 2013)

#### 18.2.4. Obnovljive zalihe podzemnih voda

Obnovljive zalihe procijenjene na temelju kolebanja razine podzemne vode iznose  $88 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/god, a ukupna količina crpljenja na crpilištima Varaždin, Bartolovec i Vinokovšćak iznosi  $1,11 \times 10^7$  što čini 12,6% obnovljivih zaliha.

#### 18.2.5. Površinske vode i ekosustavi povezani s podzemnim vodama

Drava s akumulacijskim jezerima Ormož, Varaždin i Dubrava predstavljaju bočne granice vodnog tijela i u hidrauličkoj vezi su s podzemnom vodom. Drava je zaštićeno područje u kategoriji regionalni park.

#### 18.2.6. Ocjena kemijskog stanja

Ocjena kemijskog stanja svih vodnih tijela R. Hrvatske detaljno je opisana u poglavlju 12. Ovdje se navode samo zaključci koji se odnose na Varaždinsko područje. Tijelo podzemnih voda Varaždin je u lošem kemijskom stanju, s niskom razinom pouzdanosti. Srednje vrijednosti nitrata na razini tijela podzemnih voda su prema testu „Ocjena opće kakvoće“ u 3 kvartala (od 19) prekoračile granične vrijednosti (manje od 50% ukupnih kvartalnih perioda), no prema DWPA („Zaštićena područja za pitke vode“) testu podataka sa crpilišta Varaždin zabilježeno je 18 od 18 „kritičnih“ kvartala, odnosno prekoračenja graničnih vrijednosti. Nitrati u podzemnoj vodi su antropogenog podrijetla.

### 18.3. Daljnja karakterizacija vodnog tijela Legrad -Slatina

#### 18.3.1. Geografske značajke

Ravničarski predjeli vodnog tijela Legrad-Slatina morfološki ocrtavaju protezanje dravske depresije. Ograničeno je rijekom Dravom na sjeveru i Bilogorom duž južne i jugoistočne granice. Vodno tijelo Legrad-Slatina obuhvaća površinu od 2370,6 km<sup>2</sup>. Godišnja količina oborina u razdoblju 2008.-2014. je 856 mm, a srednja godišnje temperatura zraka je 11,1°C.

#### 18.3.2. Geološke značajke

U geološkoj građi širega područja izdvajaju se dvije geotektonske jedinice s različitom geološkom građom i morfološkim obilježjima što je rezultiralo i s izrazito različitim hidrogeološkim značajkama. To su:

- Dravska depresija u kojoj je formiran debeli kvartarni vodonosni kompleks.
- Bilogorsko gorje koje izgrađuju slabo propusne tvorevine, i koje se nepropusnom granicom kvartarnog vodonosnoga kompleksa.

Površinski promatrano geološka građa pridravske ravnice je vrlo jednolična kako kronostratigrafski jer su to sve najmlađe naslage koje pripadaju holocenu i najmlađem pleistocenu, tako i litološki jer su na površini uglavnom glina, prah i pijesak koji se pojavljuju u mješavini i izmjeni. Ipak, i površinski ima sustavnih diferencijacija kako u morfološkom tako i



u litostratigrafskom smislu, a u litološkoj diferencijaciji najmlađih naslaga mogu se zamjetiti i odrazi dubokih struktura.

### 18.3.3. Hidrogeološke značajke

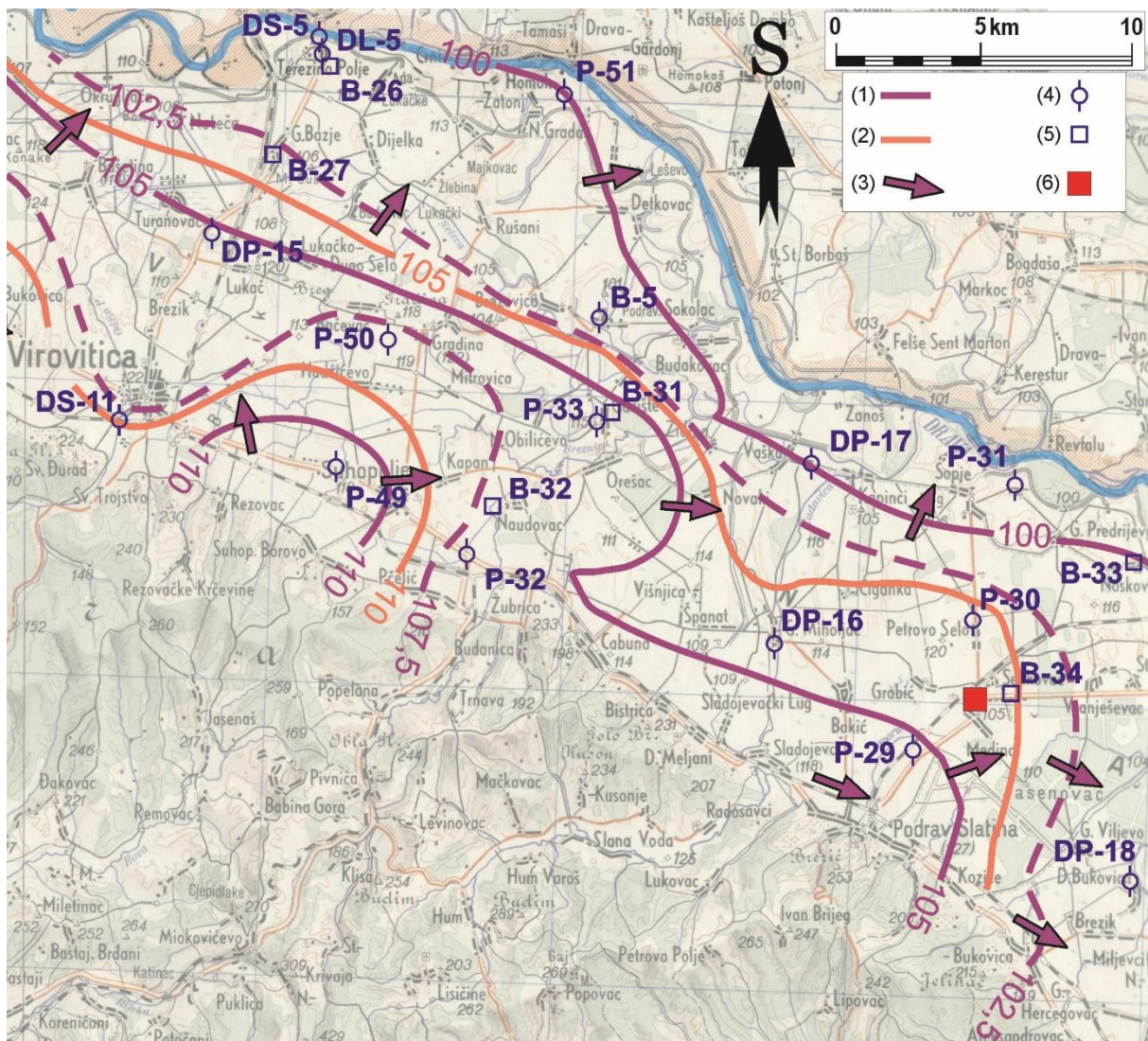
Ravničarski predjeli Podravine morfološki ocrtavaju protezanje dravske depresije. U njoj su istaložene vrlo debele tercijarne i kvartarne naslage, a njihovom vršnom dijelu pojavljuje se kvartarni vodonosni kompleks, u kojemu su nakupljene velike količine podzemnih voda i predstavljaju glavna izvorišta vodoopskrbe.

U ujednačenom ravničarskom području ipak se naziru tragovi razvedenosti terena, a prema regionalnom morfološkom, a i hidrogeološkom značenju mogu se izdvojiti dvije jedinice:

- Nizinski predjeli pretežitog dijela dravske ravnice u kojima su uskladištene velike količine podzemnih voda (vodonosnici velike ukupne debljine). Za kakvoću podzemnih voda ovih predjela karakteristični su reduktivni uvjeti za koje je jedna od karakterističnih posljedica povišeni sadržaj željeza, mangana i prirodnog sadržaja amonijaka.
- Drugo područje su rubne terase koje nemaju kontinuirano pružanje, a vjerojatno su i različite geneze, no zajedničko im je manja debljina naslaga i manja reduktivnost uvjeta, a mjestimice izražena oksidiranaost naslaga. Posljedica je povoljnija prirodna kakvoća podzemne vode. Ovakvi predjeli pojavljuju se kao terase rubnih zapadnih predjela u obliku Đurđevačko-Pitomačke terase, koja je vjerojatno prvenstveno uvjetovana neotektonskim zbivanjima u jugoistočnim rubnim terasastim predjelima.

Poznavanje geološke građe i hidrogeoloških uvjeta temelji se na podacima naftnogeoloških istraživanja potencijalnih ležišta ugljikovodika i hidrogeoloških istraživanja pojedinih crpilišta. Općenito je poznato da su u dravskoj depresiji istaložene debele naslage kvartara i tercijara, koje su bogate podzemnim vodama. Za potrebe vodoopskrbe zanimljiv je samo najgornji dio ovog vodonosnog kompleksa. To je aluvijalni vodonosnik heterogene litološke građe, a obuhvaća naslage od površine terena do regionalnog repera Q' (Urumović et al., 1976). Dubina repera Q' u području vodnog tijela Legrad-Slatina kreće se oko 150-200 m Idući prema rubnim predjelima oplićava, a uz sjeverne pristranke srednjoslavonskoga gorja vodonosni kompleks u nekim predjelima uklinjava u proluvijalne nanose, a ponegdje je u

rasjednom kontaktu s tercijskim naslagama. U litološkom sastavu aluvijalnog vodonosnika pojavljuje se pijesak i šljunak, koji izgrađuju propusne slojeve, te prah i glina koji izgrađuju polupropusne slojeve. Pojava šljunka dominira u svim zapadnim i južnim terasastim predjelima, a u istočnim predjelima prevladavaju srednjo i krupnozrnati pijesci.



Slika 18.4. Regionalni ocrta razina podzemnih voda u vodnom tijelu Legrad-Slatina visoke vode, (2) niske vode, (3) smjer toka, 4( piezometar), 5 (zdenac)

Za odnos debljine propusnih i polupropusnih slojeva cjelokupnog kompleksa naslaga može se procijeniti da se najčešće kreće od 1/2 do 2/1 prema podacima iz šire regije Dravske depresije. Vrijednosti hidrogeoloških parametara kvartarnoga vodonosnika istraživani su na pojedinim crpilištima. Koristeći starije, a i najnovije analize mogu se kao karakteristične vrijednosti parametara vodonosnika navesti iznosi:

$K = 15 - 150 \text{ m/dan}$  - hidraulička vodljivost vodonosnika,  
 $K' = (1,5-9) \cdot 10^{-3} \text{ m/dan}$  - vertikalna hidraulička vodljivost polupropusne krovine,  
 $S = 0,1-2 \cdot 10^{-3}$  - koeficijent uskladištenja vodonosnika,  
 $n = 0,15-0,20$  - efektivna poroznost pijeska,  
 $n' = 0,03-0,16$  - efektivna poroznost naslaga u krovini kaptiranog vodonosnika

Vodonosni kompleks je u pravilu pokriven slabopropusnim naslagama, koje su obično izgrađene od močvarnih i kopnenih prapora. Kopneni prapori u pravilu prekrivaju pozitivne strukture, a močvarni su istaloženi u ulekninama. Česta je pojava da kopneni prapori mjestimice prekrivaju močvarne prapore. Debljina pokrovnih naslaga raste od zapada, gdje iznosi oko 5 m, prema istoku i kreće se u rasponu 10-20 m.

#### 18.3.4. Obnovljive zalihe podzemnih voda

Obnovljive zalihe procijenjene na temelju kolebanja razine podzemne vode iznose  $3,62 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{god}$ , a ukupna količina crpljenja na crpilištima iznosi  $8,83 \times 10^6$  što čini 2,45% obnovljivih zaliha.

Regionalno napajanje podzemnih voda prvenstveno se odvija infiltracijom padalina. Vrijednost infiltracije padalina koji ponire do najplićega vodonosnika kreće se u rasponu od 10 – 20 %. Obnavljanje podzemnih voda u dubljim vodonosnicima odvija se procjeđivanjem kroz polupropusne (glinovito-prašinate) međuslojeve iz vodonosnika s višom prema vodonosniku s nižom piezometarskom razinom. Bitan diskontinuitet u vertikalnom kretanju podzemnih voda javlja se na razini repera Q' koji čini podinu kvartarnog vodonosnog kompleksa.

#### 18.3.5. Površinske vode i ekosustavi povezani s podzemnim vodama

Drava predstavlja bočne granice vodnog tijela i u hidrauličkoj je vezi s s podzemnom vodom. Drava je zaštićeno područje u kategoriji regionalni park.

#### 18.3.6. Ocjena kemijskog stanja

Ocjena kemijskog stanja svih vodnih tijela R. Hrvatske detaljno je opisana u poglavlju 12. na temelju kojeg se može zaključiti kako je tijelo podzemnih voda Legrad-Slatina je u dobrom kemijskom stanju, s niskom razinom pouzdanosti.

Po glavnim kemijskim sastojcima vode su anionski hidrokarbonatnog, a kationski kalcijско-mješаног facijesa, kao posljedice procesa napajanja te prevladavajućih tokova u regionalnom mjerilu. No za kakvoću podzemnih voda u aluvijalnim vodonosnicima Dravske grabe glede tzv. sporednih sastojaka, važnih za vodoopskrbu, presudni su uvjeti taloženja naslaga. Naime taloženje se odvijalo u depresiji u kojoj su se pretežito održavali močvarni uvjeti i odgovarajuća reduktivna sredina. Reduktivnost sredine uglavnom se održala i kasnije na što ukazuje i prevladavajuća kvaliteta podzemne vode. Pretežito se radi o podzemnim vodama s visokim sadržajem željeza, mangana, slobodnog prirodnog amonijaka i pratećih elemenata.

U širem regionalnom smislu izuzetci su pojedini slojevi koji su tijekom ili nakon njihovoga taloženja bili izloženi okopnjavanju i vezano s tim nastajala je oksidacija teških metala i njihovo taloženje na skelet krutog matriksa, dok je amonijak preko nitrita prelazio u nitrate. Ovakve pojave odigravale su se u većoj mjeri u području rubnih terastih predjela i to iz nekoliko razloga. Radi se o terenu koji je relativno stabilniji od središnjih predjela grabe i koji je zbog toga izostajao u općem procesu tonjenja, pa su postojali uvjeti za povremeno okopnjavanje. Temperatura podzemne vode raste s dubinom zalijeganja slojeva. U najplićim slojevima temperatura vode kreće se od 10-14 °C, a na dubini uvjetnog repera Q' temperatura podzemne vode doseže 14 do 20°C. Geotermijski stupanj kreće se oko 20 do 25 m/°C.

19. Preporuke za provedbu mjera i aktivnosti u okviru Plana  
upravljanja vodnim područjima za razdoblje od 2016. do  
2022. godine

## Sadržaj

19. Preporuke za provedbu mjera i aktivnosti u okviru Plana upravljanja vodnim područjima za razdoblje od 2016. do 2022. godine.....	19-1
19.1. Unaprjeđenje konceptualnih modela grupa tijela podzemne vode na području panonskog dijela Republike Hrvatske .....	19-1
19.2. Unaprjeđenje postojećih programa monitoringa kemijskoga i količinskoga stanja podzemnih voda .....	19-3
19.3. Unaprjeđenje ocjene kemijskoga stanja podzemnih voda .....	19-4
19.4. Unaprjeđenje ocjene količinskoga stanja podzemnih voda.....	19-6
19.5. Unaprjeđenje procjene rizika podzemnih voda .....	19-7

## Preporuke za provedbu mjera i aktivnosti u okviru Plana upravljanja vodnim područjima za razdoblje od 2016. do 2022. godine

U ovom završnom poglavlju sumarno su prikazane glavne preporuke za provedbu mjera i aktivnosti, koje je potrebno provoditi u grupiranim vodnim tijelima na području panonskog dijela Republike Hrvatske, u okviru Plana upravljanja vodnim područjima za razdoblje od 2016. do 2022. godine. Navedene preporuke proizlaze iz zaključaka pojedinih poglavlja ove Studije.

### 19.1. Unaprjeđenje konceptualnih modela grupa tijela podzemne vode na području panonskog dijela Republike Hrvatske

Za potrebe ocjene kemijskoga i količinskoga stanja te procjene rizika izrađeni su konceptualni modeli grupiranih tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske, s jasno definiranim područjima napajanja, toka podzemne vode i područja istjecanja. Tijekom izrade konceptualnih modela pokazalo se da je razina istraženosti grupiranih vodnih tijela koja se nalaze u dolinskom dijelu rijeka Save i Drave (Međimurje, Varaždinsko područje, Legrad – Slatina, Novo Virje, Istočna Slavonija - sliv Drave i Dunava, Zagreb, Lekenik-Lužani i Istočna Slavonija - sliv Save) daleko viša, nego što je to slučaj s ostalim grupiranim vodnim tijelima (Sliv Bednje, Sliv Krapine, Žumberak - Samoborsko gorje, Donji tok Kupe, Donji tok Une, Sliv Lonja - Ilova – Pakra, Sliv Orljave).

Iako je razina pouzdanosti konceptualnih modela za grupe vodnih tijela koja se nalaze u dolinskom dijelu rijeka Save i Drave veća u odnosu na ostala grupirana tijela podzemne vode, pokazalo se da je sve konceptualne modele (svih grupa tijela podzemne vode) potrebno nadograditi u narednom ciklusu Plana upravljanja, prije svega zbog boljeg razumijevanja geoloških i hidrogeoloških značajki te antropogenih utjecaja na stanje podzemnih voda.

Činjenica jest da su postojeći prikazi konceptualnih modela za grupe vodnih tijela koja se nalaze u dolinskom dijelu rijeka Save i Drave načinjeni na temelju dostupnih podataka o istraživačko-piezometarskim bušotinama, koje su u najvećoj mjeri izvedene za potrebe projektiranja i eksploatacije pojedinih crpilišta. Kako bi se dobio bolji konceptualni prikaz svakog vodnog tijela potrebno je prostorni raspored istraživačko-piezometarskih bušotina prilagoditi regionalnom mjerilu, kako u tlocrtu tako i u razrezu. Dostupni podaci najčešće su

nedostajali upravo uz granice pojedinih vodnih tijela pa je samim time njihova geometrija shematski prikazana. Nadalje, u izrazito heterogenim uvjetima koji su karakteristični za kvartarni vodonosni sustav, potrebno je posebnu pozornost posvetiti kvaliteti podataka po vertikali vodonosnoga sustava, u cilju boljega definiranja svojstva pripovršinskih naslaga kroz koje se odvija napajanje dubljih vodonosnih slojeva. U tom smislu, preporuka je da se, nakon uspostave nadzornih i operativnih monitoringa kemijskoga i količinskoga stanja, sukladno zaključcima iz poglavlja 6 ove Studije, što uključuje i izvedbu novih strukturno-piezometarskih bušotina, utvrdi potreba za izvedbom dodatnih piezometarskih bušotina (primjerice piezometarskih gnijezda s piezometrima izbušenim na različitim dubinama), u okviru istraživačkoga monitoringa radi upoznavanja građe i stanja vodonosnih sustava i podzemnih voda u okviru pojedinih grupa tijela podzemne vode. To bi s jedne strane omogućilo unaprjeđenje konceptualnih modela s većom razinom pouzdanosti, a s druge strane to bi bio i veliki doprinos kvaliteti ukupnog monitoringa na promatranom području.

Za izradu konceptualnih modela grupiranih vodnih tijela koja nisu u dolinama Save i Drave bilo je izuzetno malo raspoloživih podataka, posve lokalnog karaktera, pa su ti konceptualni modeli izrađeni s relativno niskom razinom pouzdanosti. Za bolje poznavanje tih vodnih tijela, odnosno za višu razinu pouzdanosti njihovih konceptualnih modela, potrebno je provesti opsežnija hidrogeološka istraživanja prema prethodno sačinjenom projektu. Dodatna istraživanja trebaju obuhvatiti analizu postojećih podataka (geoloških i hidrogeoloških) iz fondova podataka mjerodavnih institucija te, po potrebi, izvedbu novih strukturno-piezometarskih bušotina u okviru istraživačkoga monitoringa, čiji će prostorni raspored biti prilagođen regionalnom mjerilu. Projektnim zadatkom za svaku pojedinu grupu tijela podzemne vode potrebno je definirati opseg i mjerilo hidrogeoloških istraživanja, u okviru kojih se mogu raditi tematske geološke, strukturne i/ili hidrogeološke karte na razini grupe tijela podzemne vode. Uz navedeno, u okviru novo uspostavljenih operativnih i nadzornih monitoringa kemijskog i količinskog stanja, a po potrebi i u okviru istraživačkoga monitoringa, nužno je osigurati i praćenje razina i kakvoće podzemne vode, a u krškim vodonosnicima praćenje količine izviranja i kakvoće izvorske vode.



## 19.2. Unaprjeđenje postojećih programa monitoringa kemijskoga i količinskoga stanja podzemnih voda

Rezultati analize postojećih programa monitoringa (uključujući i programe prijavljene Europskoj uniji) kemijskoga i količinskoga stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Republike Hrvatske detaljno su prikazani u poglavljima 5 i 7 ove Studije. Utvrđeno je, između ostaloga, da postojeći programi monitoringa, kao i programi koji su prijavljeni EU, nisu usklađeni sa zahtjevima koji proizlaze iz EU direktiva, a naročito u odnosu na kriterije koji su definirani smjernicama iz CIS vodiča i tehničkih vodiča. Tu se prije svega misli na specifične kriterije iz CIS vodiča i tehničkih vodiča, koji se odnose na reprezentativnost mjernih postaja, kako u odnosu na broj mjernih postaja u pojedinim grupama ili osnovnim tijelima podzemnih voda, tako i u odnosu na RU indeks, koji je preduvjet za prostorno agregiranje podataka za ocjenu stanja i procjenu rizika te za utvrđivanje trendova na razini grupe tijela podzemne vode. Prilikom odabira mjernih postaja nisu razmatrani konceptualni modeli tijela podzemnih voda, naročito regionalne i lokalne geološke i hidrogeološke značajke, intenzitet i veličina pritisaka od ljudskih aktivnosti te njihov mogući utjecaj na značajne ekosustave i/ili crpilišta/izvorišta u razmatranim tijelima podzemne vode. Uz navedeno, u okviru monitoringa kemijskoga stanja utvrđeni su nedostaci koji se odnose na odabir parametara i učestalost uzimanja uzoraka. Činjenica jest da nije poznato na koji način su utvrđeni dopunski parametri kakvoće, koji mogu ukazivati na mogući utjecaj pritisaka određenih tijekom procjene rizika, naročito u slučajevima kada je procjena rizika provedena s niskom razinom pouzdanosti. Uz navedeno, rezultati ocjene stanja i procjene rizika, prikazani u poglavljima 12, 14 i 15, pokazali su da u pojedinim slučajevima učestalost uzimanja uzoraka nije bila zadovoljavajuća, radi čega nije bilo moguće provesti određene testove, odnosno pouzdanost dobivenih rezultata je bila niska.

Zbog svega navedenoga, načinjen je prijedlog novih programa nadzornog i operativnog monitoringa kemijskoga stanja, kao i nadzornoga monitoringa količinskoga stanja podzemnih voda, prikazanih u poglavlju 6. U odnosu na programe monitoringa koji su prijavljeni EU, u poglavlju 7 prikazani su prijedlozi unaprjeđenja monitoringa kemijskog i količinskog stanja s određenim prioritetima i dinamikom izvedbe. S tim u vezi, preporuka je da se odmah pristupi novelaciji novih programa monitoringa, sukladno zaključcima iz navedenih poglavlja.

### 19.3. Unaprjeđenje ocjene kemijskoga stanja podzemnih voda

Projektom zadatkom Hrvatskih voda definirana je obaveza izrade prijedloga nacionalne metodologije ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske, koja uključuje i prijedlog metodologija određivanja graničnih (engl. threshold) i pozadinskih (engl. background) vrijednosti kemijskih parametara. Metodologija, koja je prikazana u poglavlju 8 ove Studije, uspješno je primijenjena i temeljem nje ocjenjene su sve grupe tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. No, prilikom primjene navedene metodologije uočeni su određeni nedostaci, ponajprije u kvaliteti dostupnih podataka, koji su rezultirali niskom pouzdanosti rezultata ocjene kemijskog stanja svih grupa tijela podzemne vode. U nastavku se navode glavni problemi i preporuke/mjere koje je potrebno primijeniti u narednom razdoblju, kako bi pouzdanost ocjene kemijskoga stanja bila viša.

Problemi s kvalitetom podataka kemijskoga stanja evidentiran je prilikom određivanja pozadinskih vrijednosti za glavne parametre u podzemnim vodama panonskoga dijela Republike Hrvatske, navedene u dodatku I. i II. Direktive za podzemne vode (nitrati, arsen, kadmij, olovo, živa, amonij, kloridi, sulfati, ukupni fosfor, fosfati i vodljivost), kao i za neke dodatne pokazatelje mogućega onečišćenja podzemnih voda. Za značajan dio grupa vodnih tijela i parametara kakvoće bilo je moguće primijeniti tzv. *objektivne metode za određivanje pozadinskih vrijednosti, temeljene na modelu*, u koje pripadaju IT – iterativna  $2\sigma$  tehnika i IFR – izračunata funkcija raspodjele, međutim, u određenim slučajevima, prikazanim u poglavlju 9, pokazalo se da zbog nedostatnosti ili nedovoljne kvalitete podataka nije moguće primijeniti objektivne metode, već se morao primijeniti pojednostavljeni pristup, temeljen na primijeni subjektivnih metoda, koji daje samo aproksimativne vrijednosti pozadinskih vrijednosti. U pojedinim slučajevima utvrđeno je da podataka uopće nema za pojedine grupe tijela podzemne vode te je tada, sukladno odredbama Direktive o izmjenama i dopunama Direktive za podzemne vode iz 2014. godine (točka 1c Dodatka Direktive) pozadinska vrijednost za određeni parametar u razmatranoj grupi tijela podzemne vode preuzeta iz grupe tijela podzemne vode koja ima isti tip vodonosnika i za koju je bilo dovoljno podataka za određivanje pozadinske vrijednosti za taj parametar. Zbog navedenoga, predlaže se da se, nakon uspostave odgovarajućega monitoringa kemijskoga stanja u grupama tijela podzemnih voda, ponovi određivanje pozadinskih vrijednosti svih glavnih i dopunskih parametara, a naročito onih za koje su pozadinske vrijednosti određene temeljem subjektivnih metoda. To je naročito važno

i zbog toga što granične vrijednosti, a time i rezultati ocjene kemijskoga stanja, uvelike ovise o pozadinskim vrijednostima kemijskih parametara.

Slični problemi s kvalitetom podataka kemijskoga stanja podzemnih voda javljaju se i prilikom određivanja graničnih vrijednosti parametara, naročito onih koji se u podzemnoj vodi javljaju kao posljedica prirodnih uvjeta i utjecaja čovjeka (primjerice teški metali). Naime, sve one granične vrijednosti parametara koje su određene temeljem aproksimativno određenih pozadinskih vrijednosti (zbog gore navedenih uzroka) ne mogu dati pouzdanu ocjenu kemijskoga stanja. Zbog navedenoga, a sukladno preporukama u poglavlju 9, preporučuje se da se izračun graničnih vrijednosti ponovi nakon uspostave relevantnih programa nadzornoga i operativnoga monitoringa kemijskoga stanja podzemnih voda. Navedeni programi morali bi osigurati dovoljno kvalitetne podatke za izračun graničnih vrijednosti s visokom razinom pouzdanosti.

U okviru ocjene kemijskoga stanja provedena je i analiza značajnih i stalnih trendova onečišćivala na razini grupa tijela podzemne vode, temeljem metodologije za određivanje statističkih značajnih trendova, prikazanih u poglavlju 10. Analiza trendova jest sastavni dio metodologije za ocjenu kemijskoga stanja, koja se koristi u okviru provedbe testova *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora vode loše kakvoće* i *Zaštićena područja za pitke vode*. Rezultati analize trendova pokazali su da za većinu grupiranih vodnih tijela ne postoji dovoljno podataka za zaključivanje o postojanju trendova, što je naročito vidljivo u sumarnom prikazu rezultata analize trendova, iz Tablice 11.19 u poglavlju 11. Uz navedeno, dodatni problem jest i nedostatak LOQ/LOD vrijednosti (granica kvantifikacije i detekcije) za pojedine parametre, kao i informacija vezanih uz korištenje normi i analitičkog instrumenta pomoću kojih se provelo određivanje koncentracije kemijskog parametra. S obzirom da su navedene informacije kritične u postupku određivanja trendova, dobiveni rezultati određivanja trendova nisu pouzdani. Preporuka je stoga da se određivanje trendova onečišćivala ponovi nakon uspostave relevantnih programa nadzornoga i operativnoga monitoringa kemijskoga stanja podzemnih voda te nakon što se pribave informacije o LOQ/LOD vrijednosti za pojedine parametre, koje su kritični pokazatelj u postupku određivanja trendova na agregiranim podacima na razini grupe tijela podzemne vode.

Loša kvaliteta podataka kemijskoga stanja utjecala je i na konačne rezultate ocjene kemijskoga stanja. Naime, sve grupe tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske ocijenjene su s niskom razinom pouzdanosti. U poglavlju 12 detaljno su prikazani

rezultati po grupiranim vodnim tijelima, no ovdje je potrebno istaknuti da su u pojedinim grupama vodnih tijela (primjerice Zagreb, Legrad-Slatina, Istočna Slavonija – Sliv Drave i Dunava i Sliv Save itd.) uočene povišene koncentracije parametara (iznad pozadinskih i graničnih vrijednosti) koji se prirodno javljaju u vodonosnoj sredini, ali postoji opravdana sumnja da su njihove visoke koncentracije dijelom posljedica i antropogenih utjecaja. Zbog svega navedenoga ocjenu kemijskoga stanja za sve grupirane cjeline podzemne vode potrebno je provesti odmah nakon uspostave relevantnih programa nadzornoga i operativnoga monitoringa kemijskoga stanja podzemnih voda. Preporuka je da se prethodna ocjena kemijskoga stanja podzemnih voda provede nakon dvije godine provedbe novoga programa nadzornoga i operativnoga monitoringa kemijskoga stanja. Također je preporuka da se metodologije za određivanje pozadinskih i graničnih vrijednosti, značajnih i stalnih trendova onečišćivala te ocjenu kemijskoga stanja usvoje kao podzakonski akt Zakona o vodama ili kao nacionalne smjernice za primjenu Okvirne direktive o vodama i Direktive za podzemne vode, u dijelu koji se odnosi na kemijsko stanje podzemnih voda.

#### 19.4. Unaprjeđenje ocjene količinskoga stanja podzemnih voda

Projektom zadatkom Hrvatskih voda definirana je obaveza izrade prijedloga nacionalne metodologije ocjene količinskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Metodologija, koja je prikazana u poglavlju 13 ove Studije, uspješno je primijenjena i temeljem nje ocjenjene su sve grupe tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. No, prilikom primjene navedene metodologije uočeni su određeni nedostaci, ponajprije u kvaliteti podataka (u odnosu na primjenu testa „Prodor slane vode ili drugih prodora loše kakvoće“) koji su rezultirali niskom pouzdanosti rezultata ocjene kemijskog stanja onih grupa tijela podzemne vode za koje je bilo moguće provesti test (vidi Tablicu 14.1. u poglavlju 14). Konkretno, ocjena količinskoga stanja provodi se i na temelju rezultata spomenutoga testa, koji se provodi u okviru ocjene kemijskoga stanja. Zbog navedenoga, svi problemi koji su prethodno navedeni u kontekstu primjene ovoga testa, vrijede i u slučaju ocjene količinskoga stanja.

Uz navedeno, dodatni problem u primjeni ove metodologije jest i određivanje reprezentativne površine (volumena) vodnoga tijela, u odnosu na koju se procjenjuju dostupne obnovljive zalihe podzemnih voda. Detalji ovoga problema obrazloženi su na stranici 14-4 u poglavlju 14. U osnovi, autori ove Studije smatraju da je prilikom definiranja dostupnih

obnovljivih zaliha podzemne vode potrebno uzeti u obzir samo površinu koju zauzimaju osnovni i sekundarni vodonosnici, kako su definirani u postupku inicijalne karakterizacije tijekom 2005. godine (Brkić et al., 2005). Činjenica jest, međutim, da su EU ranije prijavljene dostupne obnovljive zalihe podzemne vode koje su izračunate tako da je u obzir uzeta ukupna površina grupe tijela podzemne vode, radi čega su vrijednosti obnovljivih zaliha znatno više u odnosu na vrijednosti koje se dobivene korištenjem prethodno spomenute metodologije koju zastupaju autori. Zbog činjenice da postoji nesuglasje u primjeni metodologije za određivanje obnovljivih zaliha podzemnih voda, predlaže se da se nakon uspostave novo predloženoga monitoringa količinskoga stanja podzemnih voda ponovi analiza dostupnih količina obnovljivih zaliha podzemnih voda po osnovnim ili grupiranim tijelima podzemne vode, ovisno o količini dostupnih podataka. Predlaže se da se izbor konačne metodologije za određivanje dostupnih obnovljivih zaliha podzemnih voda provede u okviru opsežnijih hidrogeoloških istraživanja prema prethodno sačinjenom projektu, koji bi se implementirao za karakteristične grupe tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Također je preporuka da se, nakon izbora odgovarajuće metodologije za određivanje dostupnih količina obnovljivih zaliha podzemne vode, izradi konačni prijedlog metodologije za ocjenu količinskog stanja te da se isti usvoji kao podzakonski akt Zakona o vodama ili kao nacionalna smjernica za primjenu Okvirne direktive o vodama i Direktive za podzemne vode, u dijelu koji se odnosi na količinsko stanje podzemnih voda.

## 19.5. Unaprijeđenje procjene rizika podzemnih voda

Projektom zadatkom Hrvatskih voda definirana je obaveza izrade prijedloga nacionalne metodologije procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskog stanja za tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Metodologija, koja je prikazana u poglavlju 15 ove Studije, uspješno je primijenjena i temeljem nje je procijenjen rizik za sve grupe tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. S obzirom na činjenicu da su u postupku procjene rizika korišteni istovrsni podaci i elementi stanja koji su korišteni i u postupku ocjene stanja, uočeni su određeni nedostaci, ponajprije u kvaliteti dostupnih podataka. U svim slučajevima kada je ocijenjeno da je kvaliteta podataka za potrebe procjene rizika loša ili podataka nema, tada je, sukladno „*principu predostrožnosti*“, određeno tijelo podzemne vode označeno da je u riziku s niskom razinom pouzdanosti (vidi Tablice 17.4 i 17.5).

Zbog navedenoga, u postupku procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga stanja, sve grupe tijela podzemne vode procijenjene su s niskom pouzdanosti. U postupku procjene rizika od nepostizanja dobrog količinskoga stanja, niska pouzdanost određena je za sve one grupe tijela podzemne vode za koje nije bilo moguće provesti test „Prodor slane vode ili drugih prodora loše kakvoće“. Uz navedeno, identično kao i u slučaju primjene metodologije za ocjenu količinskoga stanja podzemnih voda, dodatni problem u primjeni ove metodologije predstavlja i određivanje reprezentativne površine (volumena) vodnoga tijela, u odnosu na koju se procjenjuju dostupne obnovljive zalihe podzemnih voda.

Zbog navedenoga, procjenu rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskog stanja za tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske potrebno je provesti odmah nakon uspostave relevantnih programa nadzornoga i operativnoga monitoringa kemijskoga stanja podzemnih voda. Preporuka je da se procjena rizika provede nakon dvije godine provedbe novoga programa nadzornoga i operativnoga monitoringa kemijskoga i količinskoga stanja, kako bi se procijenila učinkovitost definiranih mjera zaštite u Planu upravljanja vodnim područjima. Također je preporuka da se metodologija procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskog stanja za tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske usvoji kao podzakonski akt Zakona o vodama ili kao nacionalna smjernica za primjenu Okvirne direktive o vodama i Direktive za podzemne vode, u dijelu koji se odnosi na procjenu rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskog stanja za tijela podzemnih voda.

S obzirom na činjenicu da se daljnja karakterizacija provodi za sva osnovna ili grupirana vodna tijela koja su u riziku od nepostizanja dobrog količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda, predlaže se da se, nakon provedene ponovne procjene rizika za sve grupe tijela podzemne vode i nadogradnje konceptualnih modela, sukladno prethodno navedenom prijedlogu u ovom poglavlju, za sve grupe tijela u riziku utvrdi potreba unaprjeđenja operativnoga monitoringa kemijskog stanja te izradi daljnja karakterizacija tijela podzemne vode u cilju procjene značaja rizika i redefiniranja potrebnog programa mjera.

## 20. Literatura

## Sadržaj

20. Literatura .....	20-1
----------------------	------



## 20. Literatura

1. Agronomski fakultet (2014): Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Stručni elaborat, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
2. Aničić B. & Juriša M. (1983): Tumač za list OGK – Rogatec L 33-68, Beograd.
3. Agencija za zaštitu okoliša (AZO-2015): Točkasti onečišćivači, GIS sloj.
4. Bačani A. (1997): Značajke hidrauličkih granica vodonosnih slojeva na vododjelnici savskog i dravskog porječja u istočnoj Slavoniji. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
5. Bačani A. & Posavec K. (2009): Elaborat zaštitnih zona vodocrpilišta Strmec, Šibice i Bregana. Stručni elaborat. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
6. Bačani A. & Posavec K. (2013): Elaborat o zaštitnim zonama izvorišta Varaždin, Bartolovec i Vinokovščak (pročišćeni tekst). Stručni elaborat. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
7. Bačani A., Posavec K., Parlov J., Žubčić M., Kovač Z., Pletikosić N., Bedenicki N., Klanfar M. & Dvorabić A. (2010): Prva faza izrade programa mjera za zaštitu i sanaciju u zonama zaštite izvorišta. Stručni elaborat. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilište u Zagrebu.
8. Balderacchi M., Benoit P., Cambier P., Eklo O.M., Gargini A., Gemtzi A., Gurel M., Klöve B., Nakić Z., Preda E., Ružičić S., Wachniew P. & Trevisan M. (2013): Groundwater pollution and quality monitoring approaches at European-level, Critical reviews in environmental science and technology 43, 4, 323-408.
9. Brkić Ž. (1999): Napajanje aluvijalnih vodonosnika sjeverne Hrvatske kroz slabije propusne krovinske naslage. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
10. Brkić Ž. & Larva O. (2012): Elaborat zona sanitarne zaštite budućeg crpilišta regionalnog vodovoda Đurđevac 2. Stručni elaborat, Hrvatski geološki institut, Zagreb.
11. Brkić Ž., Biondić R., Kapelj J., Kapelj S. & Marković, T. (2005): Karakterizacija vodnih cjelina na Crnomorskom slivu u okviru implementacije Okvirne direktive o vodama EU. Stručni elaborat, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

12. Brkić Ž., Larva O. & Marković T. (2009): Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Stručni elaborat, Hrvatski geološki institut, Zagreb.
13. Brockwel P.J. & Davis R.A. (2010): Introduction to time series and forecasting, New York, Springer.
14. CIS vodič 7 (Monitoring prema Okvirnoj direktivi o vodama – 2003).
15. CIS vodič 15 (Vodič o monitoringu podzemnih voda – 2007).
16. CIS vodič 18 (Vodič o ocjeni stanja i trendova podzemnih voda - 2009).
17. CIS vodič 26 (Vodič o procjeni rizika i korištenju konceptualnih modela za podzemne vode - 2010).
18. CIS Tehnički izvještaj o monitoringu podzemnih voda (2004).
19. CIS Tehnički izvještaj o procjeni rizika za podzemne vode (2004).
20. CORINE Land Cover Hrvatska (2012) (AZO, 2013).
21. Čupić D., Marinović Ruždjak A., Milović S. & Tudić A. (2016): Izvješće o kemijskom stanju podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2014. godini. Stručni elaborat, Hrvatske vode, Zagreb.
22. Direktiva o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (Direktiva o podzemnim vodama - DPV 2006/118/EZ; 2014/80/EZ).
23. Direktiva vijeća od 12. prosinca 1991. o zaštiti voda od onečišćenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla (91/676/EEC – Nitratna direktiva).
24. Dragičević I., Blašković I., Mayer D., Žugaj R. & Tomljenović B. (1997): Gorski i prigorski vodonosnici sjeverne Hrvatske (izvješće o radovima u 1996. godini). Stručni elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
25. Dragičević I. (2014): Hidrogeološka potencijalnost gorskih i prigorskih vodonosnika sjeverne Hrvatske. Stručni elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
26. Edmunds W.M. & Shand P. (2008): Natural groundwater quality: Summary and significance for water resources management. In W.M. Edmunds & P. Shand (Eds.), Natural groundwater quality. London, England: Blackwell.
27. EU (2013): Sava River Basin Management Plan, Background paper No. 2, Groundwater bodies in the Sava River Basin.

28. European Commission (2003): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Identification of Water Bodies, Guidance document No 2.
29. Fahrmeir L., Kneib T., Lang S. & Marx B. (2013): Regression: Models, Methods and Applications, Berlin, Springer.
30. Grath J., Scheidleder A., Uhlig S., Weber K., Kralik M., Keimel T. & Gruber D. (2001): The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. Final Report.
31. Hernández-García M.E. & Custodio E. (2004): Natural baseline quality of Madrid Tertiary Detrital Aquifer groundwater (Spain): A basis for aquifer management. *Environmental Geology* 46, 173-188.
32. Hrvatski zavod za javno zdravstvo (2008): Analiza malih vodoopskrbnih sustava na području RH koji nisu uključeni u sustave javne vodoopskrbe. Stručni elaborat, Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Zagreb.
33. James G., Witten D., Hastie T. & Tibshirani R. (2014): An introduction to statistical learning with applications in R, New York, Springer.
34. Jaquet J.M., Gavaud E. & Vernet J.P. (1982): Basic concepts and associated statistical methodology in the geochemical study of lake sediments. *Hydrobiologia* 91-92, 139-146.
35. Jocha-Edelényi E., Szócs T. & Tóth G. (2005): Major groundwater bodies in Hungary and their additional chemical survey. Workshop on Groundwater Bodies in Europe and Adjacent Countries, Berlin.
36. Kelly W.R. & Panno S.V. (2008): Some considerations in applying background concentrations to ground water studies. *Ground Water* 46, 790–792.
37. Kilchmann S., Waber H.N., Parriaux A. & Bensimon M. (2004): Natural tracers in recent groundwaters from different Alpine aquifers. *Hydrogeology Journal* 12, 643-661.
38. Kwiatkowski R.E. (1991): Statistical needs in national water quality monitoring programs. *Environmental Monitoring and Assessment* 17, 253-271.
39. Lilliefors H.W. (1967): On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Jour. American Statistical Assoc.*, Vol. 62, 399-402.

40. Matschullat J., Ottenstein R. & Reimann C. (2000): Geochemical background - Can we calculate it? *Environmental Geology* 39, 990-1000.
41. Marković S. & Mioč P. (1987): Osnovna geološka karta M 1:100000, list Nađ Kaniža, L 33-58, Institut za geološka istraživanja, Zagreb i Geološki zavod, Ljubljana.
42. Marković T., Brkić Ž. & Larva O. (2013): Using hydrochemical data and modelling to enhance the knowledge of groundwater flow and quality in an alluvial aquifer of Zagreb, Croatia. *Science of the Total Environment* 458–460, 508–516, doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.04.013.
43. Miletić P. & Bačani A. (1999): EGPV: Izrada bilansa. Knjiga 4, četvrti dio, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
44. Miletić P., Perković D., Globan M., Mayer D., Blašković I., Hrvojić E., Capar A., Blašković, V., Bačani A., Rapaić M., Radiček S., Nakić Z. & Mihalić S. (1996.): Evidencija i gospodarenje podzemnim vodama Hrvatske. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
45. Mioč P. & Marković S. (1997): Osnovna geološka karta M 1:100000, list Čakovec, L 33-57, Institut za geološka istraživanja, Zagreb i Institut za geologiju, geotehniko in geofiziko, Ljubljana.
46. Nakić Z. & Dadić Ž. (2015): Ocjena stanja sirove vode na crpilištima koja se koriste za javnu vodoopskrbu u Republici Hrvatskoj. Stručni elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
47. Nakić Z., Posavec K. & Bačani A. (2007): A Visual Basic Spreadsheet Macro for Geochemical Background Analysis. *Ground Water* 45, 642–647.
48. Nakić Z., Posavec K. & Parlov J. (2010): Model-based objective methods for the estimation of groundwater geochemical background. *AQUA Mundi* 1, 65-72.
49. Nakić Z., Ružičić S., Posavec K., Mileusnić M., Parlov J., Bačani A. & Durn G. (2013): Conceptual model for groundwater status and risk assessment - case study of the Zagreb aquifer system. *Geologia Croatica*, Vol. 66, No 1.
50. Okvirna direktiva o vodama – ODV (2000/60/EZ).
51. Panno S.V., Kelly W.R., Martinsek A.T. & Hackley K.C. (2006): Estimating background and threshold nitrate concentrations using probability graphs. *Ground Water* 44, 697–709.
52. Pauše Ž. (1993): Uvod u matematičku statistiku, Zagreb, Školska knjiga.

53. Posavec K. (2006): Identifikacija i prognoza minimalnih razina podzemne vode zagrebačkoga aluvijalnog vodonosnika modelima recesijskih krivulja. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
54. Posavec K. & Bačani A. (2014): Elaborat o zonama zaštite izvorišta Nedelišće, Prelog i Sveta Marija (pročišćeni tekst). Stručni elaborat. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
55. Posavec K. & Mustač I. (2009): Zone sanitarne zaštite međimurskih vodocrpilišta. Hrvatske vode 17, 68, 113-124.
56. Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 141/13, 128/15).
57. Priopćenje komisije o principu predostrožnosti - COM (2000).
58. Reimann C. & Garrett R.G. (2005): Geochemical background: Concept and reality. Science of the Total Environment 350, 12–27.
59. Reimann C., Filzmoser P., Garrett R.G. & Dutter R. (2009): Statistical Data Analysis Explained. John Wiley & Sons Inc West Sussex, England.
60. Scheidleder A. (2012): In depth assessment of the differences in groundwater threshold values established by Member States.
61. Sinclair, A. J. (1991): A fundamental approach to threshold estimation in exploration geochemistry: probability plots revisited. Journal of Geochemical Exploration 41, 1-22.
62. Šimunić A., Pikija M. & Hećimović I. (1982): Tumač za list OGK – Varaždin L 33-69, Beograd.
63. Šimunić A., Pikija M. & Hećimović I. (1982): Osnovna geološka karta M 1:100000, list Varaždin, L 33-69, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.
64. Uradni List Republike Slovenije st. 63/2005: Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda.
65. Uredba o standardu kakvoće voda (NN 73/13, 151/14).
66. Urumović K. (1982): Hidrogeološke značajke istočnog dijela dravske potoline. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
67. Urumović K., Hernitz Z., Šimon J. & Velić J. (1976): O propusnom mediju kvartarnih, te gornjo i srednjopliocenskih naslaga sjeverne Hrvatske. IV jug.simp.o hidrogeol. i inž. geol., 2, 395-410, Skopje.

68. Urumović K., Hernitz Z. & Šimon J. (1978): O kvartarnim naslagama istočne Posavine (SR Hrvatska). *Geološki vjesnik*, 30/1, 297-304, Zagreb.
69. Urumović K., Hlevnjak B. & Duić Ž (2006.): Crpilište Bikana Prva faza istraživanja zona sanitarne zaštite izvorišta. Stručni elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
70. Urumović K., Hlevnjak B., Prelogović E. & Mayer D. (1990.): Hidrogeološki uvjeti varaždinskog vodonosnika. *Geološki Vjesnik*, 43, 149 – 158, Zagreb.
71. Urumović K. & Mihelčić D. (2000): Podzemne vode savskoga vodonosnika. Hidrologija i vodni resursi Save u novim uvjetima, zbornik radova, okrugli stol, Slavonski Brod.
72. Velić J. & Saftić B. (1991): Subsurface Spreading and Facies Characteristics of Middle Pleistocene Deposits between Zaprešić and Samobor. *Geološki vjesnik*, 44, 69–82.
73. Velić J. & Durn G. (1993): Alternating Lacustrine-Marsh Sedimentation and Subaerial Exposure Phases during Quaternary: Prečko, Zagreb, Croatia. *Geologia Croatica*, Vol. 46, No 1, p. 71–90.
74. Velić J., Saftić B. & Malvić T. (1999): Lithologic Composition and Stratigraphy of Quaternary Sediments in the Area of the “Jakuševac” Waste Depository (Zagreb, Northern Croatia). *Geologia Croatica*, Vol. 52, No 2, p. 119–130.
75. Vlahović T., Bačani A. & Posavec K. (2009): Hydrogeochemical stratification of the unconfined Samobor aquifer (Zagreb, Croatia). *Environmental Geology*, Vol. 57, Issue 8, pp 1707-1722.
76. Vodič o izvještavanju i određivanju tijela podzemnih voda (UKTAG, 2012).
77. Vodič o kemijskoj klasifikaciji podzemnih voda (UKTAG paper br. 11.b - 2012).
78. Vodič o monitoringu podzemne vode (UKTAG 12a – 2007).
79. Vodič o uporabi vodne bilance za potporu provođenja Okvirne direktive o vodama (2015).
80. Zakon o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14).

## Sadržaj studije

1. Uvod .....	1-1
2. Metodologija delineacije, karakterizacije i grupiranja tijela podzemne vode u panonskom dijelu Republike Hrvatske.....	2-1
3. Analiza osnovnih i grupiranih tijela podzemne vode iz prvog Plana upravljanja vodnim područjima i prijedlog izmjena i dopuna za drugi Plan .....	3-1
4. Konceptualni modeli grupiranih tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .	4-1
4.1. Međimurje .....	4-1
4.1.1. Geografske značajke .....	4-1
4.1.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-1
4.1.3. Prirodna ranjivost .....	4-2
4.1.4. Geološke i hidrogeološke značajke.....	4-3
4.2. Varaždinsko područje.....	4-6
4.2.1. Geografske značajke .....	4-6
4.2.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-6
4.2.3. Prirodna ranjivost .....	4-7
4.2.4. Geološke i hidrogeološke značajke.....	4-8
4.3. Sliv Bednje.....	4-11
4.3.1. Geografske značajke .....	4-11
4.3.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-12
4.3.3. Prirodna ranjivost .....	4-13
4.3.4. Geološke i hidrogeološke značajke.....	4-14
4.4. Legrad - Slatina.....	4-16
4.4.1. Geografske značajke .....	4-16
4.4.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-17
4.4.3. Prirodna ranjivost .....	4-18
4.4.4. Geološke i hidrogeološke značajke.....	4-19
4.5. Novo Virje.....	4-22
4.5.1. Geografske značajke .....	4-22
4.5.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-22
4.5.3. Prirodna ranjivost .....	4-24
4.5.4. Geološke i hidrogeološke značajke.....	4-25

4.6. Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava .....	4-27
4.6.1. Geografske značajke .....	4-27
4.6.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-27
4.6.3. Prirodna ranjivost .....	4-28
4.6.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-30
4.7. Sliv Sutle i Krapine .....	4-33
4.7.1. Geografske značajke .....	4-33
4.7.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-34
4.7.3. Prirodna ranjivost .....	4-35
4.7.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-36
4.8. Sliv Lonja – Ilova – Pakra .....	4-37
4.8.1. Geografske značajke .....	4-37
4.8.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-38
4.8.3. Prirodna ranjivost .....	4-39
4.8.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-40
4.9. Sliv Orpljave .....	4-41
4.9.1. Geografske značajke .....	4-41
4.9.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-42
4.9.3. Prirodna ranjivost .....	4-43
4.9.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-43
4.10. Zagreb .....	4-45
4.10.1. Geografske značajke .....	4-45
4.10.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-46
4.10.3. Prirodna ranjivost .....	4-47
4.10.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-48
4.11. Lekenik – Lužani .....	4-51
4.11.1. Geografske značajke .....	4-51
4.11.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-51
4.11.3. Prirodna ranjivost .....	4-53
4.11.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-54
4.12. Istočna Slavonija – sliv Save .....	4-55
4.12.1. Geografske značajke .....	4-55
4.12.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-56
4.12.3. Prirodna ranjivost .....	4-57
4.12.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-58



4.13. Žumberak – Samoborsko gorje .....	4-61
4.13.1. Geografske značajke .....	4-61
4.13.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-61
4.13.3. Prirodna ranjivost .....	4-63
4.13.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-64
4.14. Donji tok Kupe .....	4-66
4.14.1. Geografske značajke .....	4-66
4.14.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-66
4.14.3. Prirodna ranjivost .....	4-67
4.14.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-68
4.15. Donji tok Une .....	4-71
4.15.1. Geografske značajke .....	4-71
4.15.2. Način korištenja zemljišta i pritisci .....	4-71
4.15.3. Prirodna ranjivost .....	4-72
4.15.4. Geološke i hidrogeološke značajke .....	4-73
4.16. Zaključno o konceptualnim modelima .....	4-75
5. Analiza usklađenosti monitoringa podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske sa zahtjevima EU direktiva i u odnosu na konceptualne modele tijela podzemnih voda .....	5-1
5.1. Specifični zahtjevi o monitoringu podzemnih voda koji proizlaze iz EU direktiva i smjernica ..	5-3
5.2. Stanje postojećih monitoringa .....	5-12
5.2.1. Metodologija .....	5-12
5.2.2. Nacionalni monitoring kakvoće .....	5-16
5.2.3. Monitoring sirove vode .....	5-19
5.2.4. Monitoring količinskoga stanja (razina) podzemne vode .....	5-21
6. Prijedlozi nadzornog i operativnog monitoringa kemijskog stanja i monitoringa količinskog stanja podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	6-1
6.1. Nadzorni monitoring količinskog stanja .....	6-2
6.2. Nadzorni monitoring kemijskog stanja .....	6-6
6.3. Operativni monitoring kemijskog stanja .....	6-9
6.4. Analiza sveukupnog kemijskog monitoringa .....	6-12

7. Analiza usklađenosti prijedloga nadzornih monitoringa količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske s monitorinzima podzemnih voda prijavljenih EU komisiji .....	7-1
7.1. Nadzorni monitoring količinskog stanja prijavljen EU komisiji .....	7-1
7.2. Nadzorni monitoring kemijskog stanja prijavljen EU komisiji.....	7-4
7.3. Analiza usklađenosti monitoringa.....	7-7
8. Metodologija ocjene kemijskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.....	8-1
8.1. Opći dio .....	8-1
8.2. Određivanje pozadinskih (engl. background) i graničnih (engl. threshold) vrijednosti .....	8-4
8.3. Provedba testova za ocjenu kemijskoga stanja .....	8-8
9. Granične (threshold) i pozadinske (background) vrijednosti parametara u podzemnim vodama panonskoga dijela Republike Hrvatske.....	9-1
9.1. Pristup određivanju pozadinskih vrijednosti parametara koji se u podzemnim vodama javljaju prirodno i pod utjecajem čovjeka .....	9-1
9.2. Rezultati određivanja pozadinskih vrijednosti parametara u tijelima podzemnih voda panonskoga dijela Republike Hrvatske .....	9-8
9.3. Rezultati određivanja graničnih vrijednosti „kritičnih parametara“ u tijelima podzemnih voda panonskoga dijela Republike Hrvatske .....	9-12
10. Metodologija određivanja statistički značajnoga trenda i točke promjene trenda .....	10-1
10.1. Uvodna razmatranja.....	10-1
10.2. Ocjena kemijskoga stanja.....	10-2
10.2.1. Agregiranje rezultata pri ispitivanju kemijskog stanja.....	10-2
10.2.2. Agregiranje rezultata pri ispitivanju trenda onečišćivala .....	10-5
10.2.3. Ocjena kemijskog stanja .....	10-9
10.2.4. Procjena trenda onečišćivala.....	10-9
10.2.5. Procjena promjene trenda onečišćivala .....	10-10
10.2.6. Predviđanje budućih vrijednosti kemijskoga stanja .....	10-11
10.3. Analiza trenda razine podzemnih voda.....	10-11
10.3.1. Agregacija razine podzemnih voda na razinu vodnoga tijela .....	10-11
10.3.2. Analiza stršećih vrijednosti .....	10-13
10.3.3. Izgladivanje podataka .....	10-16
10.3.4. Određivanje trenda.....	10-17

10.3.5. Predviđanje trenda .....	10-18
10.4. Podsjetnik na osnovne statističke metode i rezultate .....	10-19
10.4.1. LOESS regresija .....	10-19
10.4.2. Pouzdani interval kod predviđanja linearnom regresijom .....	10-21
10.5. Zaključna razmatranja o metodologiji .....	10-22
11. Analiza značajnih i stalnih trendova onečišćivala u podzemnim vodama i razina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	11-1
11.1. Postupak izrade trendova .....	11-1
11.2. Međimurje .....	11-3
11.2.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-3
11.2.2. Izrada trendova razina podzemne vode .....	11-4
11.3. Varaždinsko područje.....	11-5
11.3.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-5
11.3.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-8
11.4. Sliv Bednje.....	11-9
11.4.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-9
11.4.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-9
11.5. Legrad - Slatina.....	11-9
11.5.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-9
11.5.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-10
11.6. Novo Virje.....	11-11
11.6.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-11
11.6.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-11
11.7. Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava .....	11-13
11.7.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-13
11.7.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-13
11.8. Sliv Sutle i Krapine .....	11-15
11.8.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-15
11.8.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-15
11.9. Sliv Lonja – Ilova – Pakra .....	11-17
11.9.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-17
11.9.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-17
11.10. Sliv Orljave.....	11-17
11.10.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-17

11.10.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-18
11.11. Zagreb .....	11-18
11.11.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-18
11.11.1.1. Zagreb - 187.....	11-18
11.11.1.2. Zagreb - 188.....	11-20
11.11.1.3. Zagreb - 203.....	11-21
11.11.1.4. Zagreb - 204.....	11-22
11.11.1.5. Zagreb - 205.....	11-25
11.11.1.6. Zagreb – 206.....	11-27
11.11.1.7. Zagreb – 207.....	11-32
11.11.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-33
11.12. Lekenik – Lužani .....	11-35
11.12.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-35
11.12.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-35
11.13. Istočna Slavonija – sliv Save .....	11-37
11.13.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-37
11.13.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-37
11.14. Žumberak – Samoborsko gorje .....	11-38
11.14.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-38
11.14.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-39
11.15. Donji tok Kupe.....	11-39
11.15.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-39
11.15.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-39
11.16. Donji tok Une .....	11-41
11.16.1. Izrada trendova onečišćivala .....	11-41
11.16.2. Izrada trendova razine podzemne vode .....	11-41
11.17. Sumarni rezultati trendova i preporuke .....	11-41
12. Ocjena kemijskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.....	12-1
13. Metodologija ocjene količinskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.....	13-1
13.1. Test bilance voda .....	13-2
14. Ocjena količinskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.....	14-1

15. Metodologija procjene rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskoga stanja za tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	15-1
15.1. Opći dio .....	15-1
15.2. Procjena rizika za okolišne ciljeve definirane člankom 4 ODV .....	15-3
15.3. Pristup procjeni rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskoga stanja tijela podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.....	15-7
16. Analiza opterećenja i utjecaja ljudskih djelatnosti na podzemne vode iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja .....	16-1
16.1. Metodologija .....	16-1
16.2. Značajni točkasti izvori onečišćenja .....	16-1
16.3. Značajni raspršeni izvori onečišćenja .....	16-8
17. Procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga i količinskoga stanja podzemnih voda u grupiranim tijelima u panonskom dijelu Republike Hrvatske .....	17-1
17.1. Procjena rizika od nepostizanja dobrog kemijskoga stanja .....	17-1
17.2. Procjena rizika od nepostizanja dobrog količinskoga stanja.....	17-9
18. Daljnja karakterizacija tijela podzemne vode u riziku od nepostizanja dobrog količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda .....	18-1
18.1. Daljnja karakterizacija grupiranog vodnog tijela Međimurje .....	18-1
18.1.1. Geografske značajke .....	18-1
18.1.2. Geološke značajke .....	18-2
18.1.3. Hidrogeološke značajke .....	18-4
18.1.4. Obnovljive zalihe podzemnih voda.....	18-6
18.1.5. Površinske vode i ekosustavi povezani s podzemnim vodama .....	18-6
18.1.6. Ocjena kemijskog stanja .....	18-6
18.2. Daljnja karakterizacija grupiranog vodnog tijela Varaždinsko područje.....	18-6
18.2.1. Geografske značajke .....	18-6
18.2.2. Geološke značajke .....	18-6
18.2.3. Hidrogeološke značajke .....	18-8
18.2.4. Obnovljive zalihe podzemnih voda.....	18-10
18.2.5. Površinske vode i ekosustavi povezani s podzemnim vodama .....	18-10
18.2.6. Ocjena kemijskog stanja .....	18-11
18.3. Daljnja karakterizacija vodnog tijela Legrad -Slatina .....	18-11
18.3.1. Geografske značajke .....	18-11
18.3.2. Geološke značajke .....	18-11

18.3.3. Hidrogeološke značajke .....	18-12
18.3.4. Obnovljive zalihe podzemnih voda .....	18-14
18.3.5. Površinske vode i ekosustavi povezani s podzemnim vodama .....	18-14
18.3.6. Ocjena kemijskog stanja .....	18-14
19. Preporuke za provedbu mjera i aktivnosti u okviru Plana upravljanja vodnim područjima za razdoblje od 2016. do 2022. godine.....	19-1
19.1. Unaprjeđenje konceptualnih modela grupa tijela podzemne vode na području panonskog dijela Republike Hrvatske.....	19-1
19.2. Unaprjeđenje postojećih programa monitoringa kemijskoga i količinskoga stanja podzemnih voda.....	19-3
19.3. Unaprjeđenje ocjene kemijskoga stanja podzemnih voda .....	19-4
19.4. Unaprjeđenje ocjene količinskoga stanja podzemnih voda.....	19-6
19.5. Unaprjeđenje procjene rizika podzemnih voda .....	19-7
20. Literatura .....	20-1

## **Popis priloga**

Prilog 1. Grupe tijela podzemne vode – panonski dio Hrvatske

Prilog 2. Količinsko stanje tijela podzemne vode – panonski dio Hrvatske

Prilog 3. Kemijsko stanje tijela podzemne vode – panonski dio Hrvatske

Prilog 4. Ukupno stanje (kemijsko i količinsko) tijela podzemne vode – panonski dio Hrvatske

Prilog 5. Rizik od nepostizanja dobrog količinskog stanja tijela podzemne vode – panonski dio Hrvatske

Prilog 6. Rizik od nepostizanja dobrog kemijskog stanja tijela podzemne vode – panonski dio Hrvatske

Prilog 7. Predloženi nadzorni monitoring količinskog stanja

Prilog 8. Predloženi nadzorni monitoring kemijskog stanja

Prilog 9. Predloženi nadzorni i operativni monitoring kemijskog stanja