

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FILOZOFSKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GEOGRAFIJO

**JANA BREZNIK**

## **Kemijske lastnosti talne vode v vodonosniku ob Mislinji**

Zaključna seminarska naloga

Ljubljana, 2017

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FILOZOFSKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GEOGRAFIJO

**JANA BREZNIK**

## **Kemijske lastnosti talne vode v vodonosniku ob Mislinji**

Zaključna seminarska naloga

Mentorica: dr. Katja Vintar Mally

Univerzitetni študijski program  
prve stopnje: GEOGRAFIJA

Ljubljana, 2017

## Zahvala

Zahvaljujem se dr. Tajanu Trobcu in dr. Katji Vintar Mally za nasvete in usmerjanje pri pisanju zaključne seminarske naloge.

Zahvaljujem se bratu Tilnu, ki mi je pomagal pri izvedbi analiz in fantu Roku, ki je z mano sodeloval na terenu.

Posebne zahvale gredo k moji družini in prijateljem, ki so mi stali ob strani ne samo ob pisanju zaključne seminarske naloge, pač pa skozi vsa leta študija.

## KEMIJSKE LASTNOSTI TALNE VODE V VODONOSNIKU OB MISLINJI

### Izvleček

Talna voda je pomembna hidrološka sestavina vodnega kroga, vendar je v primerjavi s površinsko vodo na področju monitoringa nekoliko zapostavljena. Na območju vodonosnika ob Mislinji Agencija RS za okolje nima merilnega mesta, ki bi reprezentativno predstavljalo kakovost in količino vode v omenjenem vodonosniku. V pričujoči nalogi so s pomočjo analiz na terenu in v laboratoriju predstavljene glavne kemijske in fizikalne lastnosti talne vode za devet vzorčnih lokacij. Za primerjavo med površinskimi (reko Mislinjo) in podzemnimi vodami so bili analizirani tudi trije vzorci vodotoka Mislinje. Ugotavljam, da so v talni vodi med najbolj prisotnimi onesnaževali nitrati, ki so predvsem posledica kmetijstva. Ponekod so povečane tudi vrednosti kloridov, ki so najverjetneje posledica soljenja cest v zimskem času ali močnega točkovnega onesnaževanja. Ostala onesnaževala so prisotna zaradi vplivov lokalnega značaja. Na podlagi dobljenih rezultatov analiz vode so v nalogi predstavljeni nekateri verjetni onesnaževalci podtalne vode na območju vodonosnika ob Mislinji. Ugotavljam, da na preučevanem območju na kakovost podtalnice v veliki meri vplivajo dejavnosti na ožjem vplivnem območju.

Ključne besede: podtalnica, vodonosnik, kakovost talne vode, Mislinja

## CHEMICAL PROPERTIES OF GROUNDWATER IN MISLINJA AQUIFER

### Abstract

Groundwater is an important hydrological component of the hydrological cycle, but in the field of monitoring, it is somewhat neglected compared to surface water. The agency for environment has no monitoring site in the Mislinja aquifer, which would represent quality and quantity of the Mislinja aquifer. This final seminar work deals with that problem. With the help of field work analyses and laboratory work, the main chemical and physical properties of nine sampling locations of groundwater have been identified. Three samples were taken from river Mislinja in order to compare surface water and groundwater. It was discovered, that the main pollutants in Mislinja aquifer are nitrates, which are a consequence of agricultural activity in the studied area. Some samples also contained increased values of chlorides. This can most likely be attributed to road de-icing (with salt) in winter or due to heavy point source pollution. Other pollutants in groundwater are present due to location factors. On the basis of the obtained results of water analyses, groundwater contaminants in the area of the aquifer near Mislinja are presented. It was discovered that activities on the narrower influence area and location itself have a major impact on groundwater quality.

Key words: Groundwater, aquifer, groundwater quality, Mislinja



## VSEBINA

|        |                                                                |    |
|--------|----------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | UVOD .....                                                     | 1  |
| 1.1.   | Namen .....                                                    | 2  |
| 1.2.   | Cilji .....                                                    | 2  |
| 1.3.   | Hipoteze .....                                                 | 2  |
| 1.3.   | Način dela .....                                               | 3  |
| 2.     | TEORETSKA IZHODIŠČA .....                                      | 3  |
| 2.1.   | Podtalnica .....                                               | 3  |
| 2.2.   | Vodonosnik .....                                               | 3  |
| 2.3.   | Povezanost podzemne in površinske vode .....                   | 4  |
| 2.4.   | Antropogeni vplivi na podtalnico .....                         | 5  |
| 2.5.   | Obravnavani fizikalni in kemijski parametri .....              | 11 |
| 2.6.   | Kakovost podzemne vode .....                                   | 13 |
| 2.6.1. | Spremljanje kakovosti podzemne vode .....                      | 13 |
| 2.6.2. | Spremljanje kakovosti pitne vode .....                         | 14 |
| 3.     | GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI OBRAVNAVANEGA OBMOČJA .....             | 16 |
| 3.1.   | Hidrogeografske značilnosti vodotoka Mislinja .....            | 17 |
| 3.2.   | Geološka zgradba porečja Mislinje .....                        | 20 |
| 3.3.   | Pedološke značilnosti Mislinjske doline .....                  | 21 |
| 3.4.   | Podnebje in vodna bilanca Mislinjske doline .....              | 22 |
| 3.5.   | Lastnosti vodonosnika ob Mislinji .....                        | 25 |
| 4.     | METODE DELA .....                                              | 27 |
| 4.1.   | Odvzem vzorcev .....                                           | 27 |
| 4.2.   | Analiza vzorcev .....                                          | 27 |
| 4.3.   | Statistična obdelava podatkov .....                            | 31 |
| 4.4.   | Geoinformacijske podlage .....                                 | 32 |
| 4.5.   | Vremenske in hidrološke razmere v času vzorčenja .....         | 32 |
| 5.     | PREDSTAVITEV LOKACIJ ODVZEMA VZORCEV .....                     | 33 |
| 6.     | POTENCIALNI ONESNAŽEVALCI PODTALNICE V MISLINJSKI DOLINI ..... | 57 |
| 6.1.   | Poselitev .....                                                | 57 |
| 6.2.   | Kmetijstvo .....                                               | 57 |
| 6.3.   | Promet .....                                                   | 59 |
| 6.4.   | Industrija .....                                               | 59 |
| 6.5.   | Odlagališča odpadkov .....                                     | 60 |
| 6.6.   | Divja odlagališča .....                                        | 60 |
| 6.7.   | Komunalne odplake in greznice .....                            | 62 |

|      |                                                                                                        |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.8. | Energetika.....                                                                                        | 64  |
| 6.9. | Bencinski servisi.....                                                                                 | 64  |
| 7.   | REZULTATI ANALIZE.....                                                                                 | 65  |
| 7.1. | Gladina talne vode.....                                                                                | 65  |
| 7.2. | Rezultati analize za izbrane parametre .....                                                           | 66  |
| 7.3. | Ustreznost vzorcev glede na mejne vrednosti posameznih parametrov za pitno vodo .....                  | 87  |
| 8.   | RAZLAGA REZULTATOV ANALIZE .....                                                                       | 88  |
| 8.1. | Analiza vzorcev .....                                                                                  | 88  |
| 8.2. | Primerjava fizikalnih in kemijskih parametrov med Mislinjo in talno vodo vodonosnika ob Mislinji ..... | 90  |
| 9.   | SKLEP.....                                                                                             | 90  |
| 10.  | SUMMARY .....                                                                                          | 92  |
| 11.  | LITERATURA IN VIRI.....                                                                                | 93  |
| 12.  | SEZNAM SLIK IN PREGLEDNIC.....                                                                         | 99  |
| 13.  | PRILOGE .....                                                                                          | 103 |

## 1. UVOD

Slovenija je s talno vodo bogata država. Podtalnica se običajno nahaja v prodnih ravninah, kjer so vodonosniki z medzrnsko poroznostjo. Takšna območja so pogosto tudi najgostejše poseljena, skupaj s poselitvijo pa nanje prihajajo tudi največji viri onesnaževanja: industrija, obrti, kmetijstvo in promet (Brnot, 2000).

Podzemna voda je pomembna hidrološka sestavina vodnega kroga, ki pa je v primerjavi s površinskimi vodami nekoliko zapostavljena. Slednje velja tudi na področju monitoringa kakovosti. V Sloveniji se analize vode in preučevanja vodonosnikov izvajajo predvsem na območjih, kjer se podzemna voda v večjem obsegu uporablja za uživanje, oziroma na območjih večjih vodonosnikov, ki so hkrati tudi bolj izpostavljeni onesnaževanju. Mislinjska dolina ni znana po večjih zalogah talne vode, prav tako se podzemna voda dna doline v večini primerov ne uporablja za pitje. Iz tega razloga analize na območju Mislinjske doline (ki se razprostira od naselja Mislinja do sotočja z reko Mežo) v okviru državnega monitoringa niso bile izvajane. Izvajajo se analize višje ležečih zajetij, ki so del javnih vodovodov, ki pa niso reprezentativne za dno doline.

Dno doline je posejano s pogostimi vodnjaki in vrtinami, ki so večinoma v lasti posameznikov ali podjetij. Analize talne vode dna doline so opravili le redki lastniki vrtin, zaradi česar je dostop do teh podatkov omejen.

Sodeč po karti Agencije Republike Slovenije za okolje je Mislinjska dolina območje z dobrim kemijskim stanjem podzemnih voda (Ocena kemijskega stanja..., 2013). To stanje je pripisano na podlagi dveh višje ležečih merilnih mest podzemne vode (Mislinja MZ-4/95 in Mrzli Studenec). Menim, da iz obstoječih uradnih podatkov ni moč zanesljivo sklepati na kemijsko stanje pozemne vode celotnega vodonosnika, saj se verjetni onesnaževalci pojavljajo tudi dolvodno od uradnih vodomernih postaj.

V Mislinjski dolini se nahajajo potencialni onesnaževalci, ki bi lahko vplivali na kemijske lastnosti talne vode v vodonosniku. To so predvsem kmetijstvo, industrija, poselitev (nezadostna komunalna opremljenost), energetika, promet in odlagališča odpadkov (predvsem divja).

S področja talne vode v Mislinjski dolini ni bilo izdelanih podrobnejših elaboratov (Savić, 2017). Agencija Republike Slovenije za okolje izdaja poročila o kakovosti in monitoringu podzemnih voda Slovenije (Podzemne vode, 2017), ki zajemajo tudi to območje, a so kot že omenjeno, zaradi pomanjkanja merilnih mest presplošni. V slovenskem merilu se podrobnejši monitoringi na talni vodi izvajajo v porečjih Save, Drave, Mure in Savinje (Ljubljansko polje, Dravsko polje, Murska kotlina, Apaško polje, Krška kotlina, Savinjska kotlina ipd.). Največ raziskav je bilo izvedenih na območju Ljubljanskega polja, kjer so v sklopu monografije »Skrb za pitno vodo« (Jamnik in sod., 2014) podrobneje predstavljene hidrokemijske in izotopske značilnosti podzemnih voda Ljubljanskega polja in Ljubljanskega barja.

## **1.1. Namen**

V Mislinjski dolini je mnogo družbenih (gospodinjstva, industrija, kmetijstvo) in naravnih (prst, območja mineralne talne vode ob Homščici) dejavnikov, ki bi lahko vplivali na lastnosti in kakovost talne vode. Agencija Republike Slovenije za okolje v porečju Mislinje spremlja kakovost podzemne vode zgolj na višje ležečih črpališčih Mislinja MZ-4/95 (obširni in visoko izdatni vodonosnik se nahaja v povirnem območju potoka Jenina in predstavlja vodno zajetje za naselje Mislinjska dobrava) in Mrzli Studenec (manjši vodonosnik z lokalnim ali omejenim virom podzemne vode se nahaja na Pohorju v povirnem območju reke Mislinje). Onesnaževalci v srednjem in spodnjem toku reke tako nimajo vpliva nanju.

Namen naloge je preučiti, kako se vplivi iz okolja odražajo na kemijskih lastnostih podtalnice. Z meritvami kemijskih lastnosti površinskih voda bom poskušala prepoznati trenutne trende, ki se pojavljajo po toku navzdol. Raziskava zajema tudi preučitev razlik fizikalnih in kemijskih značilnosti vode med površinskimi (reko Mislinjo) in talnimi vodami na preučevanem območju.

## **1.2. Cilji**

Raziskava v zaključni seminarski nalogi sledi naslednjim ciljem:

1. Z vzorčenjem na strateških lokacijah ter analizo izbranih fizikalnih in kemijskih parametrov vode preliminarно ugotoviti stanje podzemne vode v Mislinjski dolini.
2. Preučiti, kako se vplivi iz okolja odražajo na kemijskih lastnostih podtalnice in osrednjega vodotoka – Mislinje.
3. S pomočjo izdelave kartografskih prikazov preučiti morebitne obstoječe prostorske trende oziroma vzorce onesnaževanja.
4. Na podlagi dobljenih rezultatov identificirati verjetne onesnaževalce na preučevanem območju.
5. Z vzorčenjem reke Mislinje in podzemne vode preučiti razlike v fizikalnih in kemijskih lastnostih vode obeh sistemov.

## **1.3. Hipoteze**

Raziskave se lotevamo z dvema predpostavkama, ki ju bomo testirali v empiričnem delu:

1. Na lastnosti podzemne vode močno vpliva ploskovno onesnaževanje, še zlasti kmetijsko. Predvidevam, da bodo obremenitve vode z različnimi onesnaževali povišane v okolici območij hmeljarstva in v okolici Slovenj Gradca, kjer je zgostitev prebivalstva največja.
2. Vzorčenje in analiza osnovnih fizikalnih in kemijskih parametrov vodotoka Mislinja bosta pokazala trend t.i. progresivnega onesnaženja.

### **1.3. Način dela**

Uvodoma sem pregledala literaturo o preučevanem območju, podtalnici in možnih vplivih na njeno kakovost. Pregled vsebuje tudi obravnavo izbranih parametrov in mejne vrednosti parametrov po trenutni zakonodaji. Nadalje sem odvzela vzorce iz vodnjakov na obravnavanem območju, ki sem jih tudi analizirala. Prikazani so rezultati analize in njihova interpretacija.

## **2. TEORETSKA IZHODIŠČA**

### **2.1. Podtalnica**

Voda pod površjem je v dveh conah, nasičeni in nenasičeni coni. V nenasičeni coni se pojavljata tako voda kot zrak. Čeprav so lahko v tem območju precejšne količine vode, se jih ne da črpati iz vodnjakov, ker je voda premočno vezana s kapilarnimi silami. V nasičeni coni so pore med kamninami popolnoma zapolnjene z vodo – podtalnico. Zgornji nivo nasičene cone je nivo podtalnice. Pod tem nivojem je pritisk vode dovolj visok, da omogoča črpanje vode. Razdalja do nivoja talne vode lahko variira, saj je odvisna od napajanja, ki pa je odvisno predvsem od padavin (Winter in sod., 1998).

Talna voda nastaja pod vplivom težnosti, s prenikanjem padavinske vode in delom tekoče v večjo ali manjšo globino prsti, preperelino in kamnine medzrnske poroznosti (Plut, 2000).

Viri bogatenja podtalnice v aluvialnih vodonosnikih so (Mikulič, 1992):

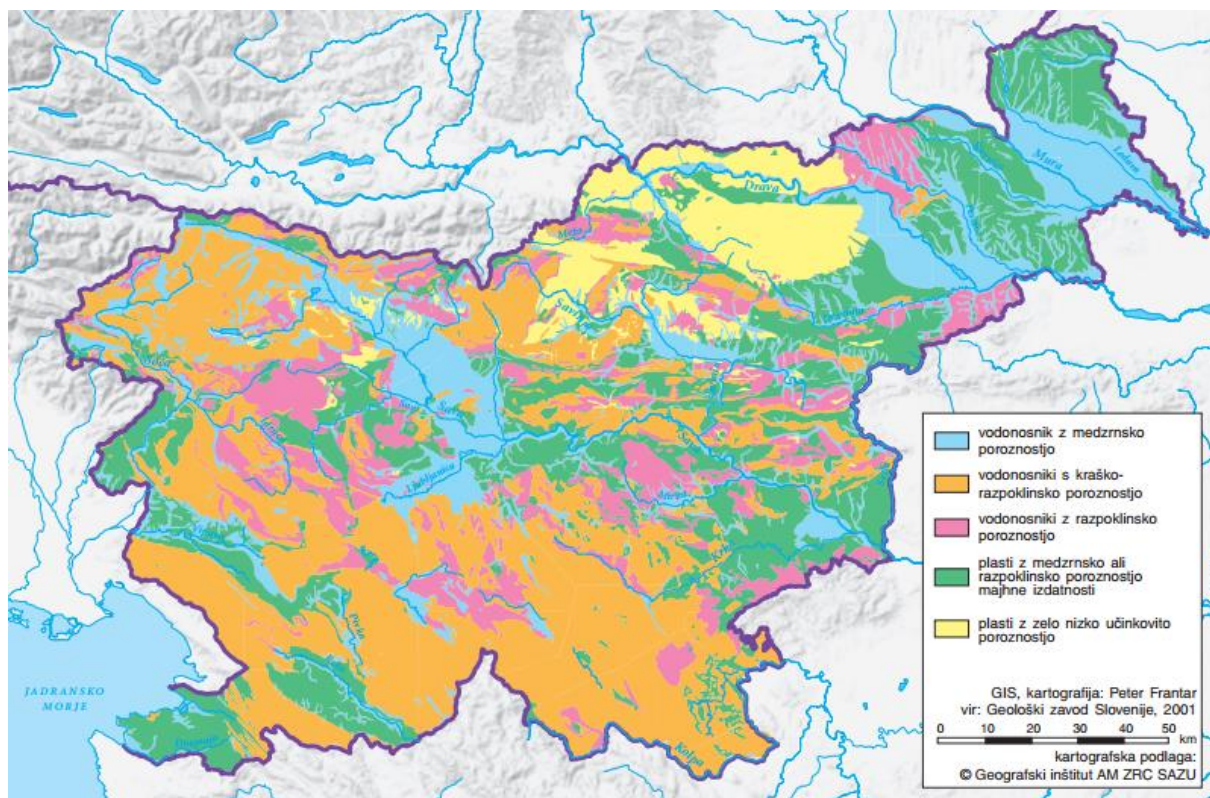
- infiltracija padavin z območja vodonosnika,
- infiltracija padavin in dotok padavin s padavinskega območja obrobja,
- infiltracija rečne vode v prodni nasip, kjer je površinski vodni tok zarezan v vodonosnik.

### **2.2. Vodonosnik**

Vodonosniki so prepustne vodonosne kamnine, sposobne oddati izkoristljive količine vode (Mikoš in sod., 2002). Porazdelitev podzemne vode v prostoru je odvisna od vrste kamninske zgradbe in njene poroznosti. Napajanje aluvialnih vodonosnikov je odvisno predvsem od padavin, zatekanja vode rek in ponikanja potokov, medtem ko voda iz vodonosnika izteka v struge ali izvira v obliki dolinskih izvirov. V slovenskem prostoru se vodonosniki ločijo na vodonosnike z medzrnsko poroznostjo, vodonosnike z razpoklinsko poroznostjo in vodonosnike s kraško poroznostjo (Uhan, Kranjc, 2003).

Vodonosniki z medzrnsko poroznostjo so s prodnim peščenim aluvijem zapolnjene tektonske udorine ob večjih rekah. V Sloveniji kljub majhni površini takšni vodonosniki prispevajo pomemben delež dinamičnih zalog podzemnih vod (Uhan, Kranjc, 2003). Vodonosniki z razpoklinsko in kraško poroznostjo se od vodonosnikov z medzrnsko poroznostjo razlikujejo predvsem po izdatnosti izvirov ter ponorov površinskih voda, ki se najpogosteje pojavljajo na stiku neprepustnih plasti s poroznimi vodonosnimi kamninami (Uhan, Kranjc, 2003).

*Slika 1: Tip vodonosnikov v Sloveniji*

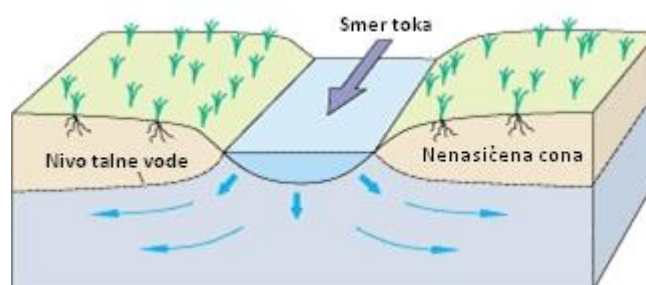


Vir: Uhan, Kranjc, 2003, str. 2.

### 2.3. Povezanost podzemne in površinske vode

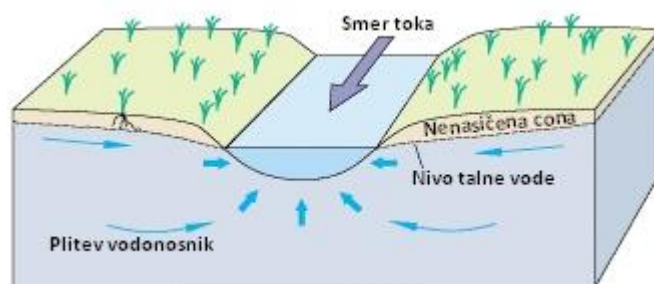
Čeprav se sistema podtalnice in površinske vode pogosto obravnavata strogo ločeno, sta med seboj močno soodvisna. Podzemna voda in površinska voda se regulirata preko hidravlične povezave. V hidravlično povezanem sistemu je nivo talne vode hidravlično povezan z vodotokom oz. z njegovo strugo. Izmenjava vode med sistemom podtalnice in potoka je kontrolirana preko razlike v višini med nivojem talne vode in vodostajem v površinskem vodotoku. Kadar je nivo talne vode nad vodostajem vodotoka, ta pridobiva vodo iz podtalnice in obratno (Winter in sod., 1998).

*Slika 2: Soodvisnost podtalnice in površinskih voda – napajanje podtalnice iz površinskih voda*



Vir: Winter in sod., 1998, str. 9.

*Slika 3: Soodvisnost podtalnice in površinskih voda – napajanje vodotoka iz talne vode*



Vir: Winter in sod., 1998, str. 9.

## **2.4. Antropogeni vplivi na podtalnico**

Območja s podtalnico so žal kljub regeneracijskim in nevtralizacijskim sposobnostim okolja (ki so odvisne od prsti, rastlinstva, kamninske sestave vodonosnika, hidroloških lastnosti podtalnice in organizmov v vodi) močno izpostavljena antropogenim vplivom (Brnot, 2000).

Po mnenju Brnotove (2000, str. 24) so glavni viri onesnaževanja podtalnice v Sloveniji:

- urbanizirani predeli z biološkim in kemičnim onesnaževanjem,
- industrijski in obrtni obrati s fenolnimi snovmi, mineralnimi olji, poliklorirani bifenili, organskimi kloriranimi topili, fosfornimi in kositrovimi spojinami, živim srebrom itd.,
- kmetijske površine s pesticidi, nitrati, nitriti in amonijakom,
- odlagališča odpadkov s kemičnim in biološkim onesnaževanjem,
- prometnice zaradi možnosti izlivov pri prevozu nevarnih snovi.

V Sloveniji se z onesnaževali najbolj obremenjena vodna telesa talne vode nahajajo pretežno v vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo v osrednjem in severovzhodnem delu Slovenije. Na teh območjih povišane vrednosti dosegajo tudi nekatere površinske vode. Najpogostejše vode dosegajo povišane vrednosti nitratov, kar je po vsej verjetnosti posledica kmetijstva (lahko pa tudi industrijskih in komunalnih izpustov na teh območjih). Kraški in razpoklinski vodonosniki so kljub običajno nižjim samočistilnim sposobnostim med manj onesnaženimi, kar je predvsem posledica manjše poseljenosti in s tem manjšega obremenjevanja, še posebej na visokogorskih območjih (Gacin, Mihorko, 2012).

Onesnaževala v večini primerov v vodonosnik vstopajo s površja. Najpogostejše so to raztopljene trdne snovi, sulfati in kloridi, pogosto tudi organske spojine, raztopljene organske in anorganske sestavine in patogeni. Človek je pogosto vir takšnih onesnaževal, zato so ti viri imenovani tudi antropogeni viri onesnaževanja. Kontaminacija podzemne vode se v večini primerov ne okusi, zato je možno, da posameznik brez zavedanja uporablja onesnažen vir pitne vode. To predstavlja težavo predvsem pri lastnikih lastnih zajetij, ki vodo uporabljajo za pitje. Ne samo ljudje, pač pa predvsem ekosistem je močno odvisen od podzemne vode, zato njena kontaminacija negativno vpliva na ekosistem in na vodne vire, ki se napajajo z vodonosnikom (Fetter, 1999).

V Preglednici 1 so navedeni primeri posameznih izbranih onesnaževal, ki lahko v primernih okoliščinah privedejo do vira onesnaževanja. Nekatera onesnaževala prihajajo iz narave, torej so naravnega izvora.

Preglednica 1: Primeri uporabe izbranih onesnaževal po Fetter, 1999

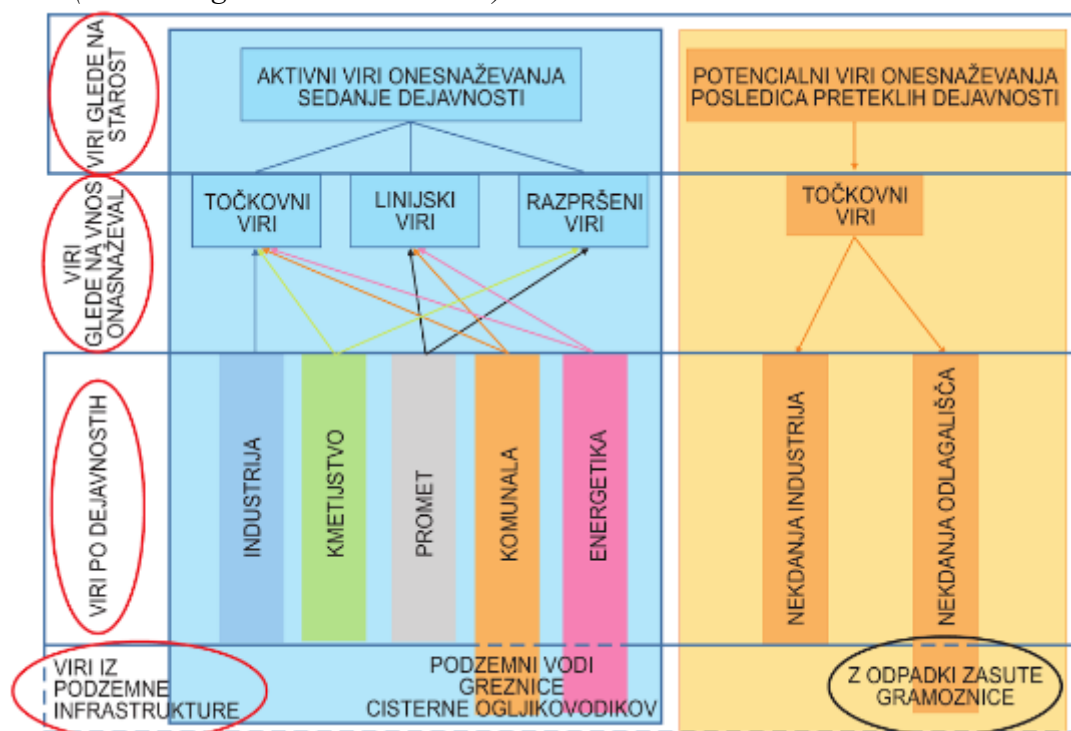
| Onesnaževalo | Primeri uporabe                                                                             |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amonij       | Gnojila, kemična proizvodnja, hladilna sredstva, sintetična vlakna, goriva, barvila         |
| Kloridi      | Kemična proizvodnja, čiščenje vode, zaviralci krčenja, zaviralci gorenja, proizvodnja hrane |
| Nitrati      | Gnojila, prehrambni konzervansi                                                             |
| Nitriti      | Gnojila, prehrambni konzervansi                                                             |
| Fosfati      | Detergenti, gnojila, prehrambni dodatki                                                     |
| Sulfati      | Gnojila, pesticidi                                                                          |

Vir: Fetter, 1999

Večina teh substanc je brez barve, okusa in vonja, zato so za zaznavanje njihove prisotnosti in koncentracije potrebne posebne analize, ki so običajno izvedene za vsako substanco posebej (Fetter, 1999).

Antropogeni vplivi močno spreminjajo vodni krog, tako njegovo kakovost kot tudi količino in druge lastnosti. Največjo nevarnost za podzemne vode predstavljajo industrija, promet, energetika, kmetijstvo in komunalne dejavnosti. Številne od teh potekajo tudi pod površjem in tako neposredno onesnažujejo vodonosnik. Za podrobnejše analize se izdela register in ocena vira onesnaženja (Jamnik in sod., 2014).

Slika 4: Delitev onesnaževalcev glede na aktivnost, obseg vnosa onesnaženja in dejavnost (sestava registra onesnaževalcev)



Vir: Jamnik in sod., 2014, str. 19.

Vplivi se delijo na točkovne, linijske in razpršene. Pri tem so onesnaževalci pogosto skupek različnih virov (Jamnik in sod., 2014). Med razpršene vplive se najpogosteje uvršča kmetijstvo, katerega vpliv se pozna predvsem kot posledica gnojenja. Povečane koncentracije nitratov in



nitritov so v veliki meri posledica izpiranja neizrabljenega dušika v podtalnico zaradi presežka gnojil ali časovno neustreznega gnojenja. Gnojenje z organskimi gnojili pa povzroča tudi bakteriološko onesnaženje. Med točkovne vplive spadajo predvsem nezajete odpadne vode iz industrije in obrti, izlitja ob neustrezni uporabi, prevozu ali skladiščenju nevarnih snovi ter izcedne vode iz deponij odpadkov. Med točkovne vplive se uvrščajo tudi neustrezno urejene gnojne jame (nebetonirane – pronicanje gnojevke v podtalnico) ter druge gospodinjske komunalne odplake (Kladnik, Rejec, Smrekar, 2002).

Fetter (1999) je vire onesnaževanja razdelil v šest ločenih skupin:

- viri kot posledica praznjenja snovi,
- viri kot posledica hranjenja, ravnanja s snovmi ali njihovega odstranjevanja,
- viri kot posledica razlitja ali razsutja snovi med transportom,
- viri izpustov snovi iz drugih dejavnosti,
- viri, ki omogočajo vstop onesnažene vode v vodonosnike,
- naravni viri, ki jih povzroči ali poslabša človeška aktivnost.

#### **Viri kot posledica praznjenja snovi:**

- **Greznice**

Greznice so zasnovane za odstranjevanje gospodinjskih odpadnih voda pod površje nad nivojem talne vode. Vode iz stranišč, umivalnikov, tušev, pralnih in pomivalnih strojev potujejo iz domov v greznice, kjer so podvržene kopičenju in anaerobni razgradnji.

- **Injekcijski vodnjaki**

Injekcijski vodnjaki so uporabljeni za odstranjevanje tekočih odpadkov in drugih tekočin pod površje. Tekočine, ki so vbrizgane, vključujejo nevarne odpadke, slanico iz naftnih vrtin, kmetijske in urbane odtoke, komunalne odplake ipd. Injekcijski vodnjaki lahko povzročijo onesnaženje podtalne vode, če vbrizgana tekočina vstopi v vodonosnik. To se lahko zgodi zaradi slabo načrtovanih vodnjakov, slabega razumevanja geologije, okvare sistema vodnjaka ipd.

- **Vnos na zemljišča**

Obdelane ali neobdelane komunalne ali industrijske odpadne vode se na zemljišča vnašajo običajno preko razpršilnih namakalnih sistemov. Rastline in mikroorganizmi nato razgradijo organske snovi v nanešeni odpadni vodi. Na primer blato iz čistilnih naprav se pogosto vnaša v prst kot gnojilo, prav tako tudi gnoj od živali in sirotka od pridelave sira. Odvečne količine odpadnih voda lahko prehajajo v podtalnico.

#### **Viri kot posledica hranjenja, ravnanja s snovmi ali njihovega odstranjevanja:**

- **Odlagališča**

Odlagališča so namenjena zmanjšanju škodljivih učinkov odstranjevanja odpadkov. Kljub vsemu so mnoga slabo načrtovana, zaradi česar lahko puščajo in omogočajo odtok tekočin, ki onesnažujejo talno vodo. Na odlagališčih so lahko nenevarni komunalni odpadki, nenevarni industrijski odpadki ali nevarni odpadki.

Da bi zmanjšali količino izcednih vod, so moderna odlagališča zgrajena po sekcijah in kar čim prej prekrita z nizko prepustnim pokrovom, da bi zmanjšali infiltracijo padavinske vode. Takšna odlagališča imajo tudi sistem za odstranjevanje izcednih vod, ki so nato obdelane v čistilnih napravah. Odlagališča s takšnimi sistemi imajo omejene možnosti za onesnaženje podtalnice.

- **Divja odlagališča**

Divja odlagališča običajno niso regulirana. Največkrat so odvržene smeti iz gospodinjstev, najdejo pa se tudi ostali odpadki (nevarni, gradbeni). Odpad je pogosto zažgan. Takšna odlagališča nimajo sistemov za odstranjevanje odpadnih voda in so zelo pogosto vir kontaminacije talne vode.

- **Površinske zaježitve (Zbirni bazeni)**

Površinske zaježitve uporabljajo industrija, kmetovalci in urbana območja za skladiščenje in/ali obdelavo tako tekočih nenevarnih kot tekočih nevarnih odpadkov. Zaježitve uporabljajo za obdelavo odpadnih voda s procesi, kot so biološka oksidacija, kemijska koagulacija in podobno. Voda iz zaježitev se lahko pretaka v potoke ali reke. Če zaježitev ni podložena, se voda lahko izgublja tudi pod površje.

- **Rudarski odpadki**

Rudarstvo povzroča izkope in nepotrebne premike prsti, sedimenta in kamnin. Nastajajo tudi trdni odpadki po predelavi rude. Večkrat so takšni odpadki puščeni na površju v obliki kupov ali potisnjeni v večje odprtine. V takšnih odpadkih lahko nastajajo izcedne vode, ko skozi njih teče padavinska voda. Na primer premogovni odpadki generirajo povišane količine sulfatov in sulfidov, kar lahko ob prisotnosti vode povzroči žveplovo kislino.

- **Zaloge materiala**

Veliko razsutega tovara (kot na primer premog ali cestna sol) je skladiščenega v zunanjih zalogovnikih materiala. Padavinska voda lahko prehaja skozi te zaloge in tvori izcedno vodo s podobnimi lastnostmi kot pri rudarskih odpadkih.

- **Pokopališča**

Če so trupa pokopana brez krste ali z nezapečateno krsto, bo razgradnja sprostila organski material. Območja z velikimi količinami padavin in plitvim nivojem talne vode so najbolj dovzetna za onesnaženje iz grobov.

- **Pokop živali**

Običajno so živali pokopane v odprte izkope. Če je večje število živali pokopanih v neposredni bližini, lahko pride do onesnaženja podtalnice zaradi razgradnje.

- **Nadzemna skladiščenja v cisternah**

Naftni derivati, kmetijske kemikalije in druge kemikalije so pogosto skladiščene v cisternah. Takšne cisterne lahko točijo, zaradi česar lahko kemikalije iztekajo tudi v podtalnico.

- **Podzemna skladiščenja v cisternah**

Podzemno skladiščenje kemikalij v cisternah se najpogosteje pojavlja na bencinskih črpalkah. Pojavlja se tudi pri večjih kmetovalcih, ki hranijo kurilno olje in gorivo, ali v industrijskih obratih za shranjevanje kemikalij. Takšne cisterne lahko točijo iz samega rezervoarja ali iz cevi, ki dovajajo/odvajajo kemikalije, pri čemer so cevi bolj dovzetne za točenje.

- **Kontejnerji**

Veliko kemikalij in odpadnih produktov je skladiščenih v kontejnerjih. V primeru njihovega puščanja obstaja nevarnost za onesnaženje podtalnice.

- **Mesta odprtega sežiga**

Na območjih, kjer odpadke sežigajo na prostem, se lahko sproščajo kemikalije, ki s padavinsko vodo prehajajo v podtalnico.

- **Območja skladiščenja radioaktivnih odpadkov**

V kolikor so radioaktivni odpadki neustrezno zakopani v plitve odpadne jame, lahko prihaja do uhajanja radona in onesnaženja talne vode.

### **Viri kot posledica razlitja ali razsutja snovi med transportom:**

- **Cevovodi**

Cevovodi se uporabljajo za prenašanje snovi, tako izcednih vod kot drugih snovi (zemeljski plin, nafta in podobno). Čeprav so načrtovani tako, da bi morali ohranjati vsebino, žal mnogi puščajo. To je še posebej značilno za kanalizacije.

- **Prevoz materiala**

Tovornjaki in vlaki prevažajo material po transportnih koridorjih. V primeru okvarjene opreme ali prometne nesreče lahko pride do razlitja ali razsutja. Ob tem se lahko v okolje sprostijo zelo različni materiali.

### **Viri izpustov snovi iz drugih dejavnosti:**

- **Namakanje**

Za namakanje poljščin se uporablja več vode, kot jo je potrebno za evapotranspiracijo. Presežek vode pronica skozi prst in nadaljuje pot do nivoja talne vode. S tem lahko premika tudi snovi in kemikalije, ki so bile na poljih uporabljene kot gnojilo ali fitofarmacevtska sredstva.

- **Raba fitofarmacevtskih sredstev**

Kemikalije za zatiranje bolezni in škodljivcev na poljščinah vplivajo tudi na osutost, sušnost in rast poljščin, predstavljajo pa tudi veliko grožnjo talni vodi, saj lahko pronicajo skozi prst do nivoja podtalnice.

- **Gnojenje**

Kmetje pogosto uporabljajo gnojila, ki vsebujejo dušik, fosfor in kalij. Fosfor ni preveč mobilni v prsti, zato je potencial za onesnaženje talne vode majhen. Kalija je v gnojilih razmeroma malo in posledično ni posebnih opazanj njegovega vpliva na podtalnico. Medtem pa dušik predstavlja resno grožnjo in je najpogostejši onesnaževalec podtalnice.

- **Opadki domačih živali**

Opadki, ki nastajajo zaradi vzreje domačih živali, lahko onesnažijo podtalnico z bakterijami, virusi, dušikom in kloridi. Živali, ki živijo na manjših območjih, v hlevih, koncentrirajo svoje

odpadke na enem mestu. Padavinska voda, ki infiltrira to območje, lahko prenese ta onesnaževala v podtalnico. Dodatno je običajna praksa, da se ti odpadki nanesejo na poljščine in travnike kot gnojilo.

- **Nanos soli za posipavanje cest**

Sol, ki se uporablja za posipavanje cest, je večinoma kamena sol, ki jo sestavlja predvsem natrijev klorid. Lahko se ji dodajajo tudi dodatki, vse skupaj pa prehaja v reke ali talno vodo preko odтока s cest.

- **Odtok z urbanih površin**

Padavine, ki padajo na pozidana območja, se težje infiltrirajo, zato je odtok s takšnih površin običajno večji in vsebuje velike količine raztopljenih in suspendiranih snovi, kot so na primer avtomobilske emisije, tekočine iz vozil, ostanki pesticidov in gnojil, odpadkov domačih živali in podobno. Običajno se voda z urbanih površin zbira v kanalizaciji in odteka na čistilne naprave, vendar lahko zaradi neustreznega vzdrževanega kanalizacijskega sistema prihaja do puščanja in prehajanja v talno vodo.

- **Pronicanje atmosferskih onesnaževal**

Atmosferska onesnaževala dosežejo površje bodisi kot suho odlaganje ali kot raztopljeni delci preko padavin. Polutanti lahko vsebujejo sintetične organske spojine, naravne organske spojine, težke kovine, žveplo in dušikove spojine. Padavine lahko te spojine sperejo v prst in podtalnico.

- **Mehčalci vode**

V območjih, kjer ima voda visoko vsebnost kalcija in magnezija, se za zmanjšanje trdote uporabljajo domači mehčalci vode, ki povzročajo onesnaževanje s kloridi. Če vode niso speljane v kanalizacijo, lahko kloridi prosto prehajajo v talno vodo.

- **Rudarska drenaža**

Površinsko in podzemno rudarjenje lahko zmoti naravni tok talne vode in izpostavi kamnine, ki vsebujejo pirit, oksigeniranim vodam. To lahko privede do kislih voda, ki odtekajo iz rudnika in onesnažujejo podtalnico, kislata voda pa dodatno raztaplja minerale.

## **Viri, ki omogočajo vstop onesnažene vode v vodonosnike:**

- **Vrtine, vodnjaki in vrtine za monitoring in raziskovanje**

Vrtine so namenjene bodisi proizvodnji nafte, plina, geotermalne energije in vode ali pa monitoringu in raziskovanju. Onesnaževala lahko prehajajo v talno vodo že med vrtanjem. Nepravilno izgrajeni vodnjaki, korodirana ohišja vrtin in vodnjakov ter nepravilno opuščeni vodnjaki so lahko kanal za tok onesnažene vode neposredno v vodonosnik, lahko pa omogočijo tudi pretok vode iz enega v drug vodonosnik. Lastniki lahko preusmerijo tok vode s streh v opuščene vodnjake ali pa ti postanejo »zbiralniki smeti«.

- **Izkopi**

Izkopi lahko odstranijo prst od matične podlage. Tako se odstrani naravni krovni sloj in se izpostavi matična podlaga ter posledično vodonosnik. V takšnih izkopih se lahko zbira meteorna voda in prehaja v vodonosnik.

### **Naravni viri, ki jih povzroči ali poslabša človeška aktivnost:**

- **Soodvisnost vodonosnika in površinskih voda**

Kadar je nivo talne vode nižji od vodostaja v reki, se vodonosnik napaja iz telesa reke. V primeru onesnaženja reke lahko pride tudi do onesnaženja telesa talne vode.

- **Naravno izpiranje**

Raztopljeni minerali so lahko prisotni v talni vodi tudi zaradi izpiranja iz kamnin in prsti. Človeška aktivnost, katere rezultat so kisle padavine, lahko poveča naravno izpiranje kamnin in prsti.

- **Vdor slane vode**

Izčrpavanje zalog podtalnice v obalnih območjih lahko zniža nivo talne vode in omogoči slani talni vodi (ki se pojavlja naravno pod morji in oceani), da se pomakne proti celini v prej sladkovodne zaloge talne vode.

## **2.5. Obravnavani fizikalni in kemijski parametri**

V obravnavani nalogi sem zajela osnovne fizikalne in kemijske parametre (Andjel in sod., 2007). Parametri, ki so v nadaljevanju opisani, kljub omejenemu naboru, zadostujejo za osnovne teze in nakazujejo na potencialne onesnaževalce v okolici.

- **Nitrati in nitriti**

Nitrati in nitriti so izjemno dobro topni v vodi. V naravi se pojavljajo kot posledica antropogenih vnosov. Človek dušikove spojine v okolje vnaša z nenadzorovanim gnojenjem (tako z organskimi kot z mineralnimi gnojili), s komunalnimi odplakami, lahko pa so tudi posledica industrijskih odplak (Opisi kemijskih parametrov ..., 2014).

- **Amonij**

Amonijak je dobro topna snov, ki pri reakciji z vodo ustvarja amonijev ion ( $\text{NH}_4^+$ ) oz. amonij. Amonij je v vodi običajno prisoten kot posledica antropogenih vplivov. Vnosi s strani kmetijstva, komunalnih odplak in industrije so pogosti vzroki za onesnaženje voda z amonijem. Najpogostejše je prisotnost amonija v vodi posledica fekalnega onesnaženja (Opisi indikatorskih parametrov ..., 2014).

- **Električna prevodnost**

Lastnost vode, da prevaja električni tok, je odvisna od prisotnosti ionov v vodi in od temperature vode ob merjenju. Na prevodnost neonesnaženih voda običajno vpliva koncentracija raztopljenih karbonatov, ki vplivajo tudi na trdoto, zaradi česar sta prevodnost in trdota povezani. Na prevodnost vplivajo tudi raztopine v vodi. Anorganske raztopine so običajno dobri prevodniki, medtem ko organske raztopine prevajajo slabše (Opisi indikatorskih parametrov ..., 2014).

- **Kloridi**

Kloridi so prisotni v okolju kot kalcijeve, kalijeve ali natrijeve soli. Prisotnost v vodi je lahko naravnega ali antropogenega izvora. Pogosto vsebnost kloridov v vodi povzročajo komunalne

ali industrijske odpadne vode, spiranje soli s cest ali uporaba gnojil in vdori slanice (Opis indikatorskih parametrov ..., 2014). Možno je tudi dodajanje kloridov pitni vodi za dezinfekcijo, ki uničuje mikroorganizme in parazite (Uhan, Kranjc, 2003).

- **Fosfati**

Fosfati obstajajo v različnih oblikah, pri čemer vsaka spojina vsebuje fosfor v drugačni kemični formuli. Ortofosfati so lahko naravnega izvora, najdemo pa jih lahko tudi v kanalizaciji. Polifosfati v vodo prehajajo kot posledica vzdrževanja boilerjev in detergentov. V vodi se spremenijo v ortofosfate. Organski fosfati so sicer močno prisotni v naravi, vendar so lahko tudi posledica razgradnje organskih pesticidov (Kumar, Puri, 2012)

- **Sulfati**

Sulfati so v vodi praviloma prisotni zaradi naravnih okoliščin, saj so v mnogih kamninah. Antropogeni vnosi sulfatov so lahko preko odpadkov in odplak ali iz atmosfere preko kislih padavin (Opisi indikatorskih parametrov ..., 2014).

- **Koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost)**

pH vrednost izraža stopnjo kislosti/bazičnosti vode. V idealnih pogojih ima voda nevtralno (pH = 7) vrednost. Pod to vrednostjo je voda kislá, nad to vrednostjo je voda bazična. Običajno je pH povezan tudi s trdoto vode. Mehke vode imajo običajno nižjo pH vrednost, trde vode pa višjo. V podzemnih vodah so običajne vrednosti pH med 6 in 8,5 (Opisi indikatorskih parametrov ..., 2014).

- **Motnost vode**

Motnost vode izraža prisotnost delcev anorganskega in organskega izvora ter mikroorganizmov, velikosti od 1 nm do 1 mm. Motnost podtalnice je pogosto posledica neustrezne priprave ali dviganja usedline oziroma luščenja biofilma v distribucijskem sistemu (Opisi indikatorskih parametrov ..., 2014)

- **Okus, vonj in barva**

Okus, vonj in barva so tisti parametri, ki jih posameznik najlažje zazna. Njihovo spremljanje je tako opredeljeno z zaznavanjem le-teh ter sprejemljivostjo vode za posameznika (je brez vonja, okusa in barve). Okus ali vonj vode lahko povzročajo priprava vode (npr. uporaba dezinfekcijskih sredstev), vpliv omrežja ter prisotnost in aktivnost mikroorganizmov (Opisi indikatorskih parametrov ..., 2014).

Barva vode je lahko posledica stika s površinsko vodo, poškodbo cevovoda, dviganja usedline ali luščenja biofilma v omrežju (Opisi indikatorskih parametrov ..., 2014).

- **Biokemijska potreba po kisiku**

Biokemijska potreba po kisiku (krajše BPK) je eden izmed glavnih indikatorjev organskega onesnaženja. BPK poroča o koncentraciji raztopljenega kisika, ki ga porabijo mikroorganizmi za biokemijsko oksidacijo organskih in/ali anorganskih snovi v vodi. Biokemijska potreba po kisiku se izvaja v različnem številu dni. Po slovenski zakonodaji se največkrat uporablja 5 dni (Lotrič ..., 2017). Glede na mejne vrednosti ekološkega stanja je biokemijska poraba kisika v petih dneh v površinskih vodah opredeljena kot zelo dobro v primeru, ko je  $BPK_5$  1,6–2,4 mg  $O_2/l$ , oz. dobro, ko je stanje od 2 do 5,4 mg  $O_2/l$  (Cvitanič in sod. 2010).

- **Trdota**

Trdota vode nam pove vsebnost kalcijevih in magnezijevih soli v vodi, zaradi katerih ima ta določene lastnosti. Meri se v nemških trdotnih stopinjah (°NT). Ena nemška trdotna stopinja ustreza vsebnosti 10 mg CaO ali 7,19 mg MgO v 1 litru vode (Trdota vode, 2017)

*Preglednica 2: Trdota vode in njena kvalitativna oznaka*

| Celotna trdota vode (°NT) | Kvalitativna oznaka vode |
|---------------------------|--------------------------|
| Od 0°–5°                  | Zelo mehka               |
| 5°–10°                    | Mehka                    |
| 10°–15°                   | Zmerno trda              |
| 15°–25°                   | Trda                     |
| nad 25°                   | Zelo trda                |

Vir: Trdota vode, 2017.

## 2.6. Kakovost podzemne vode

### 2.6.1. Spremljanje kakovosti podzemne vode

Kakovost podzemne vode se spremlja v okviru državnega monitoringa, ki deluje že od leta 1987. V okviru monitoringa se spremlja mreža 129 merilnih mest (podatek za leto 2006), pri čemer je pogostost vzorčenja odvisna od pomembnosti za oskrbo s pitno vodo (Ambrožič in sod., 2008). V odvzetih vzorcih vode se analizira od 90 do 170 različnih parametrov (fizikalnih, kemijskih in mikrobioloških) (Uhan, Kranjc, 2003).

Analizirane skupine parametrov po Andjelovu in sod. (2007):

- Osnovni parametri (opredeljujejo naravne značilnosti podzemne vode, v povišanih vrednostih so posledica onesnaženja): temperatura vode, električna prevodnost, pH vrednost, raztopljeni kisik, TOC, KPK, amonij, nitrat, nitrit, sulfat, klorid, fluorid, hidrogenkarbonati, Na, K, Ca, Mg;
- Skupinski parametri onesnaženja: mineralna, olja, anionaktivni detergenti, poliklorirani bifenili;
- Kovine in metaloidi: Mn, Fe, Al, As, B, Cu, Zn, Cd, Cr (VI – val. in skupni), Ni, Pb, Hg;
- Pesticidi in njihovi metaboliti: triazinski, organoklorni, organofosforni, derivati fenoksi očetne kisline, kloroacetanilidni, derivati sečnine, amidi;
- Lahkohlapni halogenirani alifatski ogljikovodiki: halogenirani derivati metana, etana in etena;
- Aromati: benzen in njegovi metilirani in klorirani derivati.

Ugotovljeno je bilo, da so v slovenskih podtalnicah največkrat povišane vsebnosti spojin značilnih za kmetijstvo (predvsem nitratov in nekaterih pesticidov) (Uhan, Kranjc, 2003), ponekod pa tudi organska topila in težke kovine (Ambrožič in sod., 2008).

Standard kakovosti za posamezni parameter določa Uredba o stanju podzemnih voda (Uradni list RS št. 25/09, 68/12 in 66/16) (Preglednica 3).

*Preglednica 3: Parametri za določanje stanja podzemnih voda*

| <b>Parameter</b>                                                              | <b>Enota</b>          | <b>Standard kakovosti</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Nitrati                                                                       | mg NO <sub>3</sub> /L | 50                        |
| Posamezen pesticid in njegovi relevantni razgradni produkti                   | µg/L                  | 0,1                       |
| Vsota vseh izmerjenih pesticidov in njihovih relevantnih razgradnih produktov | µg/L                  | 0,5                       |
| Diklorometan                                                                  | µg/l                  | 2                         |
| Tetraklorometan                                                               | µg/l                  | 2                         |
| 1,2 - Dikloroetan                                                             | µg/l                  | 3                         |
| 1,1 – Dikloroeten                                                             | µg/l                  | 2                         |
| Trikloroeten                                                                  | µg/l                  | 2                         |
| Tetrakloroeten                                                                | µg/l                  | 2                         |
| Vsota lahkih alifatskih halogeniranih ogljikovodikov                          | µg/l                  | 10                        |

Vir: Uredba o stanju podzemnih voda, 2016.

Do leta 2009 (ko je prišlo do spreminjanja uredbe) so v to kategorijo spadali tudi drugi parametri, med drugim ortofosfati, katerih standard kakovosti je znašal 0,2 mg/l, in amonij s standardom kakovosti prav tako 0,2 mg/l. Z letom 2016 je bil določen minimalni seznam onesnaževal in njihovih kazalcev, ki jih je treba upoštevati pri določitvi vrednosti praga (Uradni list RS 25/09, 68/12, 66/16, 2016):

- a) snovi, ioni ali kazalci, ki se lahko pojavljajo naravno oziroma kot posledica človekovih dejavnosti, kot so: arzen, kadmij, svinec, živo srebro, amonij, klorid, sulfat, nitriti, skupni fosfor ali fosfati;
- b) sintetične snovi, kot sta trikloroetilen in tetrakloroetilen, ter
- c) parametri, ki kažejo na slane ali druge vdore, kot je prevodnost, pri čemer se za mejne vrednosti koncentracij slanih vdorov, ki so posledica človekove dejavnosti, določijo mejne vrednosti za sulfat in klorid ali za prevodnost.

### **2.6.2. Spremljanje kakovosti pitne vode**

Pri ovrednotenju kakovostni podzemne vode izhajam iz Pravilnika o pitni vodi (Ur.l. RS št.:19/04, 35/04, 26/06, 92/09, 74/15), saj podtalnica kot vir pitne vode oskrbuje približno 97 % prebivalstva Slovenije (Ambrožič in sod., 2008). Parametri določeni na podlagi pitne vode so tako lahko reprezentativni za določanje stopnje onesnaženosti talne vode. V okviru te zaključne seminarske naloge tako izhajam predvsem iz parametrov določenih pri spremljanju kakovosti



pitne vode. Pregledane vzorce bom na podlagi pravilnika o pitni vodi ovrednotila kot ustrezno oz. neustrezno (parametri obravnavani v tej zaključni seminarski nalogi seveda ne ustrezajo vsem analizam, ki bi jih bilo treba izvesti in zaradi tega ne zadostujejo za uradno in ustrezno oceno kakovosti).

*Preglednica 4: Izbrani parametri in mejne vrednosti po Pravilniku o pitni vodi*

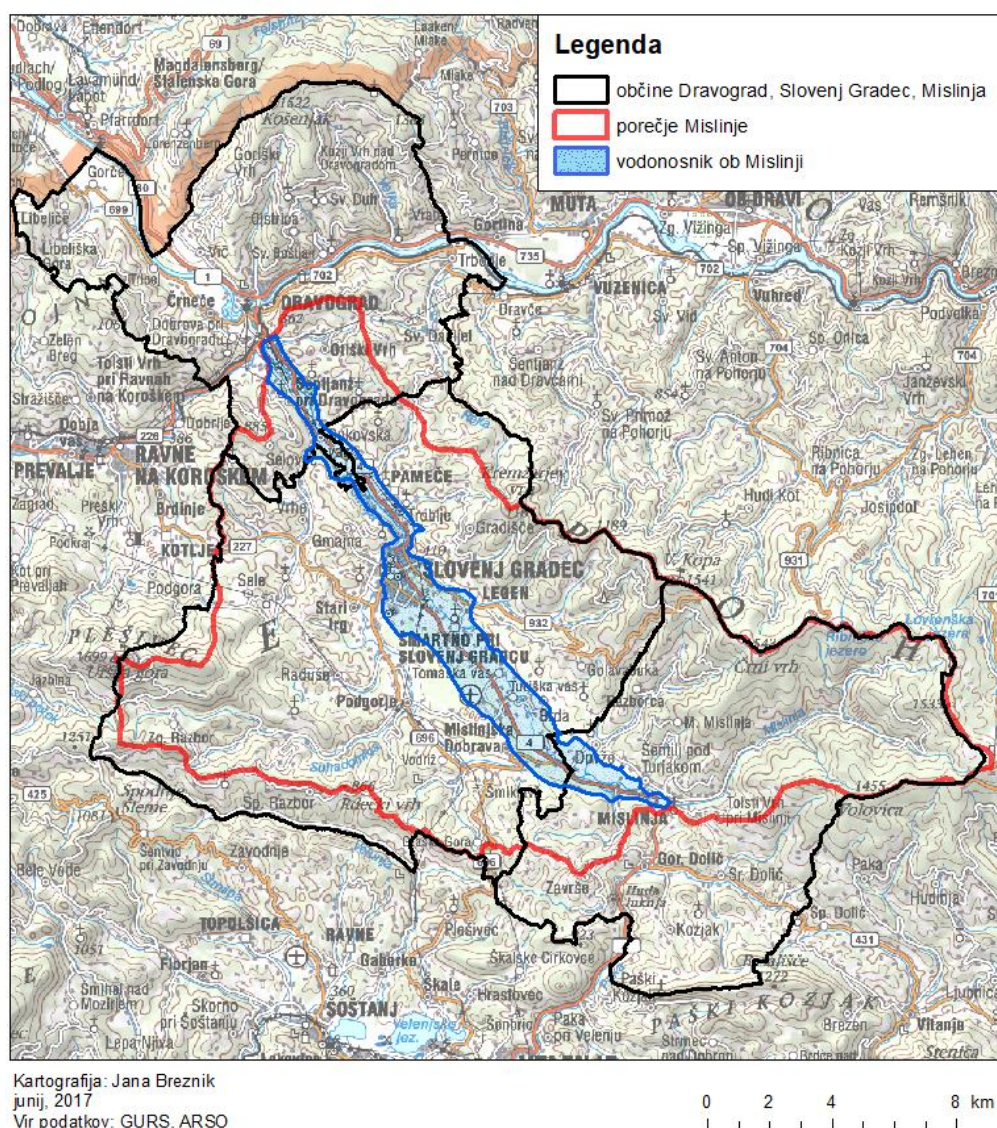
| Parameter                                   | Mejna vrednost parametra/specifikacija                  | Enota          | Opombe                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amonij                                      | 0,50                                                    | mg/l           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Nitrat                                      | 50                                                      | mg/l           | Pogoj za mejno vrednost je, da je $[\text{nitrat}]/50 + [\text{nitrit}]/3 \leq 1$ , pri čemer je vrednost za nitrat (NO <sub>3</sub> ) in nitrit (NO <sub>2</sub> ), v oglatih oklepajih, izražena v mg/l. Za nitrite mora biti dosežena vrednost 0,10 mg/l v vodi pri izstopu iz naprave za pripravo vode. |
| Nitrit                                      | 0,50                                                    | mg/l           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Klorid                                      | 250                                                     | mg/l           | Voda ne sme biti agresivna.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Sulfat                                      | 250                                                     | mg/l           | Voda ne sme biti agresivna.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Električna prevodnost                       | 2500                                                    | μS/cm pri 20°C | Voda ne sme biti agresivna                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost) | Med 6,5 in 9,5                                          | Enote pH       | Voda ne sme biti agresivna<br>Za vodo namenjeno pakiranju je najnižja vrednost 4,5. Za vodo, namenjeno pakiranju, ki je naravno bogata ali umetno obogatena z ogljikovim dioksidom, je spodnja vrednost lahko še nižja.                                                                                     |
| Barva                                       | Sprejemljiva za potrošnike in brez neobičajnih sprememb |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Motnost                                     | Sprejemljiva za potrošnike in brez neobičajnih sprememb |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Vonj                                        | Sprejemljiv za potrošnike in brez neobičajnih sprememb  |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Vir: Pravilnik o pitni vodi, Ur.l. RS št.:19/04, 35/04, 26/06, 92/09, 74/15, 2015

### 3. GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

Obravnavano območje je območje, pod katerim se razprostira vodonosnik ob Mislinji. Naloga torej ne zajema celotnega porečja Mislinje, pač pa njeno dolino od točke, kjer iz Mislinjskega jarka priteče v široko dolino, tj. pri naselju Mislinja, do njenega izliva v Mežo v Otiškem Vrh. Pri tem stranske doline (Suhadolnice, Selčnice, in druge) niso upoštevane (čeprav so prikazane na kartah).

*Slika 5: Porečje Mislinje z vodonosnikom ob Mislinji in upravljaljskimi občinami.*



Območje Mislinjske doline se nahaja na severovzhodu Slovenije. Po Gamsu (1983; cv: Kladnik, 1996) spada v območje predalpskega sveta, podrobneje v območje Pohorskega Podravja. Ravninski svet, iz katerega je pretežno sestavljena Mislinjska dolina, omejujejo na zahodu in jugu Karavanke ter na vzhodu Pohorje. Osrednji del Mislinjske doline je Slovenjgraška kotlina.

Dolžina Mislinjske doline od začetka doline do izliva Mislinje v Dravo je 22 km, v najširšem delu dosega širino do 5 km. To je na območju Slovenjgraške kotline, ki je del Mislinjske doline in hkrati tudi njen najgostejše poseljeni del.

Skupna dolžina Mislinje, ki teče po omenjeni dolini, znaša 36 km, njeno porečje pa obsega 238,6 km<sup>2</sup> (Globevnik in sod., 2014a). Hudourniška reka Mislinja spada v črnomoško povodje.

V Mislinjski dolini so zgolj avtohtoni vodni tokovi, ki spadajo v porečje Mislinje. To je izjemnega pomena pri preučevanju onesnaženosti vodnih virov, saj na njih vplivajo samo onesnaževalci iz porečja. To pomeni, da se nahaja vir onesnaženja vodnih virov v porečju. Vpliv alohtonih vodotokov je lahko prisoten zgolj ob sotočju Mislinje in Meže.

Mislinjska dolina se uvršča v statistično regijo Koroško. Območje zajema tri občine: občino Mislinja, Mestno občino Slovenj Gradec in občino Dravograd. Mislinjska dolina velja za eno bolj poseljenih dolin in kotlin v Sloveniji. Na območju Slovenj Gradca znaša gostota poselitve več kot 250 prebivalcev/km<sup>2</sup>, kar je približno 2,5-krat več od slovenskega povprečja. Takšne vrednosti v Sloveniji dosegajo le še Ljubljanska, Velenjska in Celjska kotlina. Razlog za gosto poselitev je zagotovo razširjenost kotline in tudi prijetno bivalno okolje v območju medgorskih kotlin, ki so v Sloveniji najbolj priljubljeno bivalno okolje. Gostejše poseljena območja lahko zaradi človekovih dejavnosti v prostoru vplivajo na slabšo kakovost podzemne vode (Špes in sod., 2002).

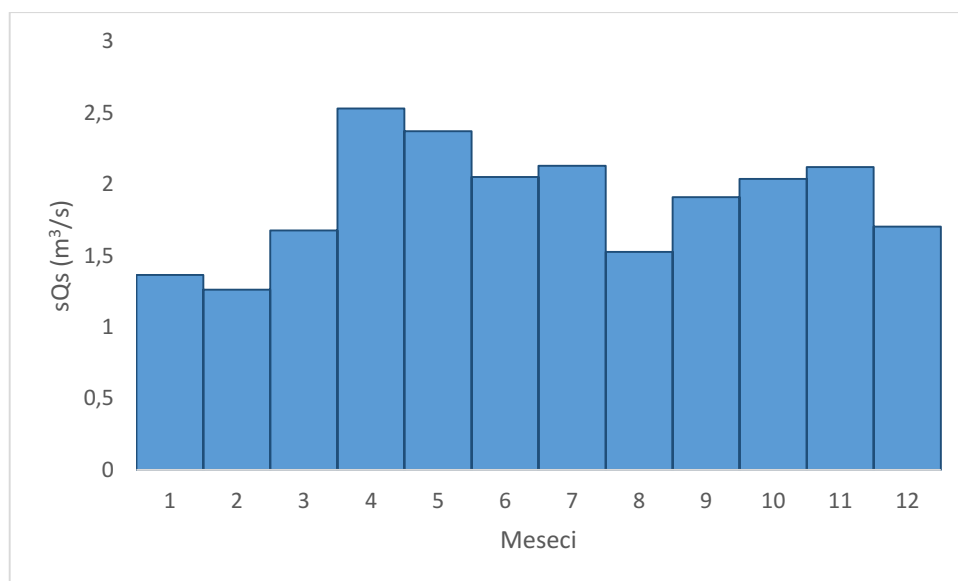
Zaradi večje gostote prebivalstva lahko sklepam tudi na povečano število delovno aktivnega prebivalstva in s tem povečano mobilnost in prometno obremenjenost območja. Glavna cesta, ki pelje skozi dolino je ena prometno bolj obremenjenih cest v Sloveniji. Povprečni letni dnevni promet na glavni cesti Velenje–Dravograd (G1-4) je na najbolj obremenjenem odseku leta 2015 znašal 12.350 vozil na dan (Prometne obremenitve ..., 2015).

### **3.1. Hidrogeografske značilnosti vodotoka Mislinja**

Reka Mislinja je osrednji vodotok Mislinjske doline. Gre za hudourniško reko, ki izvira pod Roglo in v smeri vzhod–zahod ter nato jugovzhod–severozahod teče proti Otiškemu Vrhu, kjer se izlije v reko Mežo. Njeni večji pritoki so Dolžanka, Suhodolnica in Selčnica (Globevnik in sod., 2014b).

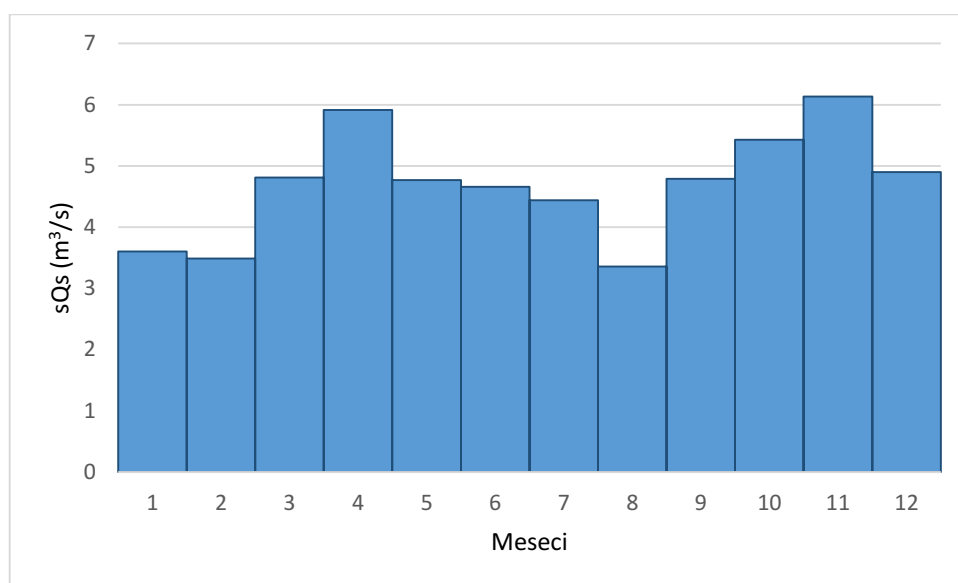
Pretok Mislinje je merjen na vodomerni postaji Dovže in vodomerni postaji Otiški vrh. Srednji pretok (sQs) v obdobju delovanja postaje (1970–2013) na vodomerni postaji Dovže meri 1,9 m<sup>3</sup>/s, medtem ko na vodomerni postaji Otiški vrh znaša 4,7 m<sup>3</sup>/s (Mesečne statistike ..., 2017).

Slika 6: Povprečni srednji mesečni pretok na vodomerni postaji Dovže I (1970–2013).



Vir podatkov: Mesečne statistike ..., 2017.

Slika 7: Povprečni srednji mesečni pretok na vodomerni postaji Otiški vrh I (1973–2014).



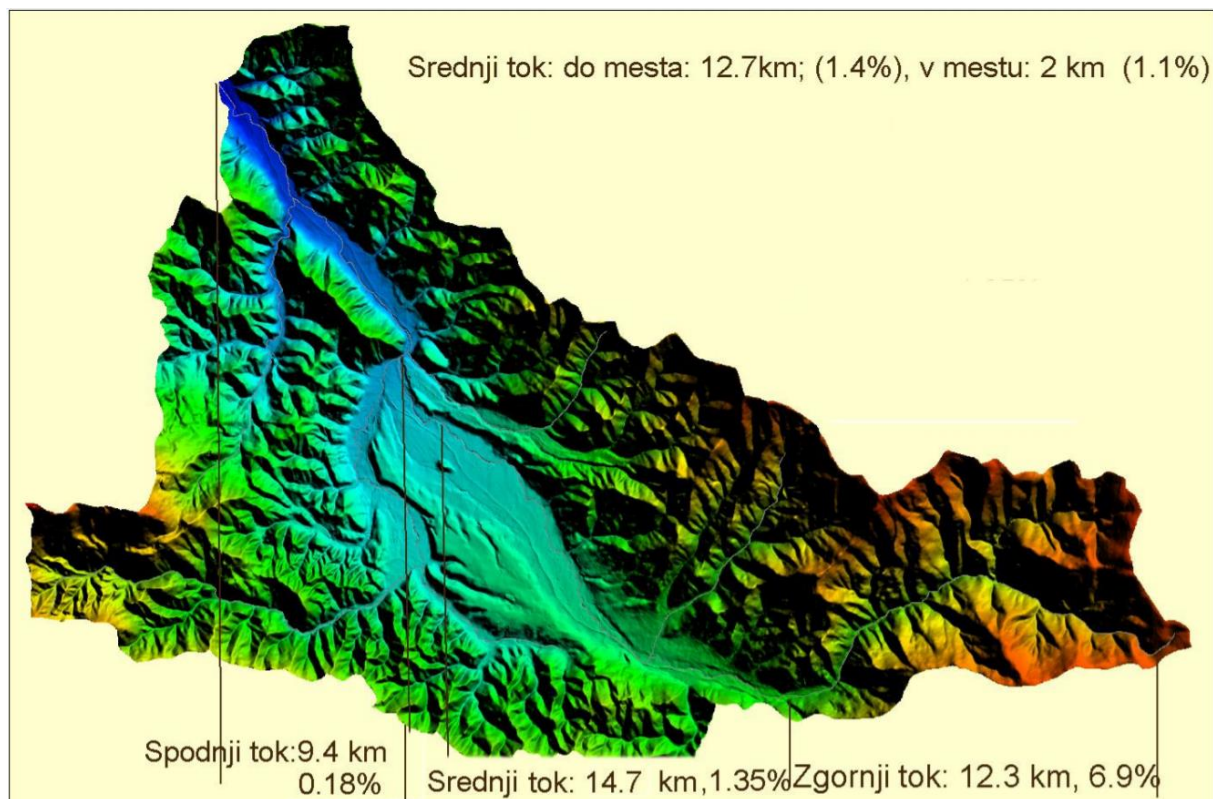
Vir podatkov: Mesečne statistike ..., 2017.

Mislinja ima na obeh vodomernih postajah mešan pretočni režim. Pri postaji Dolže I ima Mislinja najvišji pretok v mesecih april in maj, drugi višek se pojavlja jeseni v mesecih oktober in november. Mislinja ima glede na podatke pri vodomernih postajah Dovže I in Otiški Vrh I alpski dežno-snežni pretočni režim. Zanj sta značilna dva viška in dva nižka. Primarni višek nastopi aprila, drugi višek je v novembru (lahko je tudi obratno). Nižka (zimski in poletni) sta močno izenačena (Frantar, Hrvatin, 2005).



Reka Mislinja je razdeljena na tri dele. Zgornji tok zajema območje od izvira do začetka vršaja pri naselju Mislinja, srednji tok se razteza od naselja Mislinja do naselja Slovenj Gradec, spodnji tok pa od naselja Slovenj Gradec do sotočja z reko Mežo.

*Slika 8: Razdelitev Mislinje na zgornji, srednji in spodnji tok*



Vir: Globevnik in sod., 2014b, str. 29.

Agencija Republike Slovenije za okolje na vodotoku Mislinja spremlja dve vzorčni mesti, kjer preverja kemijsko stanje vode. Pri tem na obeh vzročnih mestih beleži dobro kemijsko stanje z visoko ravno zaupanja (Ocena kemijskega stanja ..., 2017).

Kljub dobremu kemijskemu stanju vodnega telesa reke Mislinje, so bili identificirani možni viri njenega onesnaževanja (Globevnik in sod., 2014b). Obremenjujejo jo točkovni in razpršeni viri onesnaževanja, odvzemanje vode za potrebe hidroelektrarn, raba obrežnega pasu in ponekod problematične vzdolžne ureditve brežin ter uravnave struge (hidromorfološke obremenitve). Ocenjuje se, da na stanje reke točkovno onesnaževanje nima večjega vpliva, da je vpliv na stanje voda iz razpršenih virov hranil majhen, medtem ko je vpliv hidromorfoloških obremenitev zmeren. Ocenjuje se tudi, da obstaja nevarnost potencialnih razlitij nevarnih snovi in da obstaja velik vpliv razpršenih obremenitev iz območij poselitev, ki nimajo urejenega odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda (Globevnik in sod., 2014b).

### **3.2. Geološka zgradba porečja Mislinje**

Porečje Mislinje pripada v širšem smislu dvema geotektonskima enotama, in sicer Vzhodnim Alpam (med slednje prištevamo Pohorje) in alpsko-dinarski mejni coni (Karavanke). Geotektonski enoti se stikata ob labotski prelomni coni od Slovenj Gradca proti jugovzhodu. Labotska prelomna cona poteka v dinarski smeri. Na osnovi tega tektonskega preloma se je oblikovala Mislinjska dolina (Mioč, 1972).

Ozemlje Vzhodnih Alp je zgrajeno predvsem iz metamorfnih kamnin, kjer prevladuje gnajs, ki ponekod prehaja v blestnik. Za porečje Mislinje je posebej pomembna Pohorska serija, ki je sestavljena pretežno iz gnajsa. Metamorfne kamnine višje metamorfne stopnje omogočajo površinsko pretakanje voda, kar se odraža v hudourniškem značaju rek na tem območju (Mioč, 1972).

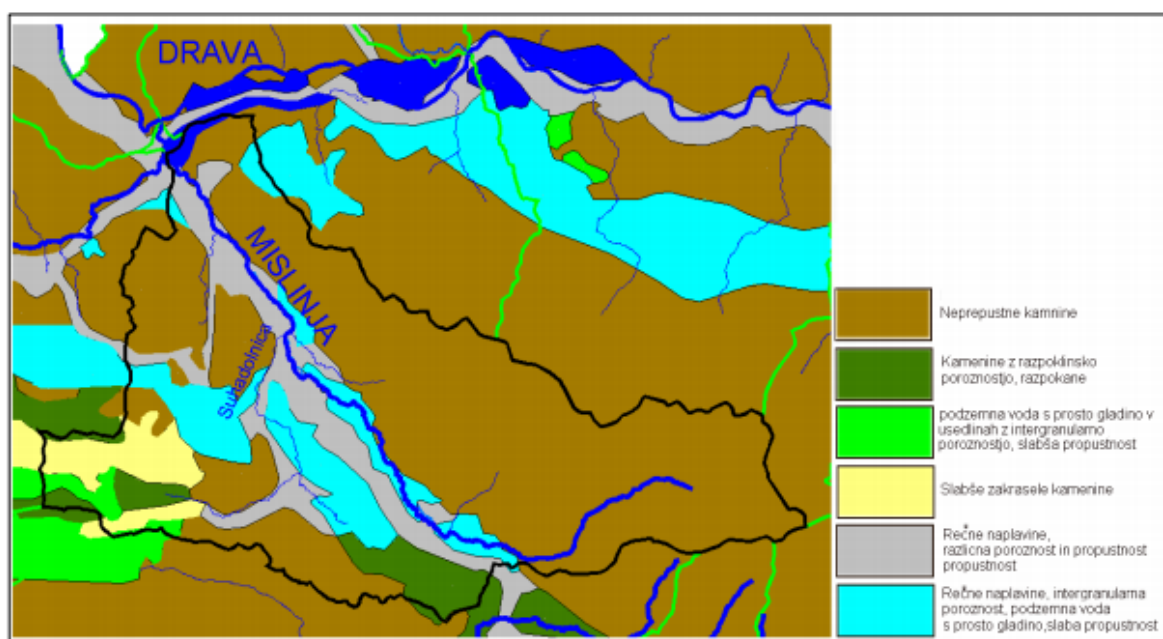
Alpsko-dinarsko mejno cono je moč razdeliti na tri enote: centralno karavanško cono, severne in južne Karavanke (Mioč, 1972).

Povirje Mislinje je na Pohorju, zaradi česar ga zaznamujejo predvsem metamorfne kamnine. Tako so v povirju reke Mislinje večinoma tonalit, gnajs in blestnik. Povirja Mislinjinih večjih pritokov Suhadolnice in Selčnice so v alpsko-dinarski mejni coni in so zaznamovana predvsem z močno zakraselimi karbonatnimi kamninami, kot sta dolomit in apnenec (Mioč, 1972). Te kamnine omogočajo zbiranje večjih količin podzemne vode kraškega tipa, ki se na stikih z manj prepustnimi kamninami drenirajo v številne razmeroma izdatne izvire (Gorišek in sod., 1978). Tukaj se pojavljajo tudi konglomerat, peščenjak in lapor (Mioč, 1972).

Na preučevanem območju vodonosnika so najpomembnejši kvartarni sedimenti na območju dolin in kotlin. Gre pretežno za jezerske oz. barjanske sedimente, rečne naplavine in pobočni grušč. Na podlagi analiz je od pleistocenskih sedimentov ugotovljen le würm (Mioč, 1972).

Največji vodonosnik podzemne vode predstavljajo prepustne kvartarne naplavine na območju Slovenj Gradca (Gorišek in sod., 1978).

Slika 9: Geološka zgradba porečja Mislinje



Vir: Globevnik in sod., 2014b, str. 13.

### 3.3. Pedološke značilnosti Mislinjske doline

V Mislinjski dolini prevladujejo avtomorfne prsti, na katere vpliva predvsem padavinska voda, ki v nobenem delu profila niti stalno niti začasno ne zastaja. Podtalnica je globoko pod površjem oz. vsaj toliko, da se nikoli ne dvigne do površja. Večje pore so zapolnjene z zrakom, le najmanjše z vodo (Repe, 2010). Pod takšne prsti se uvrščata tudi distrična rjava in evtrična rjava prst, ki v Mislinjski dolini prevladujeta (Portal e-Tla, 2017). Gre za kambične prsti, ki so vedno globlje od 30 cm, imajo pa značilen kambičen horizont, v katerem se zadržujejo večje količine glinenih delcev (Repe, 2010).

Evtrične rjave prsti so prsti, ki se največkrat pojavljajo na mehkih ali nesprijetih karbonatnih kamninah. Njihova najpomembnejša značilnost je visoka zasičenost z bazami, kar se odraža v visoki primernosti za kmetijstvo (Repe, 2010). Evtrične rjave prsti se pojavljajo na območju spodnjega toka Mislinje (Portal e-Tla, 2017).

Distrične rjave prsti so v Sloveniji pogoste, saj se lahko pojavljajo na vseh nekarbonatnih kamninah. Njihova značilnost je nizka zasičenost z bazami. Zaradi pojavljanja na primernem reliefu so kljub manjši primernosti za kmetijstvo, pogosto izrabljene v ta namen – tudi na območju srednjega toka Mislinje (do Slovenj Gradca), kjer so prevladujoč tip prsti (Repe, 2010).

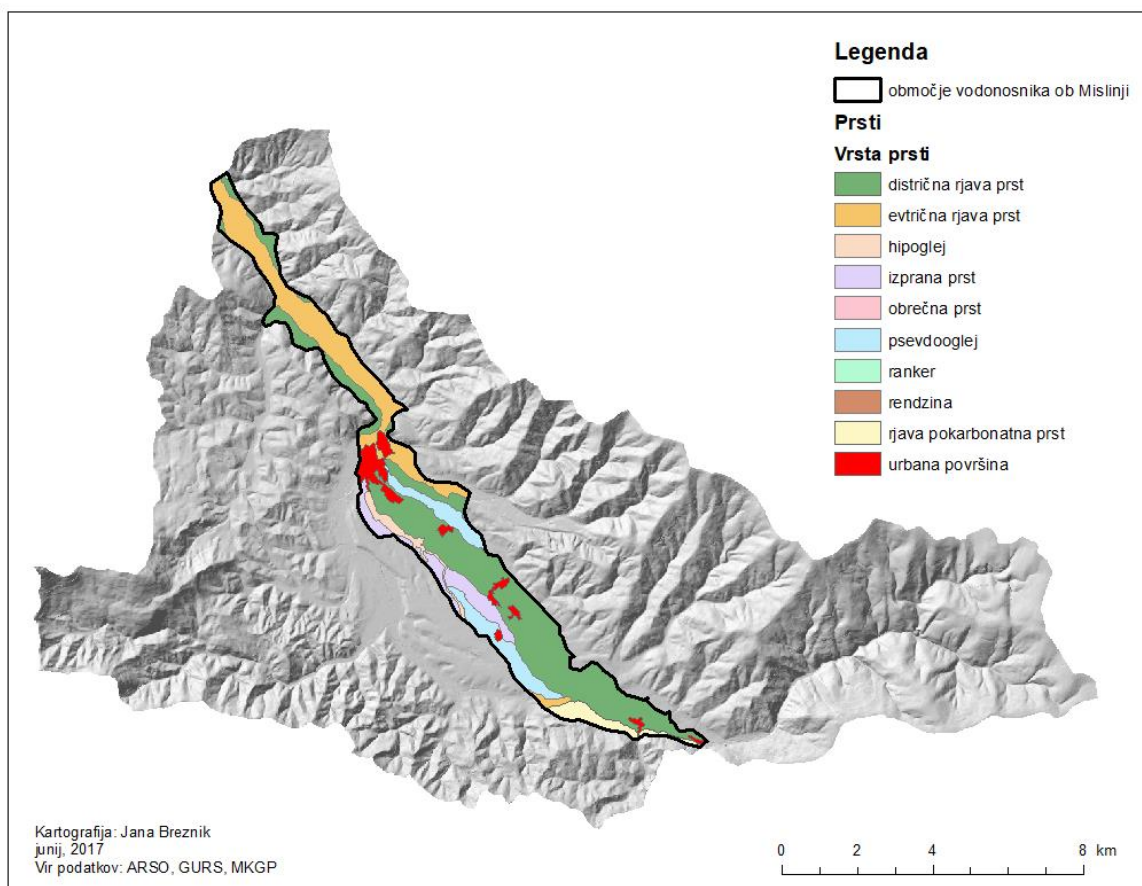
Manj pogoste prsti, ki pa se zaradi bližine vodotoka Mislinja kljub vsemu pojavljajo v Mislinjski dolini, so hidromorfne prsti. Nanje vpliva vsaj ena oblika vode, ki v delu profila občasno ali stalno zastaja. V prsti so očitni znaki redukcije ali se v profilu pojavi velika namočenost ali celo voda sama. Pogosto se pojavljajo poplave, padavinska voda pa lahko zastaja v profilu. Te prsti se najpogosteje nahajajo v bližini vodotokov ali stoječih voda.

Podtalnica se pogosto dvigne blizu ali na površje (Repe, 2010). Pod takšne prsti se uvrščajo obrečne prsti, ki se v Mislinjski dolini pojavljajo v bližini večjih vodotokov (Portal e-Tla, 2017).

Obrečne prsti so mlade prsti aluvialnih in poplavnih ravnic, ki so stalno pod vplivom premikajoče se vode in dvignjene podtalnice. Vodotoki stalno prinašajo novo gradivo, zato je prisotno veliko skeletnih delcev (Repe, 2010). V Mislinjski dolini se pojavljajo gorvodno od Slovenj Gradca, kjer vodotok prinaša predvsem nekarbonatno gradivo, zato se pojavlja obrečna distrična prst (Portal e-Tla, 2017).

Vse opisane prsti so razmeroma plitve, lahke in dobro prepustne za vodo, kar pomeni razmeroma majhno zaščito podtalnice pred onesnaževanjem (Rejec Brancelj in sod., 2005).

*Slika 10: Prsti na območju vodonosnika ob Mislinji*



### 3.4. Podnebje in vodna bilanca Mislinjske doline

Mislinjska dolina po Ogrinu (1996, str. 51) spada v podnebje nižjega gorskega sveta in vmesnih dolin severne Slovenije, kjer je povprečna temperatura najhladnejšega meseca pod  $-3^{\circ}\text{C}$ , povprečna temperatura najtoplejšega meseca pa nad  $10^{\circ}\text{C}$ . Območje ima subkontinentalen padavinski režim, povprečna letna količina padavin pa znaša od 1100 do 1700 mm.

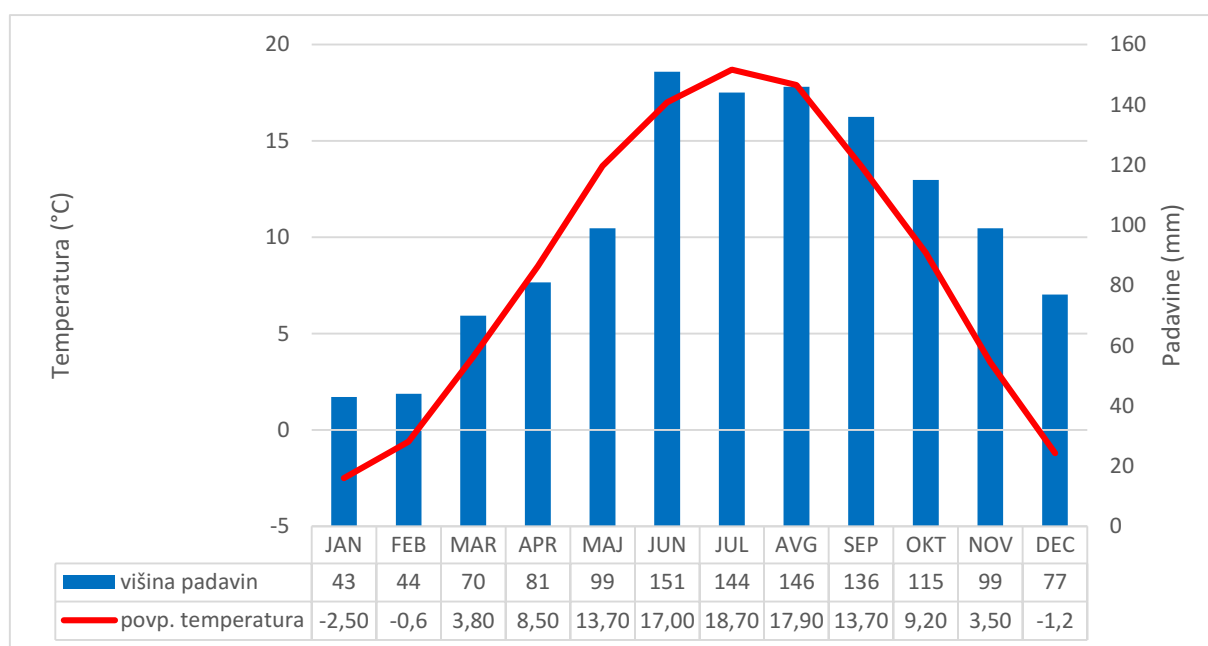
Padavine so vsa voda, ki pade na površino Zemlje: dež, rosenje, sneg, toča, sodra, babje pšeno, ledene iglice ipd. (Brilly, Šraj, 2005). Padavine so temeljni element vodne bilance. V zaprtih



sistemih so tudi edini dotok v vodonosnik. V primeru Mislinjske doline pa je treba upoštevati tudi zatekanje rek. Na spiranje onesnaževal v podtalnico močno vplivajo padavinske razmere, zaradi tega je pregled vodne bilance izjemnega pomena (Rejec Brancelj in sod., 2005).

Na območju se nahaja ena meteorološka postaja – Šmartno pri Slovenj Gradcu, kjer beležijo vse pomembnejše meteorološke in agrometeorološke podatke. Povprečna letna temperatura v referenčnem obdobju 1981–2010 je bila 8,5 °C, medtem ko je povprečna letna količina padavin znašala 1205 mm (Šmartno pri ..., 2017).

*Slika 11: Povprečne mesečne temperature in povprečna višina padavin na meteorološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu (1981–2010)*

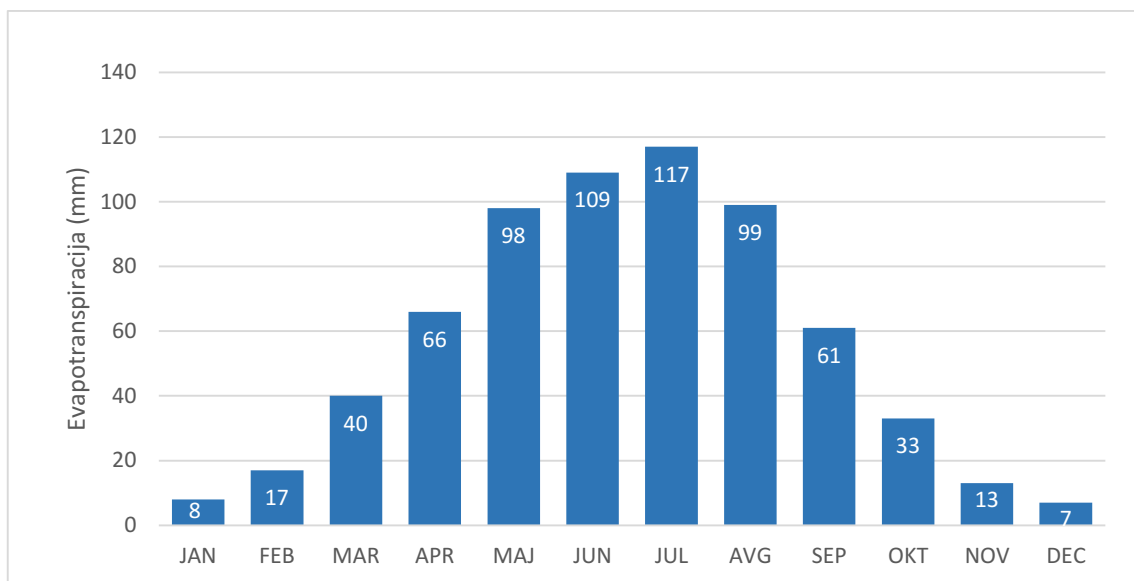


Vir podatkov: Šmartno pri Slovenj Gradcu. Klimatološka povprečja 1981–2010, 2017.

Evapotranspiracija je pojav prehoda tekoče vode s površine tal in rastlin v atmosfero. Ta pojav sestavljata dva procesa: izhlapevanje in transpiracija, ki se pojavljata istočasno. Izhlapevanje (evaporacija) je prehod vode iz tekočega v plinasto agregatno stanje, transpiracija pa je fiziološki proces, pri katerem rastlina črpa vodo iz zemlje in jo po porabi v metaboličnem procesu skozi liste izpusti v atmosfero (Brilly, Šraj, 2005). Evapotranspiracija pomeni neposredno izgubo vode med padavinami in odtokom v vodnem krogu (Rejec Brancelj in sod., 2005).

Povprečna letna vsota evapotranspiracije na klimatološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu je 670 mm. Najvišja vrednost evapotranspiracije je v mesecu juliju, najnižja pa v mesecu decembru (Povprečne mesečne vrednosti ..., 2017).

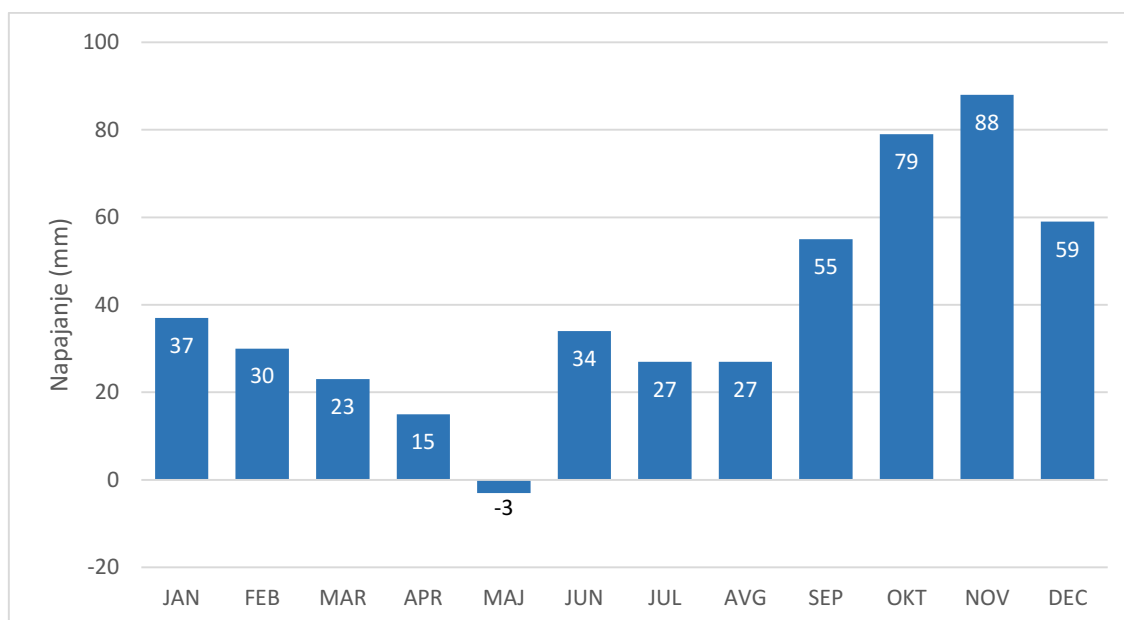
*Slika 12: Povprečna mesečna evapotranspiracija na meteorološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu (1971–2000)*



Vir podatkov: Povprečne mesečne vrednosti evapotranspiracije v obdobju 1971–2000, 2017.

Iz podatkov padavin in evapotranspiracije je možno podati oceno napajanja brez zatekanja rek. Grafikon 5 prikazuje oceno napajanja s padavinami v referenčnem obdobju 1971 – 2000 izračunano iz padavin in evapotranspiracije v tem obdobju. Napajanje je najmanjše v mesecih april in maj, medtem ko največje napajanje nastopi jeseni.

*Slika 13: Ocena napajanja s padavinami na klimatološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu (1971–2000)*



Vira podatkov: Povprečne mesečne vrednosti evapotranspiracije v obdobju 1971–2000, 2017; Šmartno pri Slovenj Gradcu. Klimatološka povprečja 1971–2000, 2017.

### **3.5. Lastnosti vodonosnika ob Mislinji**

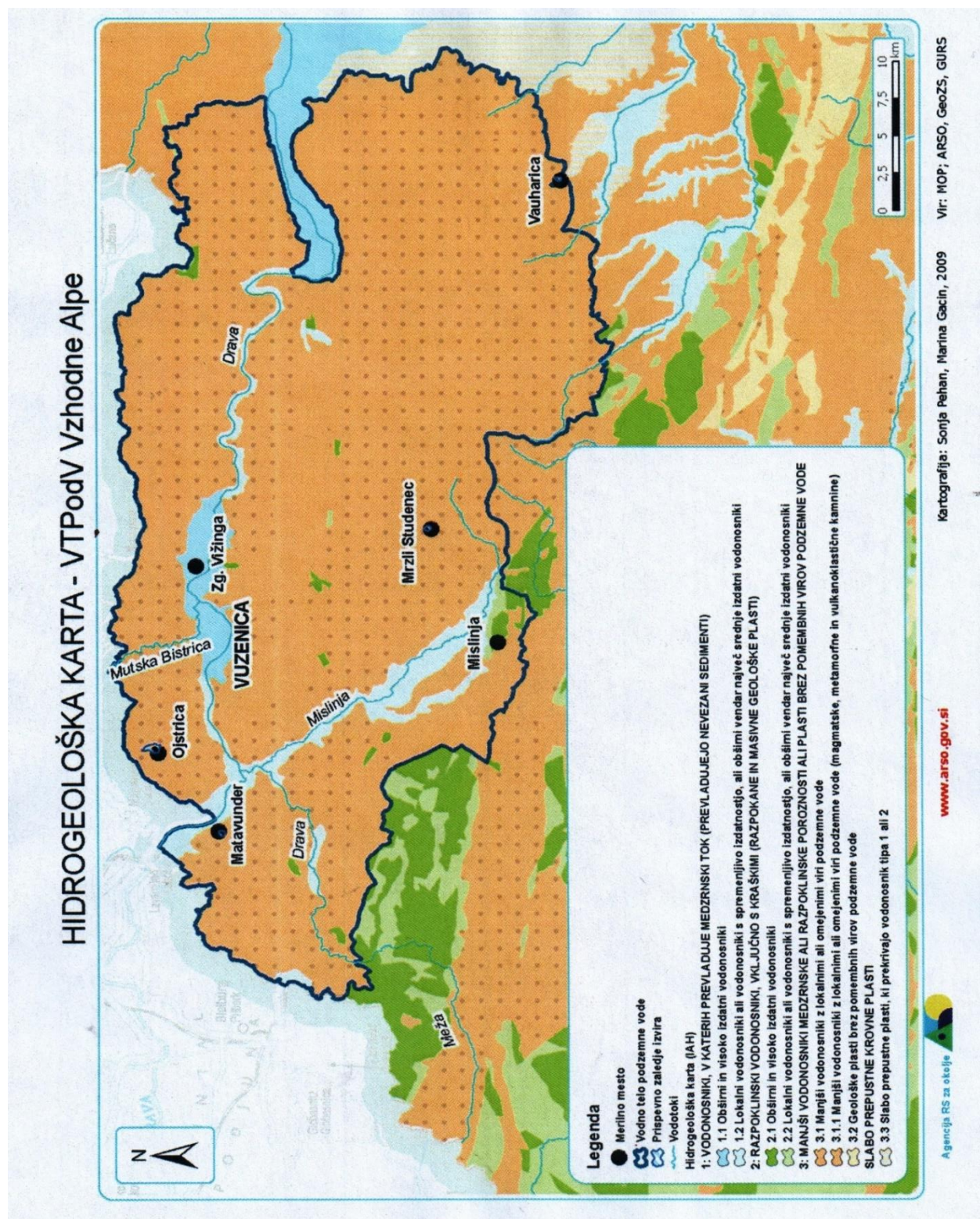
O vodonosniku Mislinjske doline je malo podatkov, saj velikost samega vodonosnika na velikostni ravni Slovenije nima pomembne veljave. Žal to pomeni, da na samem območju primanjkuje merilnih mest, analiz in študij. Pri kartah z območji podtalnice samo območje pogosto niti ni vrisano.

Vodonosnik ob Mislinji je del telesa podzemne vode Vzhodne Alpe, ki ga ločujemo na dva ločena sistema. Prvi je kvartarni, aluvialni, medzrnski vodonosnik ob Dravi, Mislinji in Meži, drugi pa je manjši in se nahaja v preperinskem delu in matični kamnini metamorfnih in magmatskih kvartarnih, do kambrijskih in predkambrijskih plasti. Za potrebe te zaključne seminarske naloge je pomemben predvsem prvi. Ob skupini medzrnskih vodonosnikov ob rekah Mislinja, Meža in Drava beležijo medzrnski lokalni vodonosnik, ki je lokalni, nezvezen, izdaten ali obširen, vendar nizko do srednje izdaten, katerega predkvartarna podlaga je prepoznana kot neprepustna. Ranljivost tega vodonosnika je visoka do izredno visoka, saj ni pomembnih krovnih plasti (Gacin, Mihorko, Krajnc, 2009).

Ocena kemijskega stanja vodnih teles je bila za enoto Vzhodne Alpe opravljena v letih 2008 in 2012, pri čemer je bilo v obeh primerih izmerjeno dobro kemijsko stanje (Gacin, Mihorko, 2016).

Medzrnski vodonosniki so v Sloveniji najpomembnejši vodonosniki za preskrbo s pitno vodo (Kladnik, Rejec Brancelj, Smrekar, 2002). V Mislinjski dolini so za potrebe pitne vode pomembna predvsem zajetja izvirov omejena na lokacije na višjih nadmorskih višinah, z manjšim zaledjem, brez večjih onesnaževalcev. Na dolinskem dnu se talna voda uporablja pretežno v druge namene (ogrevanje – toplotna črpalka, zalivanje, namakanje, napajanje živine, pranje ipd.).

Slika 14: Hidrogeološka karta - Vzhodne Alpe.



Vir: Gacin, Mihorko, Krajnc, 2009, str. 160.



## 4. METODE DELA

### 4.1. Odvzem vzorcev

Odvzem vzorcev je potekal dne 22. 10. 2016. Podtalnico sem odvzela na devetih lokacijah, medtem ko sem vzorčila reko Mislinjo na treh lokacijah. Odvzem vode je potekal na vseh lokacijah podobno. Najprej sem vodo pustila nekaj časa odtekati (cca. 5 minut), nato sem odvzela 2 l vzorca v čisto plastično embalažo in poseben vzorec za biokemijsko potrebo po kisiku. Na lokaciji sem z digitalnim pH metrom in digitalnim oksimetrom izmerila pH in vsebnost kisika. Ob odvzemu vzorcev sem popisala okoliščine vzorčenja, vplive iz okolja in rabo tal. Lastniki so mi povedali tudi globino vodnjaka oz. vrtine ter običajno razdaljo med površjem in gladino talne vode (v kolikor je ni bilo možno izmeriti).

*Slika 15: Merjenje vsebnosti kisika na terenu*



Avtorica: Jana Breznik, 2016.

### 4.2. Analiza vzorcev

Osnovna analiza vzorcev je bila izdelana z opremo:

- digitalni pH meter,
- digitalni oksimeter,
- indikator nitratov visocolor eco,
- indikator nitritov visocolor eco,
- indikator amonija visocolor eco,

- indikator fosfatov visocolor eco,
- indikator sulfatov visocolor eco,
- indikator kloridov visocolor eco.

*Slika 16: pH meter, oksimeter ter indikatorji Visocolor eco*

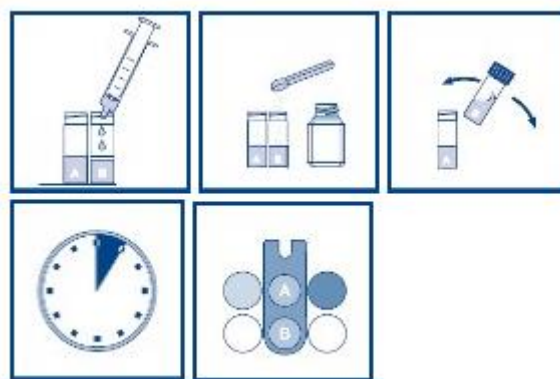


Avtorica: Jana Breznik, 2016.

Izdelane so bile analize biokemijske potrebe po kisiku in trdote (karbonatna, kalcijeva, magnezijeva in skupna) vode.

Indikatorji nitratov, nitritov, amonija, kloridov in fosfatov delujejo na kolometrijskem principu. Vsakemu od vzorcev se primeša indikator, pretrese in počaka določen čas, da poteče reakcija. Glede na barvno reakcijo se odčita vsebnost določenih parametrov.

*Slika 17: Shema delovanja indikatorjev*



Vir: Visocolor eco, 2017.

### **Določevanje nitritov**

V kisli raztopini se sulfanilna kislina ali sulfanilamid diazotirata z nitritom. Diazonijeva sol se združi z aromatičnim aminom do nastanka intenzivnega obarvanega azo barvila (Visocolor eco nitrite ..., 2017).

### **Določevanje kloridov**

Kloridni ioni reagirajo z živosrebromim tiocianatom. Nastaneta neraztopljen živosrebrov klorid in prosti tiocianatni ioni. V prisotnosti železovih soli tiocianatni ioni dajo karakteristično oranžno barvo (Visocolor eco chloride ..., 2017).

### **Določevanje nitratov**

Nitrat se reducira do nitrita z anorganskim reducirajočim agentom. Nitrit se potem diazotira z aromatičnim aminom in hkrati združi do nastanka azo barvila (Visocolor eco nitrate ..., 2017)

### **Določevanje fosfatov**

Amonijev molibdat reagira s fosfatnimi ioni do nastanka fosfomolibdenske kisline, ki se reducira do molibden modre barve (Visocolor eco phosphate ..., 2017).

### **Določevanje amonija**

V alkalnem mediju amonijevi ioni reagirajo s klorom. Tvorijo se spojina kloramin, ki se v prisotnosti katalizatorja obarva modro. Intenzivnost barve določa vsebnost amonija, ki jo odčitamo na barvni lestvici (Ammonium ..., 2017).

### **Določevanje sulfatov**

Sulfat reagira z barijevimi ioni, ki tvorijo oborino barijevega sulfata. Spojina postane motna, zaradi te motnosti se lahko vsebino spojine prelije v epruveto, kjer motnost povzroči, da x na dnu epruvete ni več viden. Takrat je dosežena meja koncentracije sulfatov v vodi (Visocolor eco sulphate ..., 2017).

*Slika 18: Določevanje vsebnosti fosfatov v vodi*



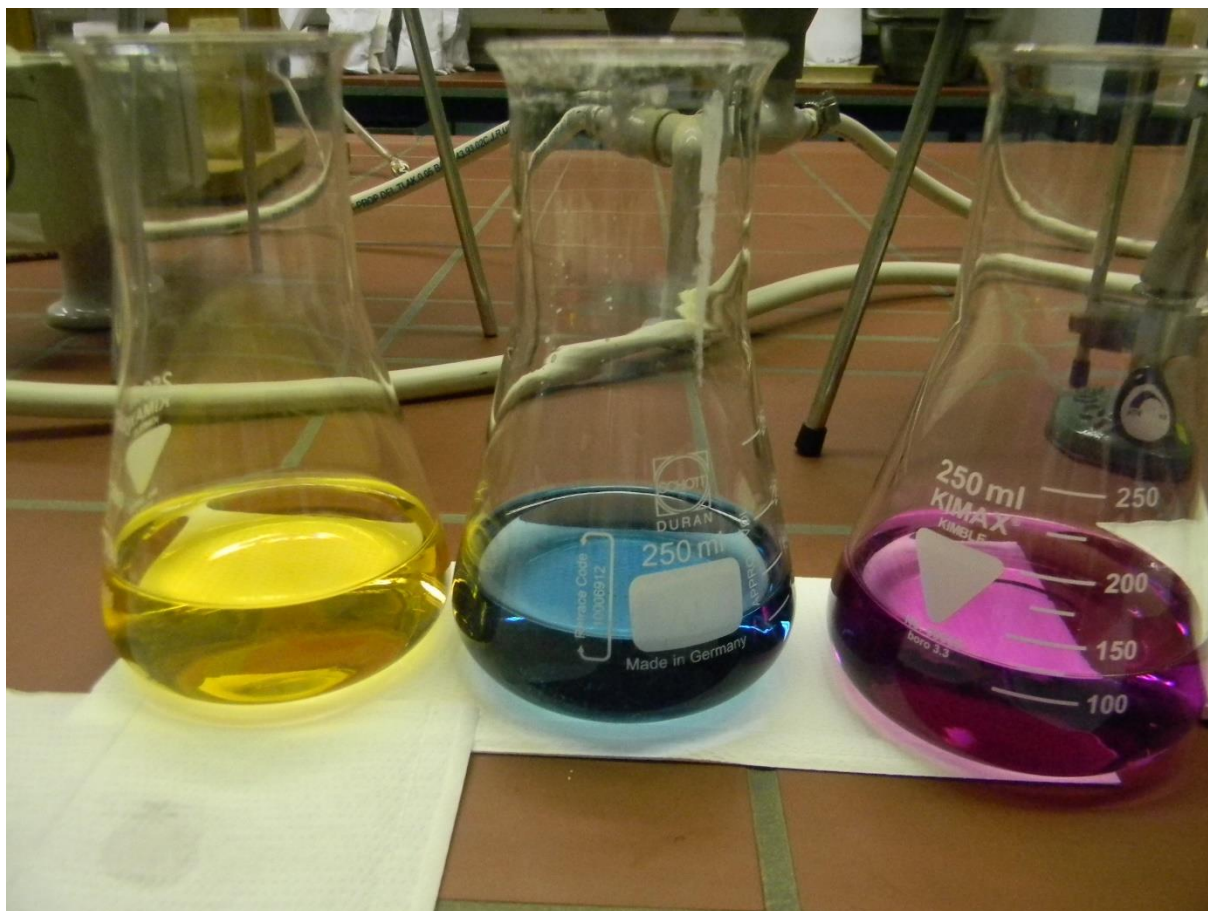
Avtorica: Jana Breznik, 2016.

### **Določevanje trdote**

Trdoto sem določevala z metodo titracije. Določila sem karbonatno, skupno, kalcijevo in magnezijevo trdoto. Za določevanje karbonatne trdote sem uporabila indikator metil oranž in titrirala z 01N HCl do preskoka iz rumene v čebulno barvo. Skupno trdoto sem določevala z indikatorjem ERIOKROM ČRNO T in titrirala z 0,01786 M EDTA do preskoka iz vijolične v modro barvo. Kalcijevo trdoto sem določevala z indikatorjem MUREKSID in titrirala z 0,01786 M EDTA do preskoka iz roza v vijolično barvo. Magnezijeva trdota se določi računsko z odštevanjem kalcijeve trdote od skupne trdote (Trdota vode, 2017).



*Slika 19: Določevanje trdote*



Avtorica: Jana Breznik, 2016.

### **Določevanje biokemijske potrebe po kisiku (BPK<sub>5</sub>)**

Za potrebe analize biokemijske potrebe po kisiku sem ob odvzemanju vzorcev odvzela tudi vzorec za biokemijsko potrebo po kisiku v za to namenjene stekleničke. V laboratoriju je laborantka izvedla analizo za določevanje biokemijske potrebe po kisiku. Pri tem je uporabila reagente:  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaN}_3$ ,  $\text{KJ}$ ,  $\text{HCl}$ . Ob dodatku škrobovice so bili vzorci titrirani z  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  do brezbarvnega stanja (Določanje kisika, 2017).

### **4.3. Statistična obdelava podatkov**

Podatke pridobljene s pomočjo analize, anketiranja lastnikov vodnjakov in kabinetnega dela sem vnesla v program Excel, kjer sem jih obdelala. Preglednico sem uporabila za izris grafikonov in jo pripravila za uporabo v GIS programu. S pomočjo grafikonov in tabelarnega prikaza sem primerjala podatke med seboj.

#### 4.4. Geoinformacijske podlage

S pomočjo programa ArcGIS sem izbrala najbolj ustrezne lokacije za odvzem vzorcev. Lokacije so bile izbrane glede na lego po toku navzdol in rednost uporabe (poizkušala sem poiskati čim več takšnih, ki vodo redno uporabljajo npr. za toplotno črpalko). Po analizi sem pridobljene podatke vnesla v program ArcGIS, kjer sem jih prostorsko prikazala in jim iz dostopnih kart pripisala dodatne dejavnike (prst, geološka podlaga, raba tal na ožjem in širšem vplivnem območju). Izdelala sem karte za posamezne parametre ter preučila trenutne trende.

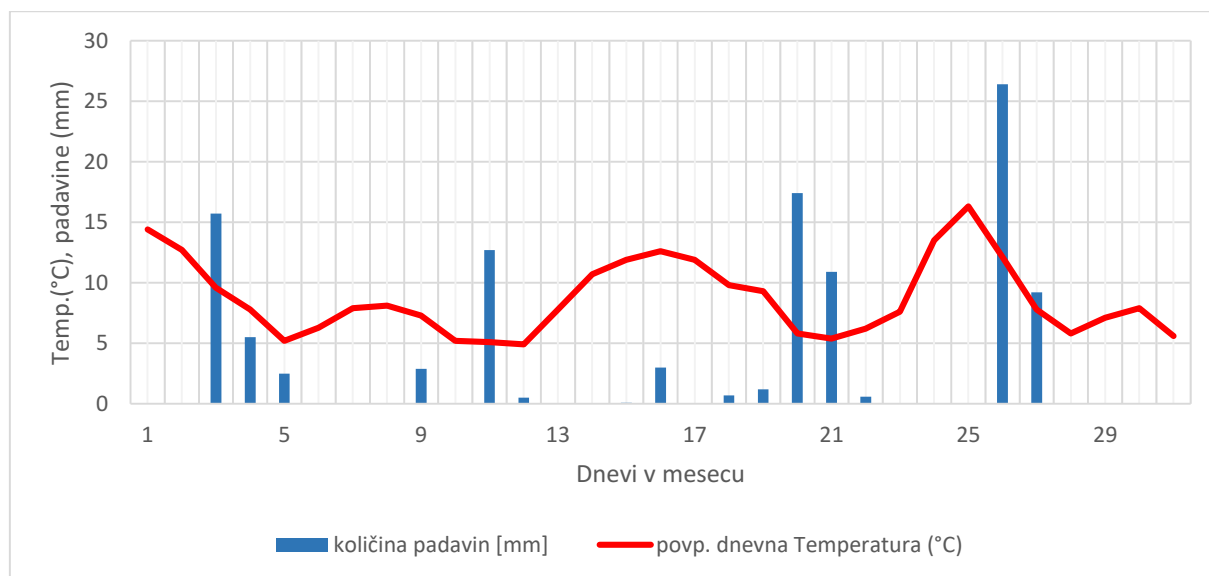
#### 4.5. Vremenske in hidrološke razmere v času vzorčenja

##### Vremenske razmere

Na območju Mislinjske doline se nahaja ena pomembnejša meteorološka postaja – Šmartno pri Slovenj Gradcu. V mesecu oktobru 2016 je bila povprečna temperatura zraka 8,7 °C. Količina padavin v mesecu oktobru je bila 109,3 mm. Glede na 30-letno povprečje so bile temperature in padavine v mesecu oktobru nekoliko nad povprečjem (Arhiv meritev ..., 2017).

Na dan 22. 10. 2016 je bila povprečna temperatura zraka 6,2 °C. Ta dan je padlo 0,6 mm padavin. V tednu pred odvzemom vzorcev je bilo nekoliko več padavin, zaradi tega bi bilo pričakovati večje izpiranje onesnaževal v podtalnico (Arhiv meritev ..., 2017).

*Slika 20: Povprečne dnevne temperature in količina padavin v mesecu oktobru 2016*



Vir podatkov: Arhiv meritev ..., 2017.

##### Hidrološke razmere

Oktober 2016 je bil hidrološko suh mesec. Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje so bili povprečni pretoki v Sloveniji 36 % manjši v dolgoletnem povprečju (Strojan, 2016). Takšno stanje je bilo opaženo tudi na vodotoku Mislinja. Povprečni mesečni srednji pretok na vodomerni postaji Dovže II je znašal zgolj 0,97 m<sup>3</sup>/s. Srednji mesečni pretok v mesecu oktobru

za obdobje od 1970 do 2013 je znašal  $2,04 \text{ m}^3/\text{s}$ . Na vodomerni postaji Otiški vrh I je bil pretok  $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Srednji mesečni pretok v obdobju 1973–2015 v mesecu oktobru znaša  $5,51 \text{ m}^3/\text{s}$  (Podatkovna zbirka Hidrolog, 2017).

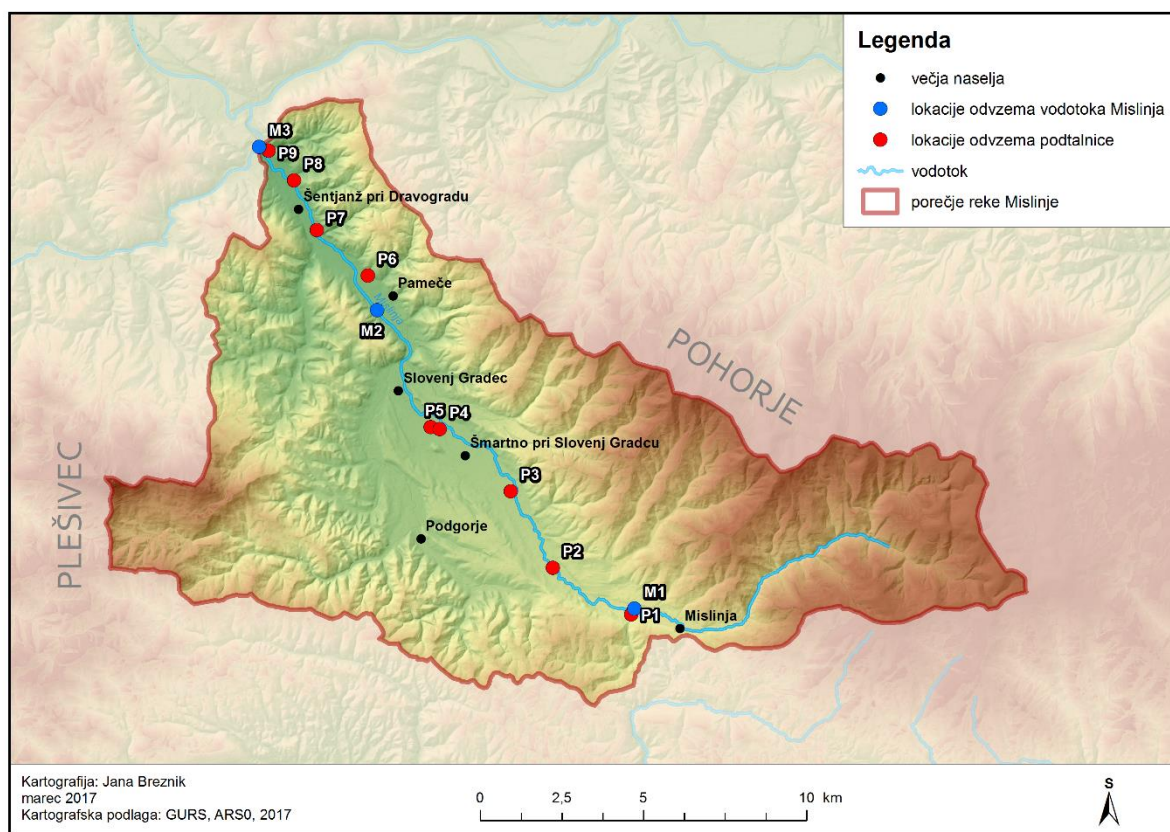
Povprečna temperatura reke Mislinje v oktobru 2016 je znašala  $9,3 \text{ }^\circ\text{C}$  na vodomerni postaji v Dovžah in  $10,9 \text{ }^\circ\text{C}$  na vodomerni postaji v Otiškem vrhu. Vodostaj na vodomerni postaji Dovže II je meril  $37,8 \text{ cm}$ , na vodomerni postaji v Otiškem vrhu pa  $54,6 \text{ cm}$  (Podatkovna zbirka Hidrolog, 2017).

Na dan odvzema vzorca je srednji pretok znašal  $0,98 \text{ m}^3/\text{s}$  na vodomerni postaji Dovže II in  $3,03 \text{ m}^3/\text{s}$  v Otiškem Vrh. Vodostaj na vodomerni postaji Dovže II je znašal  $38,1 \text{ cm}$  in na vodomerni postaji Otiški Vrh I  $58,4 \text{ cm}$ . Temperatura na vodomerni postaji Dovže II je bila  $7,6 \text{ }^\circ\text{C}$  in v Otiškem Vrh  $9,4 \text{ }^\circ\text{C}$  (Podatkovna zbirka hidrolog, 2017).

## **5. PREDSTAVITEV LOKACIJ ODVZEMA VZORCEV**

Vzorčenih je bilo 9 lokacij talne vode vodonosnika ob Mislinji in tri kontrolne lokacije površinske vode. Vzorci talne vode so bili odvzeti v zasebnih vodnjakih. Lokacije so bile izbrane smiselno tako, da so bile čim bolj prostorsko razporejene (enakomerno po toku navzdol). Izbira lokacij talne vode je potekala s pomočjo podatkov o vodnih dovoljenjih, ki jih beleži Agencija Republike Slovenije za okolje. Izbrani so bili predvsem uporabniki toplotnih črpalk in takšni, katerih uporaba vodnjakov/vrtin bi bila čim bolj redna. Žal pri vseh uporabnikih ni bilo možno dobiti vzorca, ki bi bil vzet iz vodnjaka, ki je redno uporabljan (primer vzorca P1), zato je lahko kakovost odvzetega vzorca pri nekaterih vzorcih manj natančna. Mislinja je bila odvzeta na treh lokacijah, pri čemer so bile lokacije smiselno odvzete na območju srednjega in spodnjega toka Mislinje.

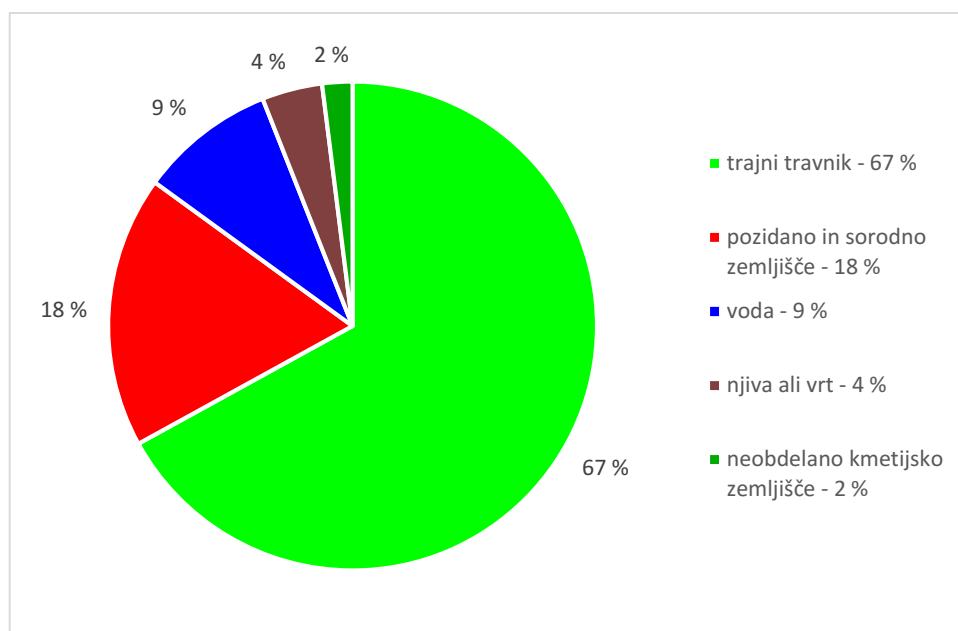
Slika 21: Izbrane lokacije



### Lokacija Mislinja 1 (M1):

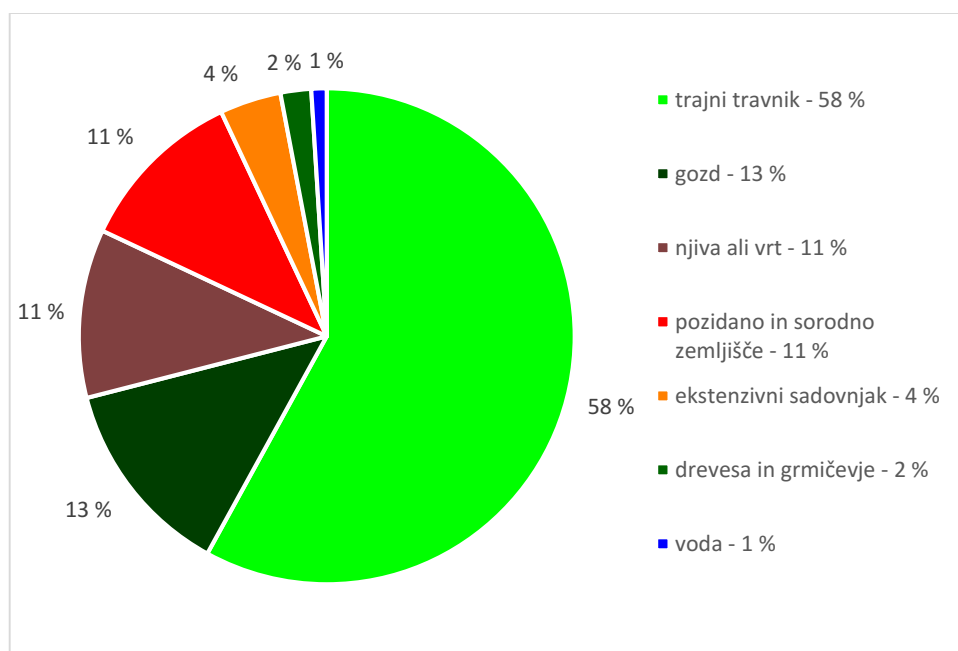
Vzorec Mislinja 1 je bil odvzet v zgornjem delu Mislinjske doline – pri kraju Šentilj pod Turjakom. Na tem območju so zgoščitve prebivalstva manjše, okolica je predvsem kmetijsko usmerjena. V času odvzema so v bližini ravno gnojili kmetijsko zemljišče.

Slika 22: Raba tal v radiju 50 m od lokacije M1



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 23: Raba tal v radiju 500 m od lokacije M1



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.



*Slika 24: Lokacija M1*

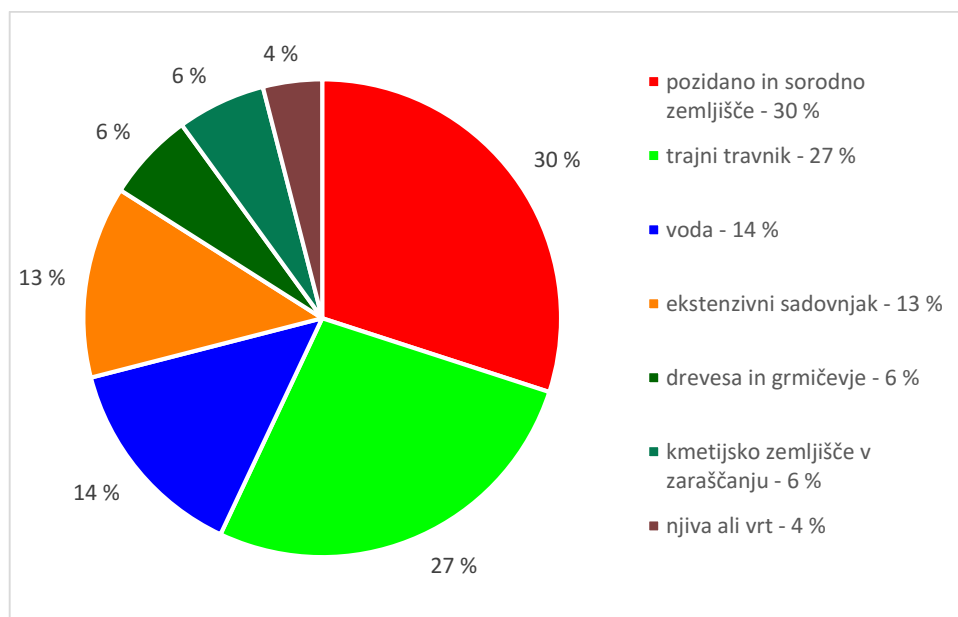


Avtorica: Jana Breznik, 2016.

### **Lokacija Mislinja 2 (M2):**

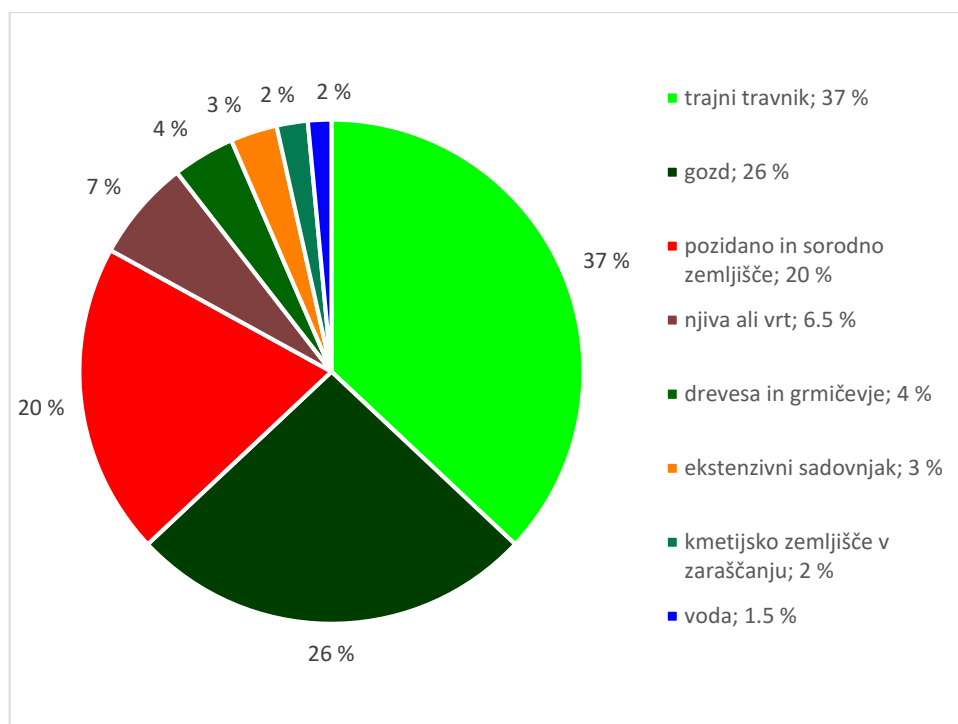
Vzorec Mislinja 2 je bil odvzet v srednjem toku reke Mislinja v območju industrijske cone Pameče. Območje je pozidano, v okolici pa se nahaja tudi nekaj kmetijskih zemljišč.

*Slika 25: Raba tal v radiju 50 m od lokacije M2*



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 26: Raba tal v radiju 500 m od lokacije M2



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 27: Lokacija M2



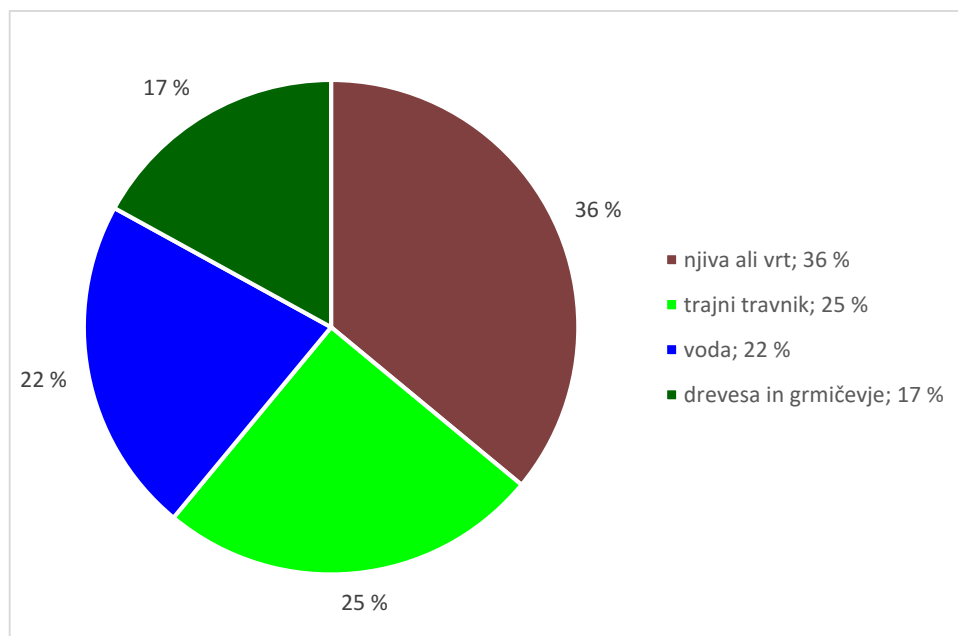
Avtorica: Jana Breznik, 2016.



### Lokacija Mislinja 3 (M3):

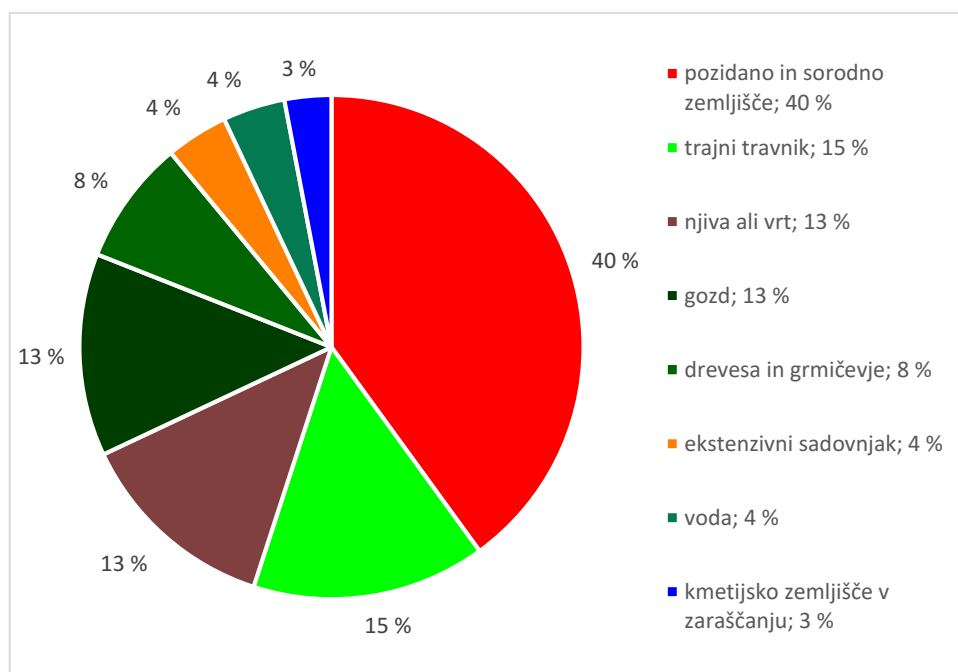
Vzorec Mislinja 3 je bil odvzet tik pred sotočjem z reko Mežo. V okolici so večji pozidani kompleksi industrijske cone Otiški Vrh ter večje zgostitve prebivalstva. Velik vpliv ima tudi kmetijstvo.

*Slika 28: Raba tal v radiju 50 m od lokacije M3*



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

*Slika 29: Raba tal v radiju 500 m od lokacije M3*



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

*Slika 30: Lokacija M3*



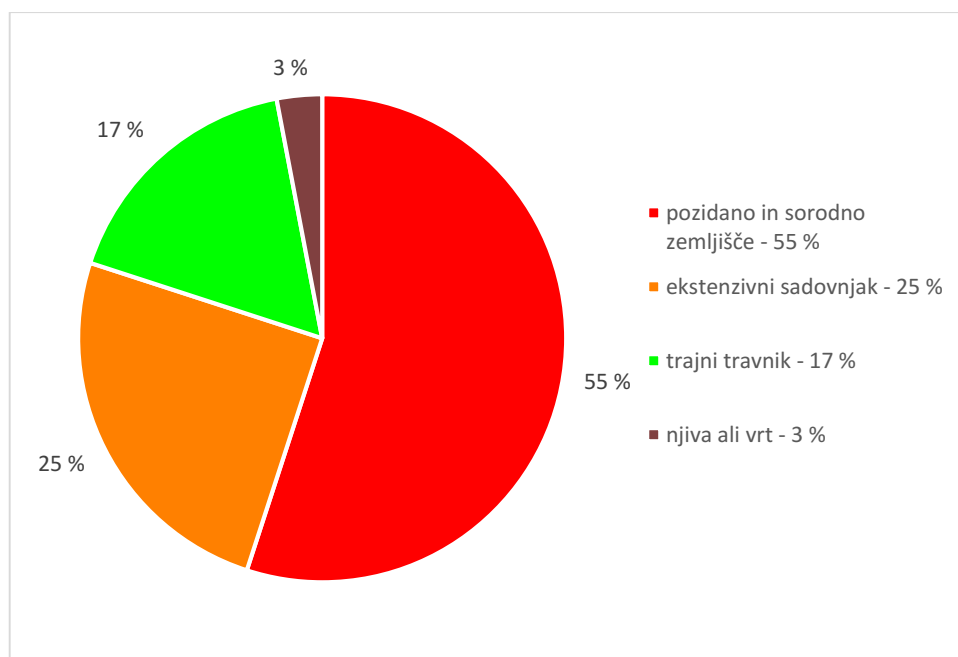
Avtorica: Jana Breznik, 2016.

### **Lokacija Podzemna 1 (P1):**

Vzorec Podzemna 1 je bil odvzet na lokaciji v kraju Straže. Vodnjak je star in neredno uporabljan. Lokacija je od vodotoka Mislinja oddaljena 184 m. Na lokaciji po podatkih pedološke karte Slovenije ni prsti oz. ji je pripisana kategorija netla, kar je posledica pozidanega površja v okolici. V okolici se nahaja srednje globoka distrična rjava prst. Glede na podatke geološke karte se lokacija nahaja na aluviju.

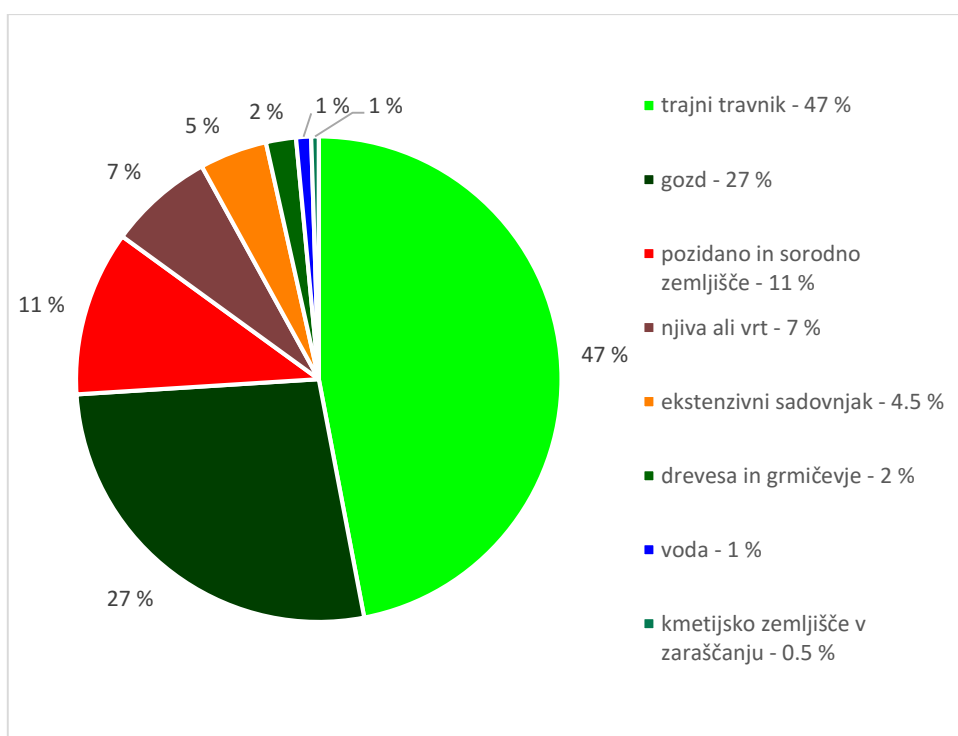
Območje odvzema vzorca P1 je agrarno usmerjeno. Večinska raba tal v radiju 500 m okrog točke odvzema je trajni travnik. Območje odvzema je zgolj 20 m oddaljeno od glavne ceste Slovenj Gradec–Velenje (G1-4). Površinski vplivi so lahko tudi s strani manjših podjetij v bližini. Med pomembnejšimi možni vplivi so lahko komunalne odplake gospodinjstev. V radiju 50 m okrog lokacije je namreč več kot polovica območja pozidanega.

Slika 31: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P1



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 32: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P1



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

*Slika 33: Lokacija P1*



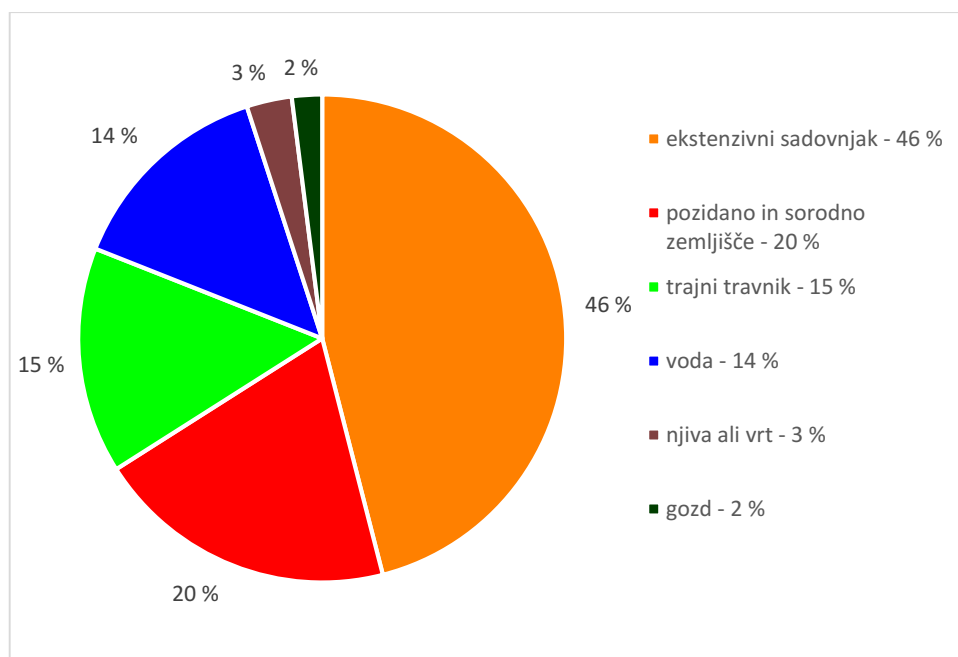
Avtorica: Jana Breznik, 2016.

### **Lokacija Podzemna 2 (P2):**

Vzorec Podzemna 2 je bil odvzet na lokaciji neposredno ob vodotoku Mislinja v kraju Mislinjska dobrava (oddaljenost od Mislinje je 31 m). Lokacija se uporablja za toplotno črpalko in je redno in skrbno vzdrževana. Gre za mlajši vodnjak starosti 8 let. Na lokaciji po podatkih pedološke karte Slovenije prevladuje srednje globoka distrična rjava prst. Glede na podatke geološke karte se lokacija nahaja na aluviju.

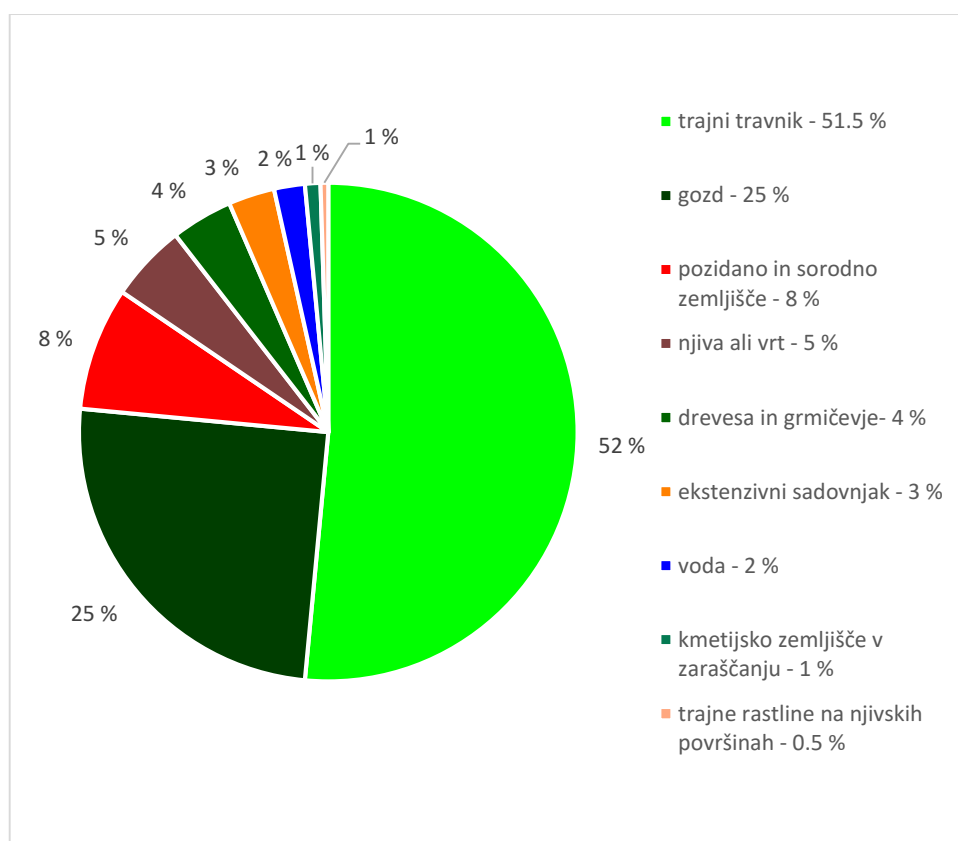
Območje P2 je v neposredni bližini vodotoka Mislinja. Na lastnosti podtalnice tako v veliki meri vpliva reka Mislinja, kar se najlažje občuti z močnim nihanjem temperature talne vode, ki jo zaznava lastnik (Obreza, 2016). Območje je agrarno usmerjeno. Raba več kot polovice površin v radiju 500 m okrog odvzema vzorca je trajni travnik. Na območje lahko vpliva tudi promet. V radiju 500 m se nahaja bencinska črpalka, ki pa trenutno ni v obratovanju.

Slika 34: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P2



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 35: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P2



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.



*Slika 36: Lokacija P2*



Avtorica: Jana Breznik, 2016.

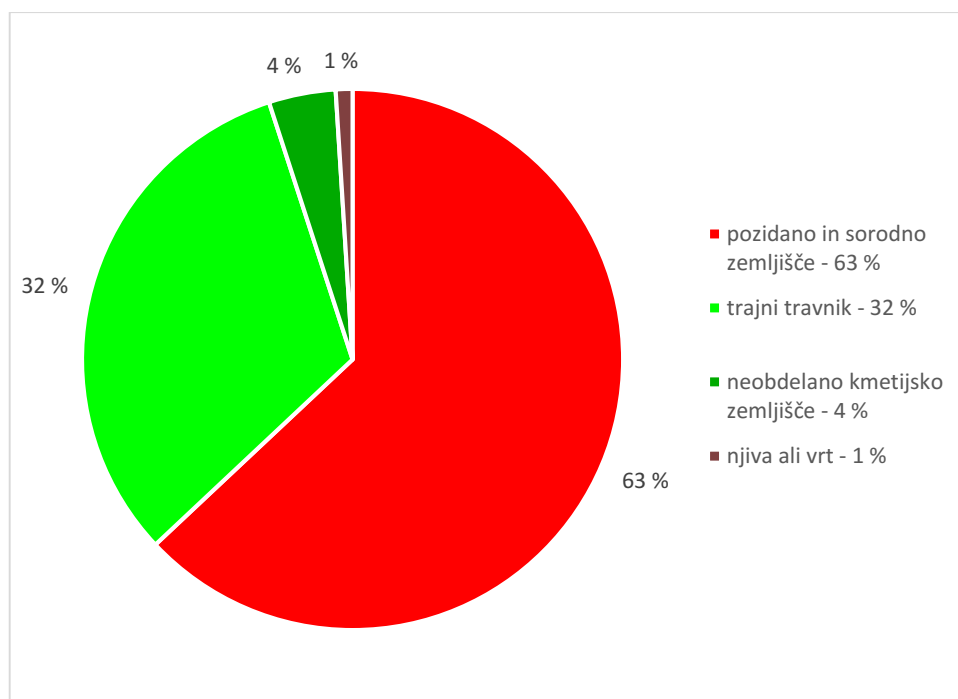
### **Lokacija Podzemna 3 (P3):**

Vzorec je bil odvzet v kraju Tomaška vas. Lastnik vzorca ima večjo kmetijo na robu vasi. Kljub mlajši starosti (2 leti) se vrtina uporablja razmeroma redko (od pomladi 2016 do mojega obiska ni bila v uporabi). Vrtina se uporablja predvsem v namene namakanja, napajanja živine in splošne uporabe. Lokacija je od Mislinje oddaljena 171 m. Na lokaciji po podatkih pedološke karte Slovenije ni prsti oz. ji je pripisana kategorija netla, kar je posledica pozidanega površja v okolici. V neposredni bližini se nahaja srednje globoka distrična rjava prst. Glede na podatke geološke karte se lokacija nahaja na peščeni glini in produ, ki prehaja v aluvij.

Območje odvzema vzorca P3 je v gručastem naselju. Poselitev zaseda 63 % vsega območja v radiju 50 m od odvzema vzorca. Poselitev lahko tako močno vpliva na kakovost talne vode. Lastniki imajo lastno kmetijo, vrtina je locirana na njihovem dvorišču, kjer se nahajajo tudi živali (prašiči, kokoši). Območje je močno agrarno usmerjeno. V okolici se ukvarjajo tudi z integriranim hmeljarstvom. Skoraj polovico območja v radiju 500 m zasedajo trajni travniki.

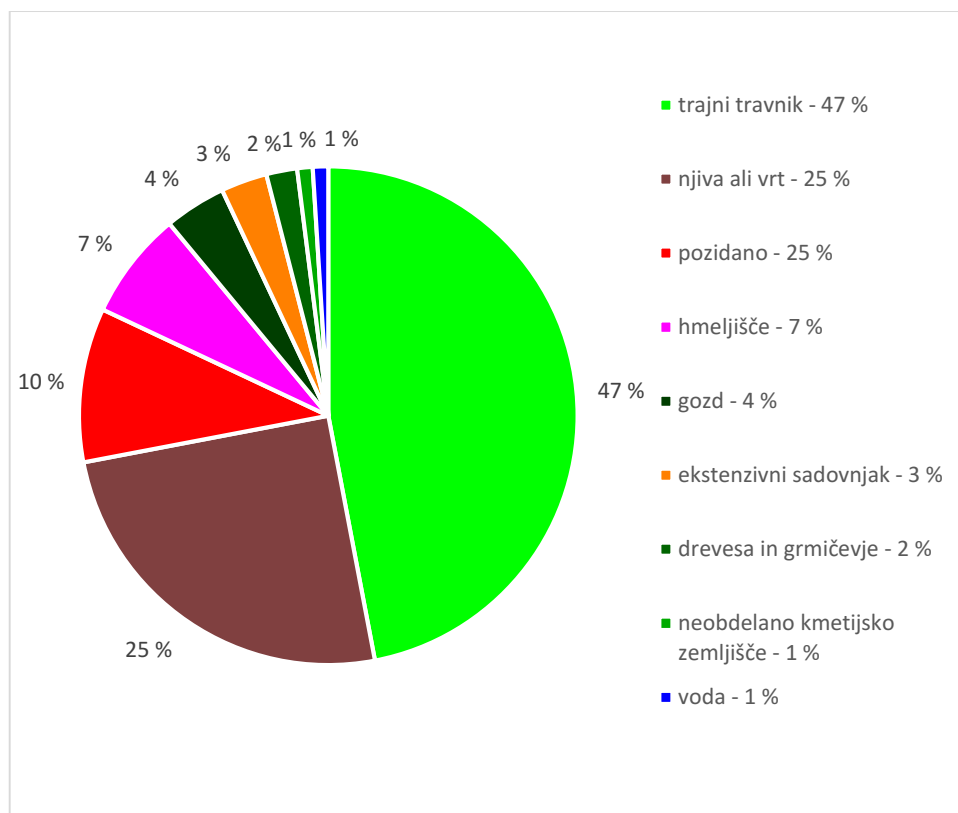


Slika 37: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P3



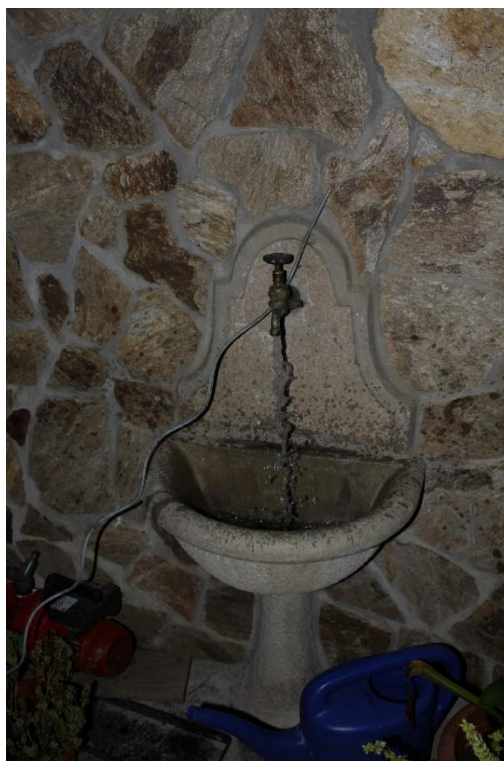
Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 38: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P3



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

*Slika 39: Lokacija P3*



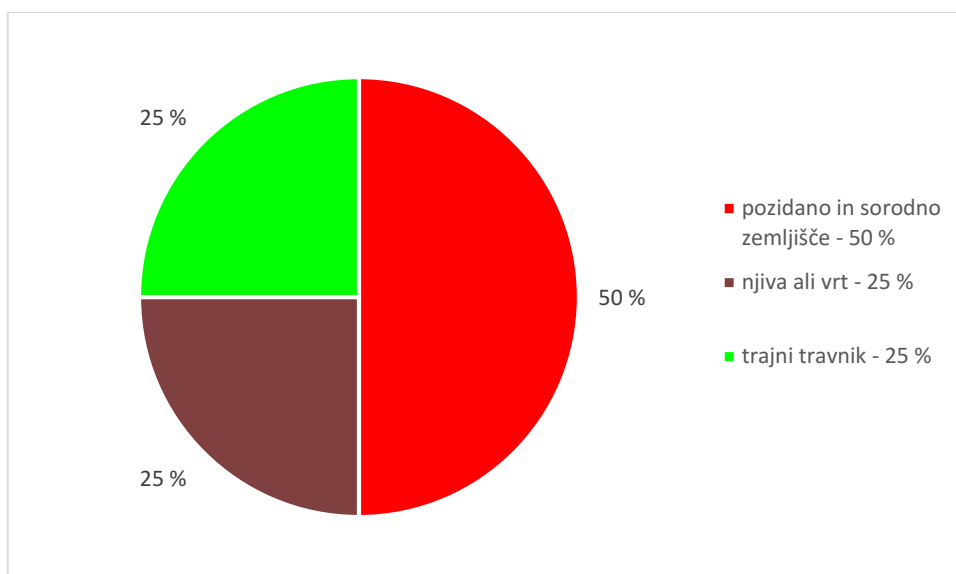
Avtorica: Jana Breznik, 2016.

#### **Lokacija Podzemna 4 (P4):**

Podzemna 4 je bila odvzeta na obronku naselja Slovenj Gradec. Voda se uporablja občasno (enkrat tedensko) predvsem v namene pranja lastnega voznega parka in zalivanja. Gre za 20 let star vodnjak, od vodotoka Mislinja oddaljen 175 m. Na lokaciji po podatkih pedološke karte Slovenije prevladuje srednje globoka distrična rjava prst. Glede na podatke geološke karte se lokacija nahaja na aluviju.

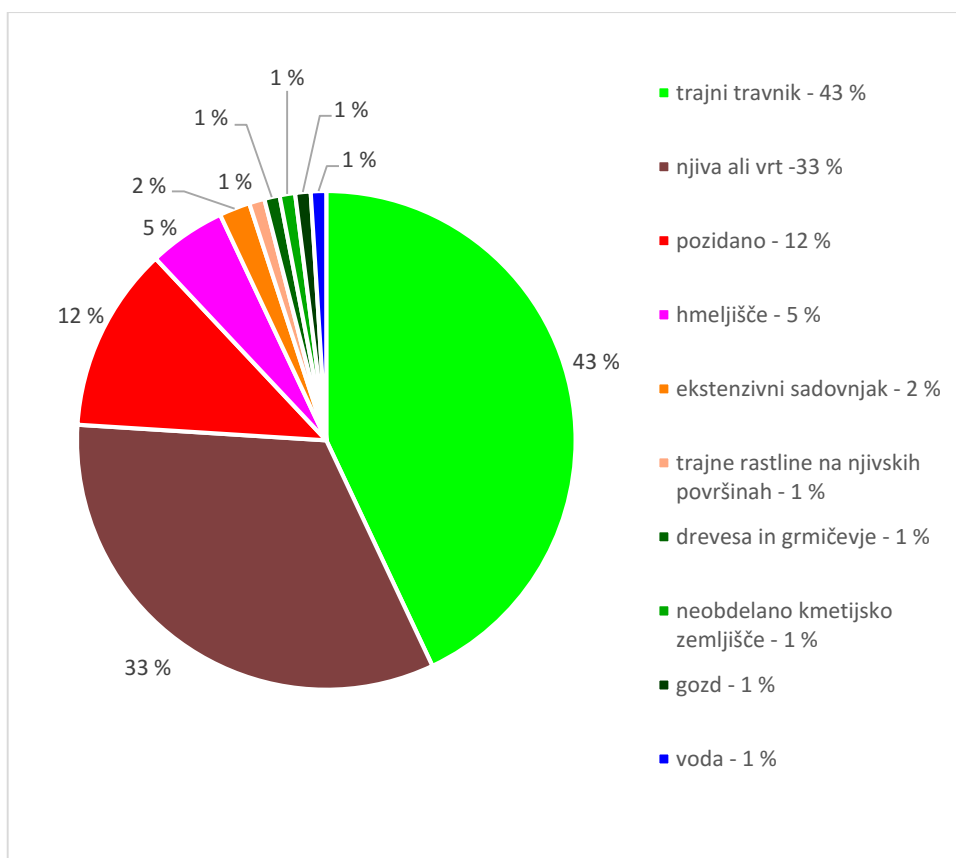
Območje vzorca P4 leži gorvodno od mesta Slovenj Gradec, vendar ima vzorec še možnost vplivov s strani poselitve. Pozidanega je 50 % zemljišča v okolici pasu 50 m od lokacije odvzema vzorca. Močni so tudi vplivi kmetijstva. V pasu 500 m od odvzema vzorca tako 43 % predstavljajo trajni travniki, 33 % njivske površine oz. vrtovi. V okolici se nahaja ena pomembnejših hmeljarskih družin v Mislinjski dolini, ki se ukvarja z integrirano pridelavo hmelja. Lastnik vrtine se ukvarja z avtoprevozništvom. V podtalnico lahko tako prehajajo nevarne snovi, ki so posledica pranja voznega parka.

Slika 40: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P4



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 41: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P4



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

*Slika 42: Lokacija P4*



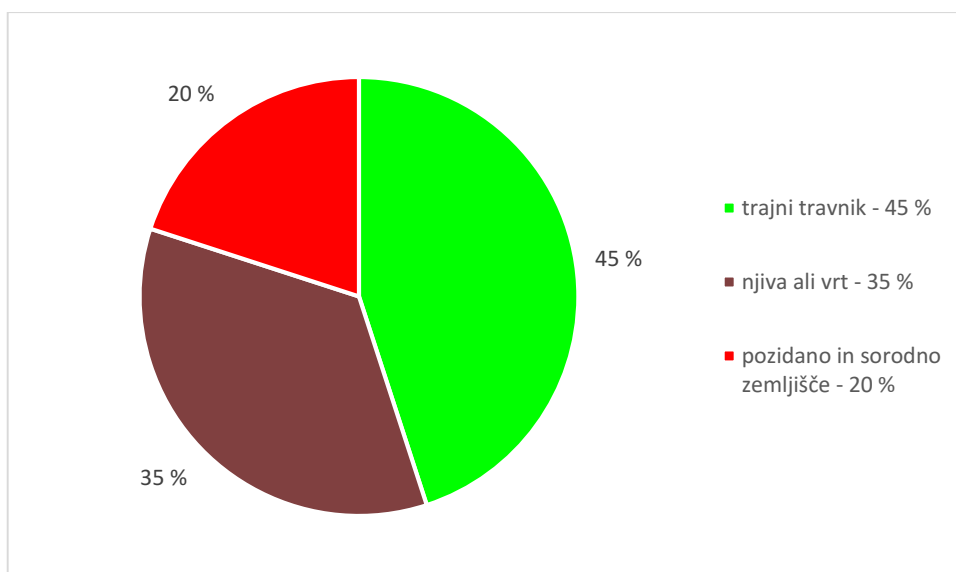
Avtorica: Jana Breznik, 2016.

### **Lokacija Podzemna 5 (P5):**

Vzorec Podzemna 5 je bil odvzet v neposredni bližini lokacije podzemna 4. To sta bila edina vzorca, ki sta bila odvzeta v okolici Slovenj Gradca. Lokacija je od vodotoka Mislinja oddaljena 318 m. Na lokaciji po podatkih pedološke karte Slovenije prevladuje srednje globoka distrična rjava prst. Glede na podatke geološke karte se lokacija nahaja na peščeni glini in produ. Prod kot osnovno plast ob kopanju navaja tudi lastnik. 50 let star vodnjak je globok 5 m. Lastnik navaja, da je običajno razdalja med površjem in nivojem talne vode 4 m.

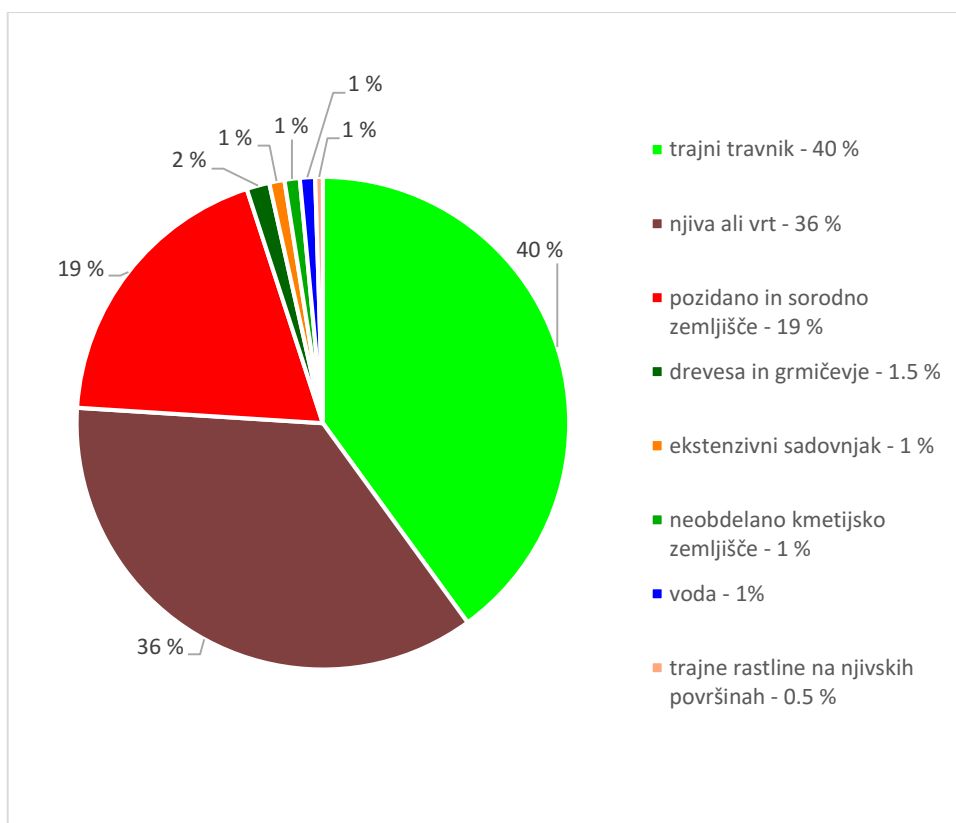
Na lokacijo P5 lahko vplivajo različni onesnaževalci. Lokacija P5 je locirana v neposredni bližini (65 m) prometnice Slovenj Gradec–Velenje (G1-4) ob vstopu v močno urbaniziran Slovenj Gradec, zato lahko na talno vodo v veliki meri vpliva poselitev. Zaledje lokacije je agrarnega značaja. V radiju 500 m okrog lokacije je 40 % trajnih travnikov in 36 % njiv ali vrtov.

Slika 43: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P5



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 44: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P5



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.



*Slika 45: Lokacija P5*



Avtorica: Jana Breznik, 2016.

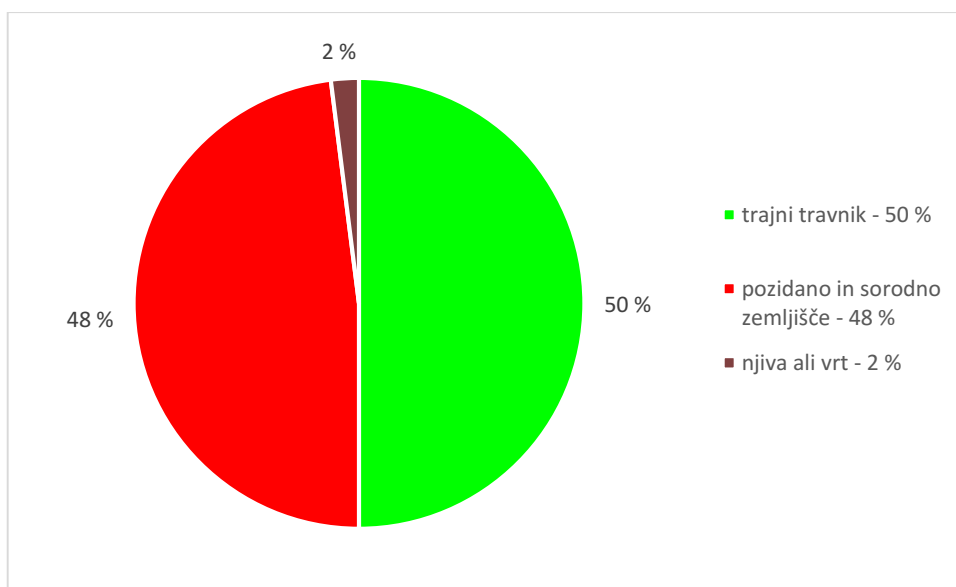
### **Lokacija Podzemna 6 (P6):**

Vzorec Podzemna 6 je bil odvzet v kraju Pameče. Lastnik vrtine je tudi lastnik avtoprevoznitva. Voda se uporablja redno tako za potrebe toplotne črpalke kot za potrebe čiščenja voznega parka. 5 let star vodnjak je od vodotoka Mislinja oddaljen 334 m. Globina vodnjaka je 6,8 m. Na lokaciji po podatkih pedološke karte Slovenije prevladuje srednje globoka evtrična rjava prst. Glede na podatke geološke karte se lokacija nahaja na würmskih rečnih terasah.

Območje odvzema vzorca se nahaja pod pobočjem, zato lahko tokovi s pobočij vplivajo na kakovost vode (običajno jo izboljšajo zaradi manjših vplivov iz višje ležečih lokacij). Območje odvzema vzorca je locirano v agrarnem okolišu. 44 % vse rabe tal v radiju 500 m od odvzema lokacije je trajni travnik, sledi pa ji z 20 % njiva ali vrt. Hkrati lahko na podzemno vodo vpliva lastnikova dejavnost, saj je lastnik velikega števila avtobusov, ki se redno perejo, zato možnost prenosa detergentov v talno vodo ni izključena.

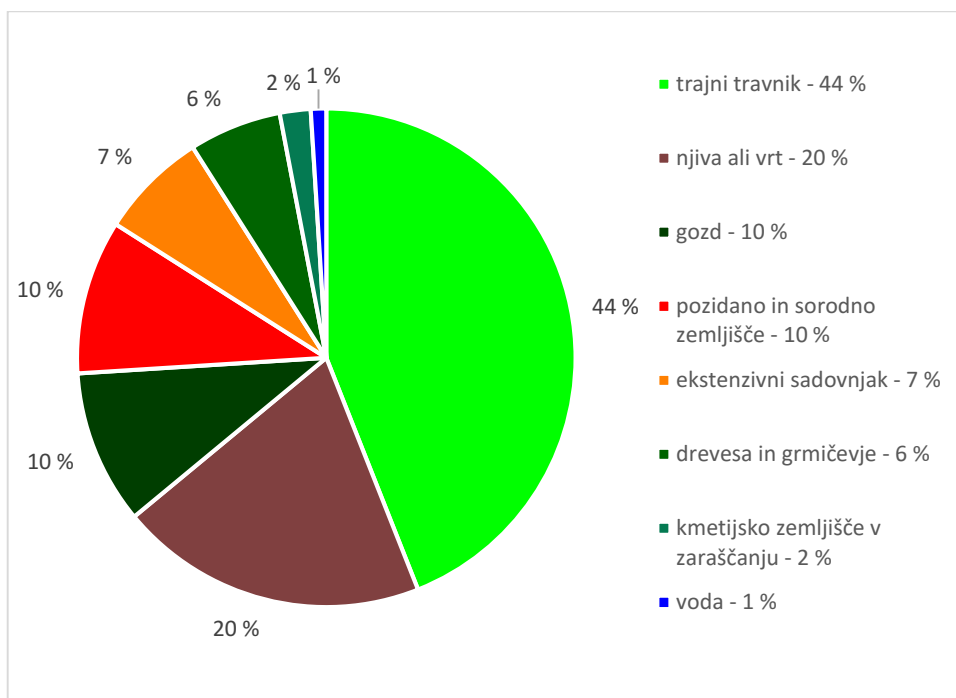


Slika 46: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P6



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 47: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P6



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

*Slika 48: Lokacija P6*



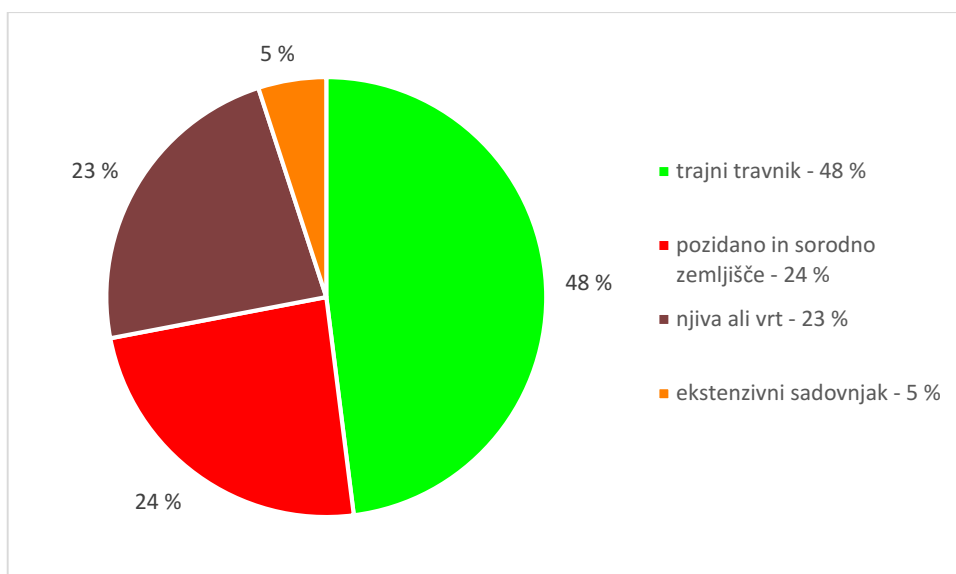
Avtorica: Jana Breznik, 2016.

### **Lokacija Podzemna 7 (P7):**

Vzorec Podzemna 7 je bil odvzet v kraju Otiški Vrh, podrobneje na začetku kraja v bližini naselja Bukovska vas. V bližini ni goste poselitve, kraj je predvsem agrarnega značaja. Na lokaciji po podatkih pedološke karte Slovenije prevladuje srednje globoka evtrična rjava prst. Glede na podatke geološke karte se lokacija nahaja na aluviju. 20 let star vodnjak je globok zgolj 3,5 m, razdalja med površjem in gladino talne vode je bila na dan odvzema vzorca 212 cm.

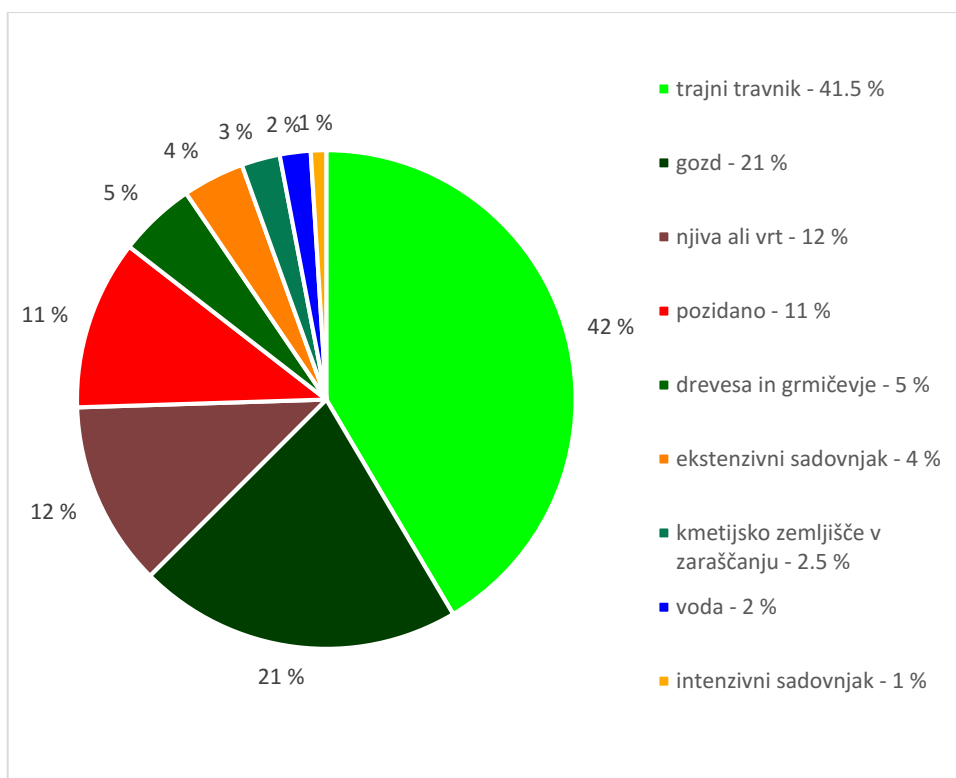
Možni antropogeni vplivi na podtalnico so predvsem s področja kmetijstva. Trajni travnik je najbolj zastopana kategorija rabe tal tako v pasu 50 m kot 500 m od lokacije odvzema vzorcev.

Slika 49: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P7



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 50: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P7



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.



*Slika 51: Lokacija P7*



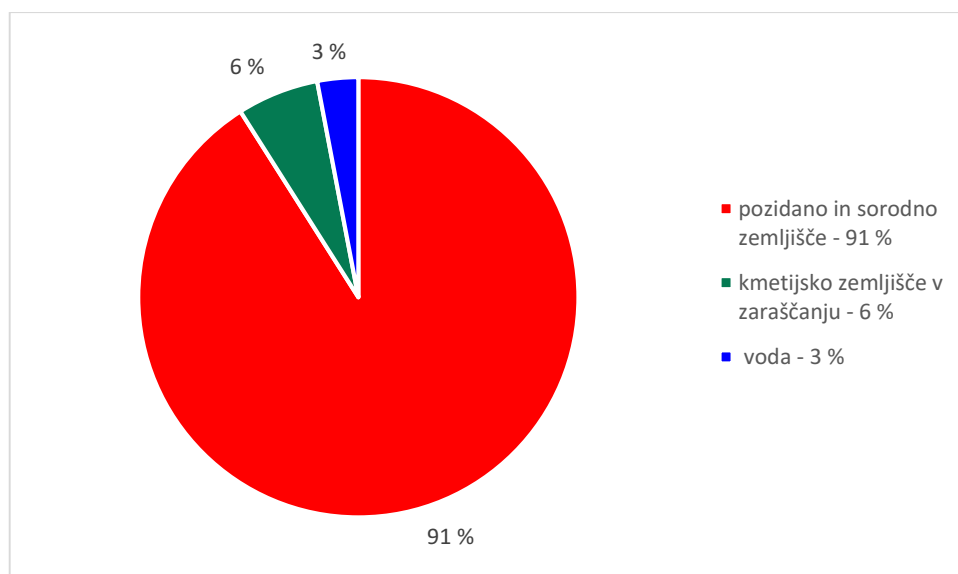
Avtorica: Jana Breznik, 2016.

### **Lokacija Podzemna 8 (P8):**

Vzorec Podzemna 8 je bil odvzet v kraju Otiški Vrh. Vrtina je globoka 6 m in od vodotoka Mislinja oddaljena zgolj 30 m. Lastniki vodo uporabljajo redno v razne namene (zalivanje, pranje ipd.). Vrtina je stara 20 let. Na lokaciji po podatkih pedološke karte Slovenije prevladuje srednje globoka evtrična rjava prst. Glede na podatke geološke karte se lokacija nahaja na aluviju.

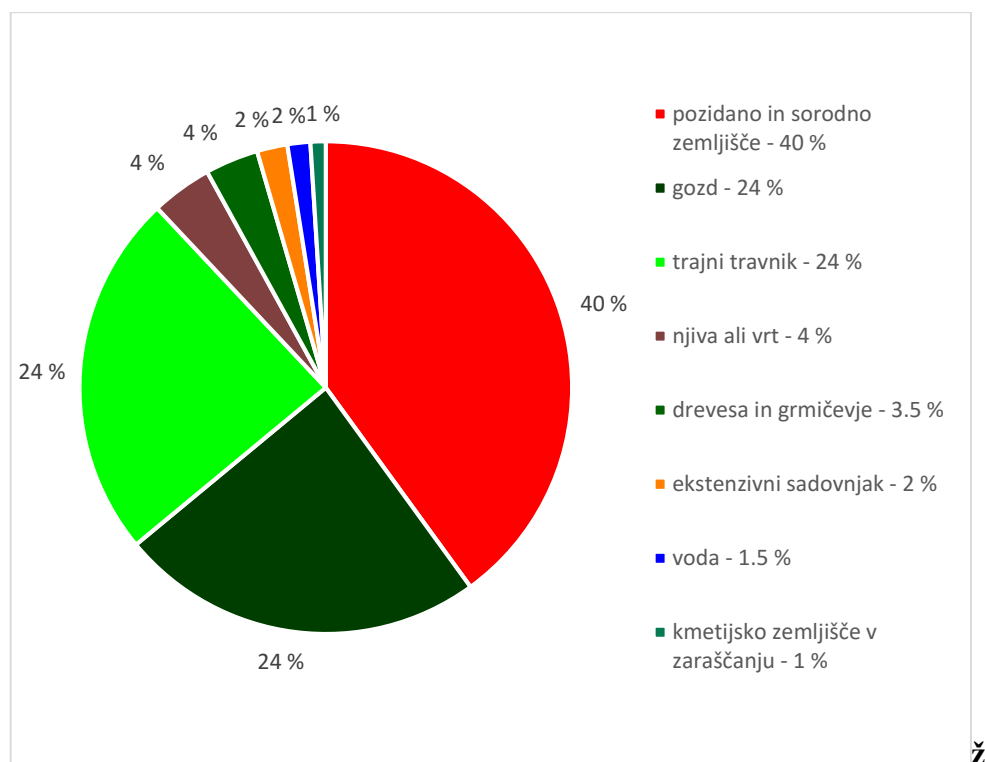
Območje odvzema vzorca se nahaja v neposredni bližini industrijske cone Otiški Vrh. Vendar med industrijsko cono in lokacijo teče vodotok Mislinja, ki zaradi bližine lahko vpliva na kemične lastnosti talne vode. Lokacija je locirana pod pobočjem, kar lahko vpliva na kakovost podtalnice. Območje je močno podrejeno pozidanemu površju, ki v radiju 50 m zavzema večino rabe tal, prav tako pa v radiju 500 m zavzema 40 % vse rabe tal. Takšna gostota poselitve lahko s komunalnimi odplakami in drugimi onesnaževali vpliva na lastnosti talne vode.

Slika 52: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P8



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 53: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P8



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

### Lokacija Podzemna 9 (P9):

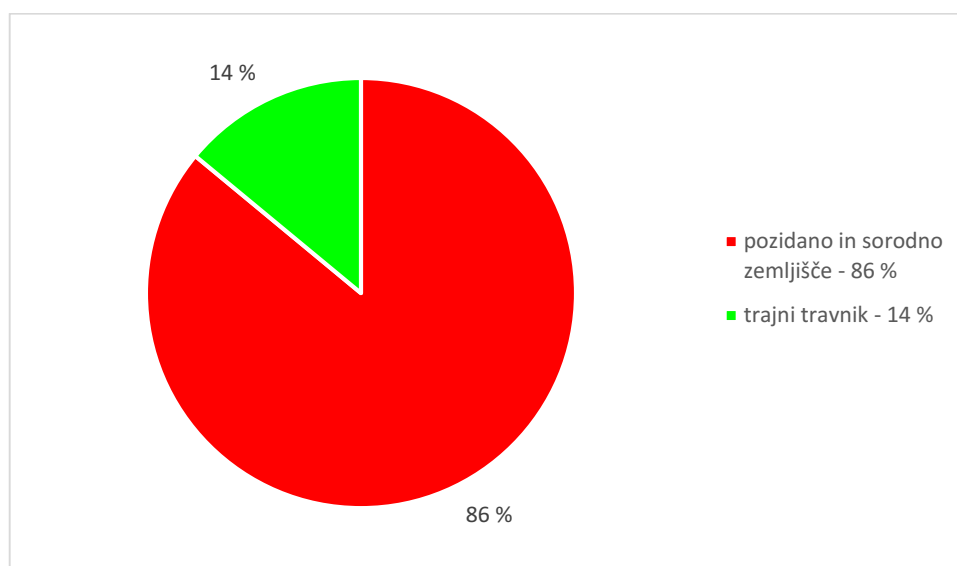
Vzorec Podzemna 9 je bil odvzet v kraju Otiški Vrh. Voda se uporablja redno za potrebe toplotne črpalke. 4,5 m globok vodnjak je od vodotoka Mislinja oddaljen 175 m. Na dan odvzema vzorca je bila razdalja med površjem in gladino talne vode 316 cm. Na lokaciji po



podatkih pedološke karte Slovenije prevladuje srednje globoka evtrična rjava prst. Glede na podatke geološke karte se lokacija nahaja na würmskih rečnih terasah.

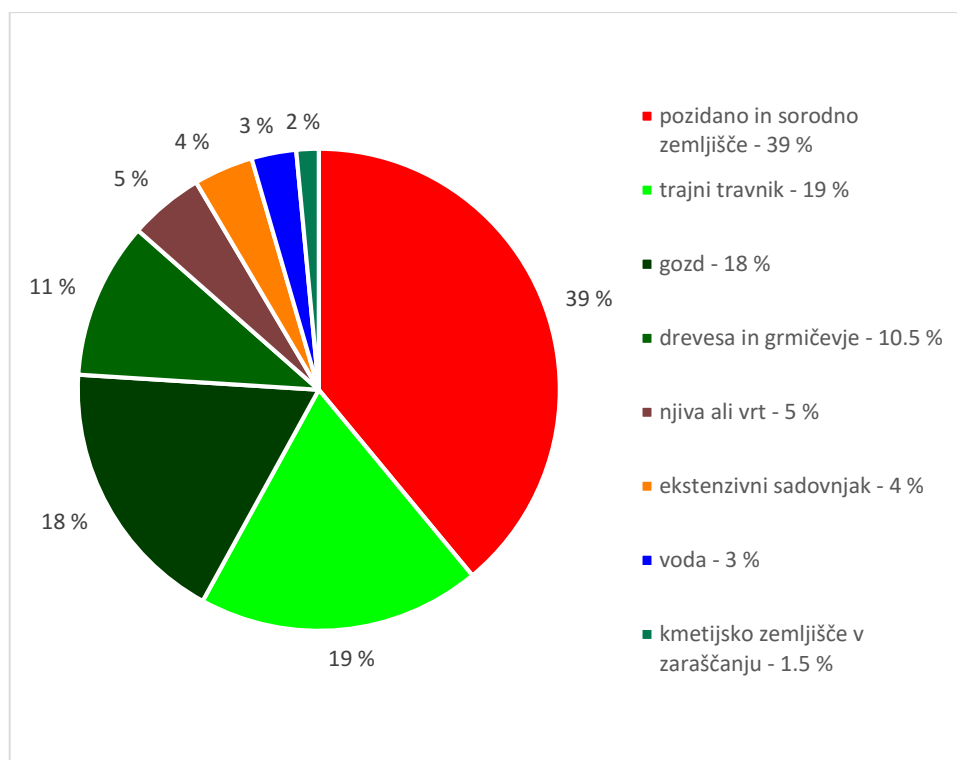
Na vzorec lahko vplivajo različni zunanji vplivi, saj leži v neposredni bližini mnogih dejavnikov. Med najbolj obremenjujoče spada industrijska cona, katere del se najverjetneje nahaja v vodozbirnem območju izbranega črpališča talne vode. Med pomembnejšimi vplivi je lahko tudi promet. Železniška proga Dravograd–Industrijska cona Otiški Vrh se nahaja v neposredni bližini (15 m stran od črpališča). Prav tako je v bližini cesta G1-4 Dravograd–Slovenj Gradec (55 m stran od črpališča). V neposredni okolici se nahajata tudi kemična čistilnica in avtopralnica. Območje je močno pozidano. V radiju 50 m od odvzema vzorca je večinsko zastopan razred rabe tal pozidano in sorodno zemljišče, prav tako je z 39 % ta razred zastopan v 500-metrskem pasu rabe tal.

*Slika 54: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P9*



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 55: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P9



Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Slika 56: Lokacija P9



Avtorica: Jana Breznik, 2016.

## 6. POTENCIALNI ONESNAŽEVALCI PODTALNICE V MISLINJSKI DOLINI

### 6.1. Poselitev

V občinah Mislinja, Slovenj Gradec in Dravograd skupaj živi 30.208 ljudi. Velika večina vseh prebivalcev občine Slovenj Gradec živi v porečju Mislinje, medtem ko prebivalci občin Mislinja in Dravograd živijo tudi v porečjih sosednjih vodotokov (porečje Meže, Drave in Pake). Od skupaj 30.208 ljudi jih okoli 22.000 živi v porečju reke Mislinje. V naseljih, ki segajo na območje vodonosnika ob Mislinji, živi 18.083 ljudi, gostota poselitve na območju teh naselij tako znaša 126 preb./km<sup>2</sup> (Podatkovni portal SI-STAT, 2017).

*Preglednica 5: Število prebivalcev in gostota poselitve po občinah v Mislinjski dolini (na dan 1. 7. 2016)*

| Občina         | Število prebivalcev | Gostota                     |
|----------------|---------------------|-----------------------------|
| Dravograd      | 8932                | 86,06 preb./km <sup>2</sup> |
| Mislinja       | 4590                | 40,98 preb./km <sup>2</sup> |
| Slovenj Gradec | 16686               | 96,06 preb./km <sup>2</sup> |

Vir podatkov: Podatkovni portal SI-STAT, 2017.

Gostote poselitev po občinah so pod slovenskim povprečjem, na kar vpliva hribovit značaj območja. Za podrobnejši pogled je treba poselitev analizirati na ravni naselij. Naselja v Mislinjski dolini zaradi primerne reliefa dosegajo velike gostote prebivalstva. Urbano območje Slovenj Gradca ima gostoto 1342 prebivalcev na km<sup>2</sup>, medtem ko preostala naselja v dolini dosegajo gostote poselitve od 100 do 370 prebivalcev na km<sup>2</sup> (Podatkovni portal SI-STAT, 2017).

Takšne zgostitve prebivalstva vplivajo na onesnaževanje, zaradi česar lahko pride do negativnih vplivov na kakovost talne vode.

### 6.2. Kmetijstvo

Porečje Mislinje je večinsko pokrito z gozdom, ki pokriva več kot 65 % površja, kar je v primerjavi s Slovenijo nadpovprečno. Trajni travniki zavzemajo okrog 21 % vseh površin, ostale kategorije so manj zastopane. Kljub vsemu se opazi, da je kmetijstvo močno prisotno. Na območju vodonosnika ob Mislinji prevladujejo trajni travniki z več kot 35 %, sledita jim kategoriji gozd s skoraj 21 % in pozidano z 19 % (Grafični podatki RABA ..., 2017).

*Preglednica 6: Raba tal v porečju Mislinje in na območju vodonosnika ob Mislinji v letu 2016*

| <b>Raba tal</b>                                | <b>Delež v porečju (%)</b> | <b>Delež na vodonosniku ob Mislinji (%)</b> |
|------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|
| Gozd                                           | 65,44                      | 20,87                                       |
| Trajni travnik                                 | 20,59                      | 35,33                                       |
| Pozidano in sorodno zemljišče                  | 4,96                       | 19,17                                       |
| Njiva ali vrt                                  | 3,42                       | 15,09                                       |
| Drevesa in grmičevje                           | 2,01                       | 2,89                                        |
| Ekstenzivni sadovnjak                          | 1,77                       | 2,67                                        |
| Kmetijsko zemljišče v zaraščanju               | 0,70                       | 0,80                                        |
| Hmeljišče                                      | 0,33                       | 1,67                                        |
| Kmetijsko zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem | 0,27                       | 0,03                                        |
| Neobdelano kmetijsko zemljišče                 | 0,24                       | 0,37                                        |
| Voda                                           | 0,18                       | 0,99                                        |
| Ostalo                                         | 0,09                       | 0,12                                        |

Vir podatkov: Grafični podatki RABA ..., 2017.

Na območju občin Mislinja, Slovenj Gradec in Dravograd je skupaj 1338 kmetijskih gospodarstev. Največ (632) v občini Slovenj Gradec, ki skoraj v celoti leži v porečju reke Mislinje. Skupaj je v vseh treh občinah v uporabi 10.050 ha kmetijskih zemljišč. Nadpovprečno je tudi število glav velike živine na hektar kmetijskih zemljišč (Globevnik in sod., 2014b).

*Preglednica 7: Kazalniki za kmetijstvo v občinah Dravograd, Mislinja in Slovenj Gradec*

|                                                                                           | Občina Dravograd | Občina Mislinja | Občina Slovenj Gradec |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| Število kmetijskih gospodarstev                                                           | 387              | 319             | 632                   |
| Kmetijska zemljišča v uporabi (ha)                                                        | 3007             | 2110            | 4935                  |
| Kmetijska zemljišča v uporabi (% površine občine)                                         | 28,6             | 18,8            | 28,4                  |
| Število glav velike živine (GVŽ)                                                          | 3308             | 2061            | 5755                  |
| Število glav velike živine/ha kmetijskih zemljišč v uporabi (Slovenija: 0,85 GVŽ/ha)      | 1,10             | 0,98            | 1,17                  |
| Delež površine njiv glede na kmetijsko zemljišče v uporabi (v %)                          | 21,6             | 5,6             | 21,8                  |
| Delež površine trajnih travnikov in pašnikov glede na kmetijsko zemljišče v uporabi (v %) | 75,1             | 91,0            | 75,3                  |
| Delež površine trajnih nasadov glede na kmetijsko zemljišče v uporabi (v %)               | 3,3              | 3,4             | 2,9                   |

Vir: Globevnik in sod., 2014b

Kmetijstvo pomembno vpliva na izpiranje, predvsem nitratov v talno vodo. Povprečno naj bi se v Sloveniji pri različnih kulturnih rastlinah izpralo vsaj od 60 do 80 kg dušika na hektar na leto (Cestnik, 1986; cv: Gale, Pintar, Mikoš, 1999). Posebej je pod kmetijstvom treba preučiti tudi hmeljarstvo. Območja s hmeljem zasedajo sicer majhen delež porečja (0,33 %), kljub vsemu pa so locirana zgolj v dolinskem dnu in iz tega razloga omembe vredna. Posebej poudarjen je hmelj iz razloga, ker je to tipična slovenska namakalna kulturna rastlina. Z namakanjem se izpiranje snovi v podtalnico veča. Raziskava, ki je potekala na hmeljišču v

Latkovi vasi (Savinjska dolina), opozarja na pomemben vpliv spiranja nitratov v podtalnico (Gale, Pintar, Mikoš, 1999). Avtorji ugotavljajo, da se je v opazovanem obdobju (junij–september) v podtalnico izpralo 71 kg dušika na hektar hmeljišča. Sklepam, da se ob isti intenziteti pridelave takšne količine dušika v podtalnico izpirajo tudi v Mislinjski dolini.

### 6.3. Promet

Promet ogroža podtalnico predvsem z dveh vidikov. Prvi je zimsko vzdrževanje cest, saj spiranje soli s cest povečuje onesnaženje s kloridi. Drugo je možnost razlitja nevarnih snovi ob prevozu in posledično tveganje točkovnega onesnaženja.

Doline so v slovenskem prostoru običajno izrabljene za večje prometne površine, saj zaradi svojega reliefa omogočajo lažjo izgradnjo infrastrukture. To pomeni, da so danes doline in kotline glavne prometne osi. Tako je tudi Mislinjska dolina ena glavnih prometnih osi Koroške. Čeprav je gostota cestnega javnega omrežja v občinah Dravograd in Mislinja pod povprečjem Slovenije, so gostote omrežja v občini Slovenj Gradec v slovenskem povprečju. Prav tako je gost tudi povprečni letni dnevni promet na glavni cesti I. reda G1-4, ki znaša 12.350 vozil na dan. Takšne zgostitve prometa vplivajo na iniciative za izgradnjo novih povezav, ki bi lahko v prihodnosti še močneje vplivale na onesnaženje talne vode (Prometne obremenitve, 2015).

*Preglednica 8: Gostota cestnega javnega omrežja*

|                                                           |                       | Leto 2011 |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|
| Gostota cestnega javnega omrežja (km na km <sup>2</sup> ) | SLOVENIJA             | 1,9       |
|                                                           | Občina Dravograd      | 1,8       |
|                                                           | Občina Mislinja       | 1,0       |
|                                                           | Občina Slovenj Gradec | 1,9       |

Vir podatkov: Podatkovni portal SI-STAT, 2011.

### 6.4. Industrija

Industrija lahko vpliva na talno vodo na več načinov. S črpanjem večjih količin vode lahko vpliva na količinsko stanje podtalnice, medtem ko odvajanje odpadnih vod lahko vpliva na kakovost talne vode. Čeprav so neposredni izpusti odplak v vodne vire v Evropski uniji prepovedani, se zaradi pomanjkanja nadzora še vedno lahko dogajajo. Odpadne vode iz industrije lahko v vodne vire prehajajo tudi preko slabše urejenega ali slabo vzdrževanega komunalnega sistema, po katerem se odpadne vode odvajajo. Po pravilih bi morale biti odpadne vode najprej očiščene preden prehajajo nazaj v okolje. Neposredni odtoki izcednih voda torej niso dovoljeni, kar pa ne pomeni, da ne obstajajo (Groundwater Information Sheet ..., 2008).

V Mislinjski dolini je industrijskih obratov razmeroma veliko. Pojavljajo se kot posamezni obrati ali v sklopu industrijskih in poslovnih con. Takšna območja so locirana v Slovenj Gradcu, Pamečah in Otiškem Vrhu. Poslovna cona Ozare v Slovenj Gradcu obsega 50.000 m<sup>2</sup> komunalno opremljenih površin, ki so namenjene storitvenim, poslovnim, trgovskim, gostinskim, proizvodnim (manjši obrati), logističnim, transportnim, skladiščnim, raziskovalnim (področje polimerov ter lesne industrije) in na rekreacijo ter kulturo vezanim dejavnostim (Poslovna cona Ozare ..., 2013). Industrijska cona Pameče je zapolnjena s storitveno-



proizvodnimi dejavnostmi. Prevladujoče panoge v industrijski coni Otiški lahko Vrh so gradbeništvo, prevozništvo in transportne storitve, kovinsko in lesnopredelovalne dejavnosti ter trgovina in gostinstvo (Industrijska cona Otiški Vrh, 2017).

## **6.5. Odlagališča odpadkov**

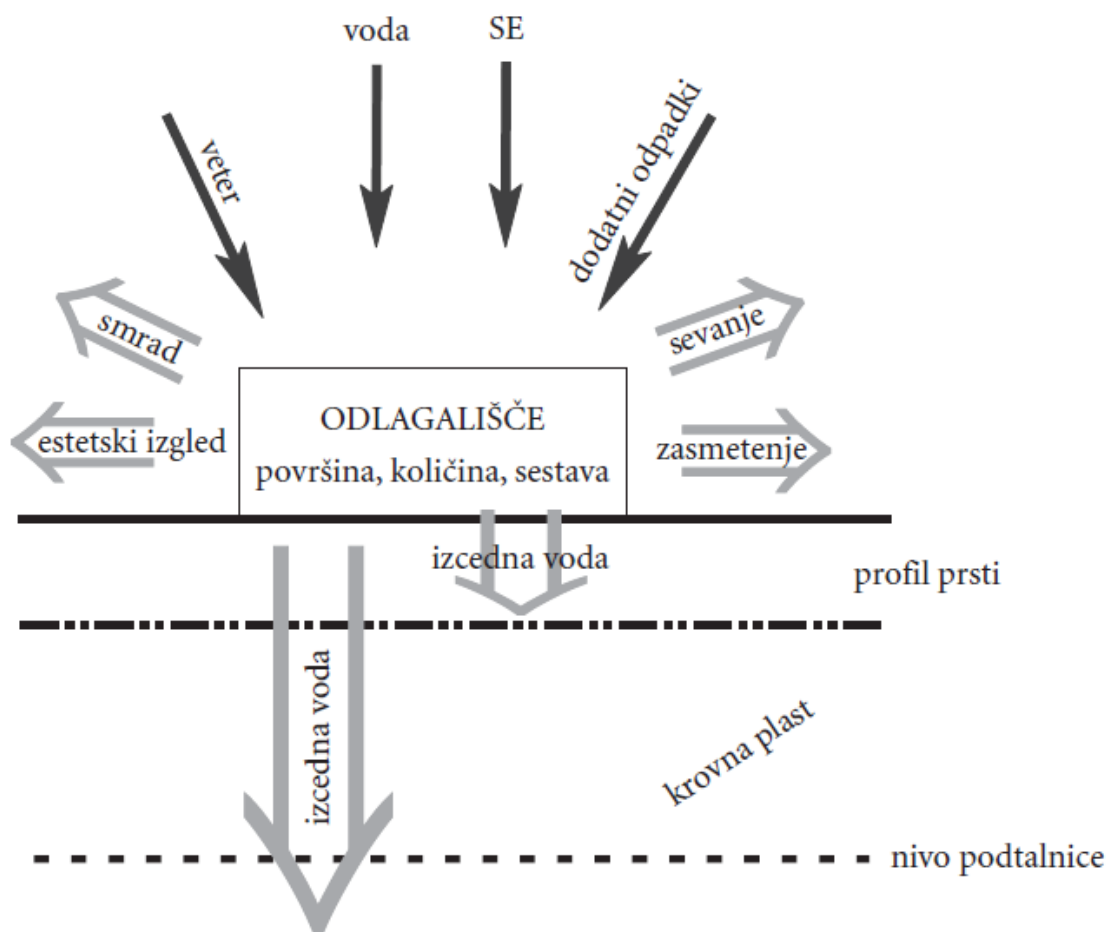
Padavinska voda je najpogostejši vzrok onesnaženja pri odlagališču odpadkov. Padavinska voda se infiltrira skozi telo odlagališča, izlužuje raznovrstne snovi in lahko odteka dalje proti podzemni ali površinski vodi. Voda lahko nastane tudi kot posledica razgrajevanja odpadkov. To je tako imenovana presežna voda. Vode, ki iztekajo iz odlagališča, so izcedne vode. Pri sedanji tehnologiji jih je moč s tehničnimi ukrepi preprečiti, včasih pa so se iztekale naravnost v okolje (Brenčič, 2004).

Na preučevanem območju se nahaja eno odlagališče odpadkov v Mislinjski dobri. To je sodobno urejeno, vendar je treba v ozir vzeti tudi odlagališča, ki so bila prisotna pred tehnološkimi dovršitvami in katerih posledice lahko še vedno vplivajo na kakovost talne vode. Že opuščeni in sanirani (prekriti) odlagališči odpadkov se nahajata pod pokopališčem v Slovenj Gradcu in v kraju Žančani (Jamnik, 2017).

## **6.6. Divja odlagališča**

Stranski proizvod vse večjega potrošništva so odpadki, ki so pogosto neprimerno odstranjeni, zaradi česar prihaja do divjih in neurejenih odlagališč. Posledice kopičenja so različne. Podtalnica spada med najbolj dovzetne in ranljive naravne sisteme za onesnaženje iz divjih odlagališč. Izcedne vode so najpomembnejši iznos iz sistema neurejenih odlagališč, hkrati pa tudi najpomembnejši element, ki vpliva na podtalnico. Kakovost izcedne vode je odvisna od lastnosti odlagališča. Ko izcedna voda doseže podtalnico, jo onesnaži (Kušar, 2001).

Slika 57: Vpliv divjega odlagališča na okolje

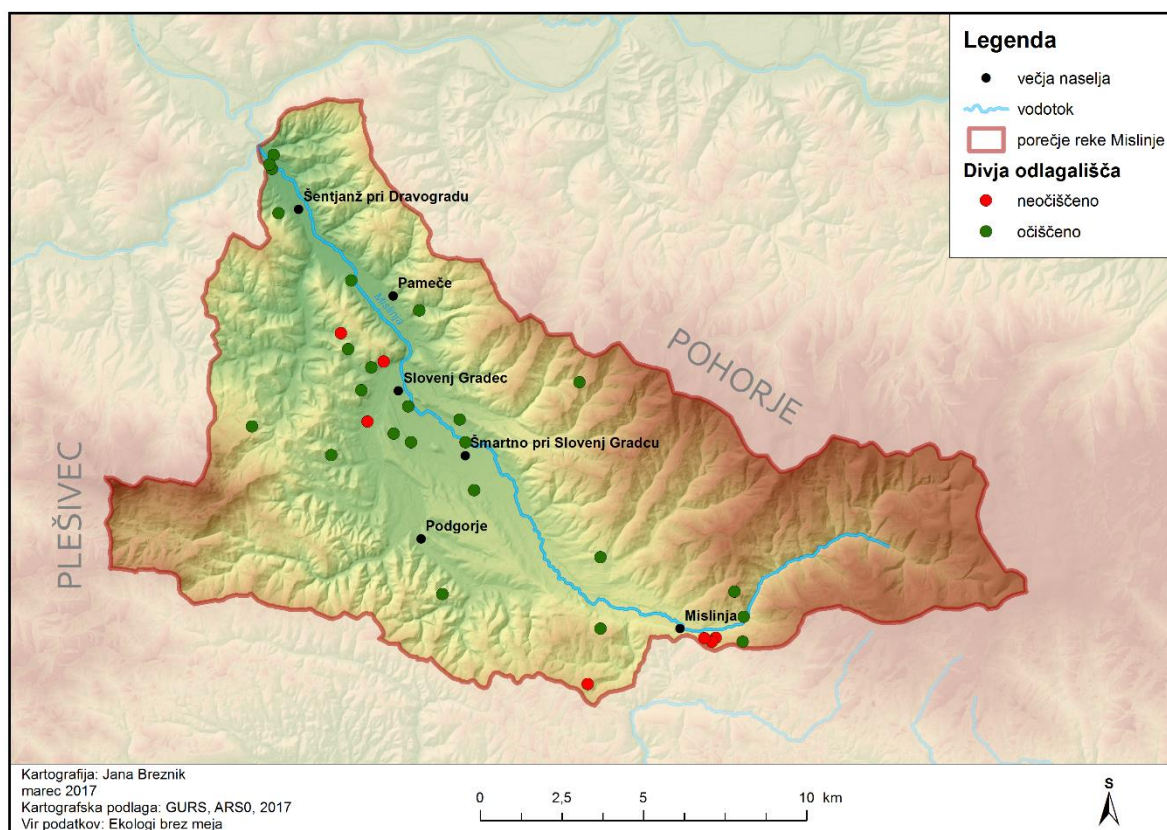


Vir: Kušar, 2000, str. 62.

Vpliv tipa materiala odlagališč na podtalnico je izjemno pomemben. Okoljski vpliv gradbenega materiala brez snovi, ki bi lahko kemično onesnažile vode, je majhen. Pomembnejši vpliv imajo organski odpadki, saj pod vplivom aerobnih in anaerobnih razmer razpadejo predvsem na sulfate, karbonate, nitratre in fosfate. Večina snovi se zadrži v prsti, kjer jih razgradijo mikroorganizmi in bakterije. Organski odpadki imajo tako manjšo verjetnost vpliva na podtalnico. Običajni gospodinjski odpadki lahko vsebujejo tudi nevarne kemične snovi (motorna olja, pralna sredstva, razpršilce), zato je možnost vpliva na talno vodo večja. Najbolj obremenjujoča so divja odlagališča z nevarnimi odpadki, ki lahko onesnažijo podtalnico s kemičnimi snovmi, saj se te ob prehodu skozi vrhnji del prsti in vodonosnika ne čistijo (Kušar, 2001).

V Sloveniji Ekologi brez meja beležijo divja odlagališča. Glede na podatke iz njihovega registra (Register divjih odlagališč, 2017) je v porečju reke Mislinje zabeleženih 31 divjih odlagališč, od katerih jih je bilo 24 po prijavi očiščenih. Danes je tako od prijavljenih odlagališč neočiščenih še 7, pri čemer gre predvsem za odlagališča z nevarnimi, organskimi in gradbenimi odpadki. Ni znano, koliko neprijavljenih divjih odlagališč še obstaja.

Slika 58: Divja odlagališča v porečju Mislinje



## 6.7. Komunalne odplake in greznice

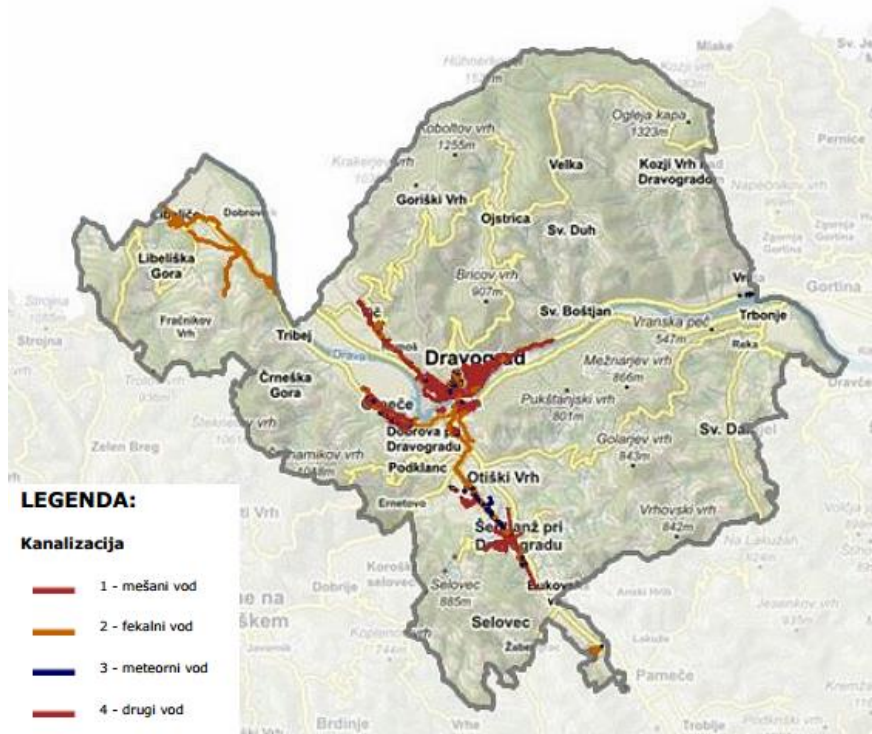
Človeški in živalski iztrebki (iztrebki, gnoj, urin) vsebujejo veliko onesnaževal (anorganskih, organskih, mikrobioloških), ki lahko negativno vplivajo na kakovost talne vode. Kontaminacija je lahko posledica preliva komunalnih vod, greznic, puščanja kanalizacijskih vodov, površinskega nanosa iztrebkov na polja in delno obdelanih odpadnih vod (Jain, Sharma, 2011). V Mislinjski dolini obstaja možnost onesnaženja zaradi komunalnih odplak.

V porečju Mislinje imajo vse občine komunalne sisteme. Tako se v porečju nahajata dve čistilni napravi (Dovže in Pameče), odplake z območja občine Dravograd pa so povezane v čistilno napravo v Dravogradu.

V Mestni občini Slovenj Gradec upravljajo s 130 km kanalizacijskega omrežja, v občini Mislinja s 35 km, v občini Dravograd pa z 51 km (Odvajanje odpadnih ... 2017; Slavič, 2017).

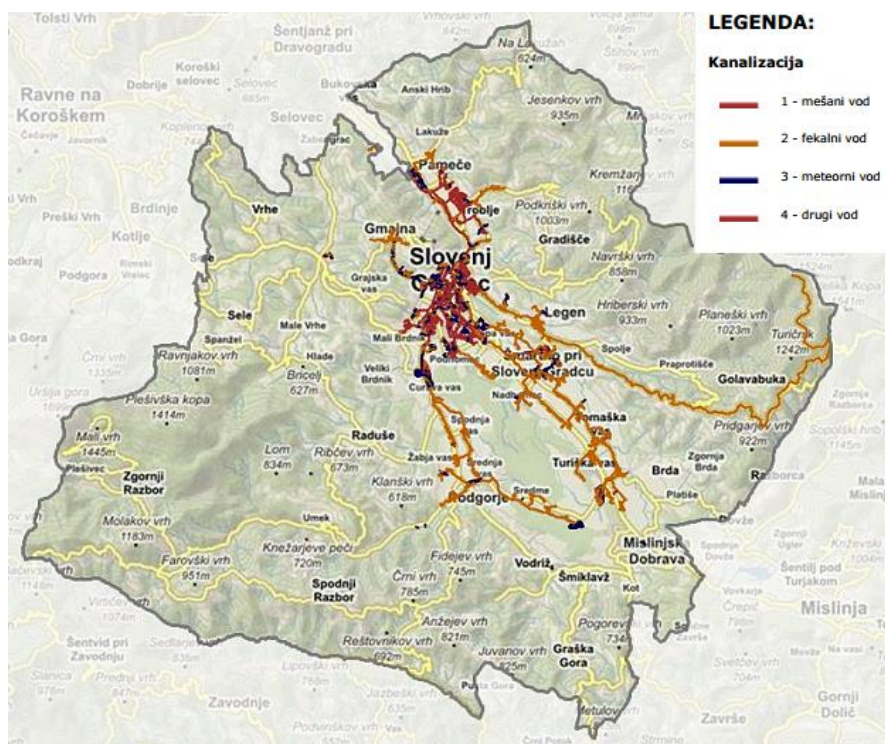
Težave lahko predstavljajo tako izgube v kanalizacijskem sistemu (tj. njegovo puščanje) kot tudi puščanje zbirnega bazena čistilne naprave. Med najbolj perečimi težavami so območja brez priklopa na komunalno omrežje. V dolini še obstajajo območja, ki so v celoti vezana na lastne greznice, ki jih pogosto praznijo kmetje in vsebino nanašajo na svoja polja kot gnojilo. S komunalnim sistemom nista povezani naselji Bukovska vas in Mislinjska Dobrava, prav tako v naseljih, kjer že obstaja kanalizacijsko omrežje, nanj niso priključena vsa gospodinjstva (Mestna občina Slovenj Gradec ..., 2017; Občina Dravograd ..., 2017; Občina Mislinja ..., 2017).

Slika 59: Kanalizacijsko omrežje občine Dravograd



Vir: Občina Dravograd. Prostorski informacijski sistem - PISO, 2017.

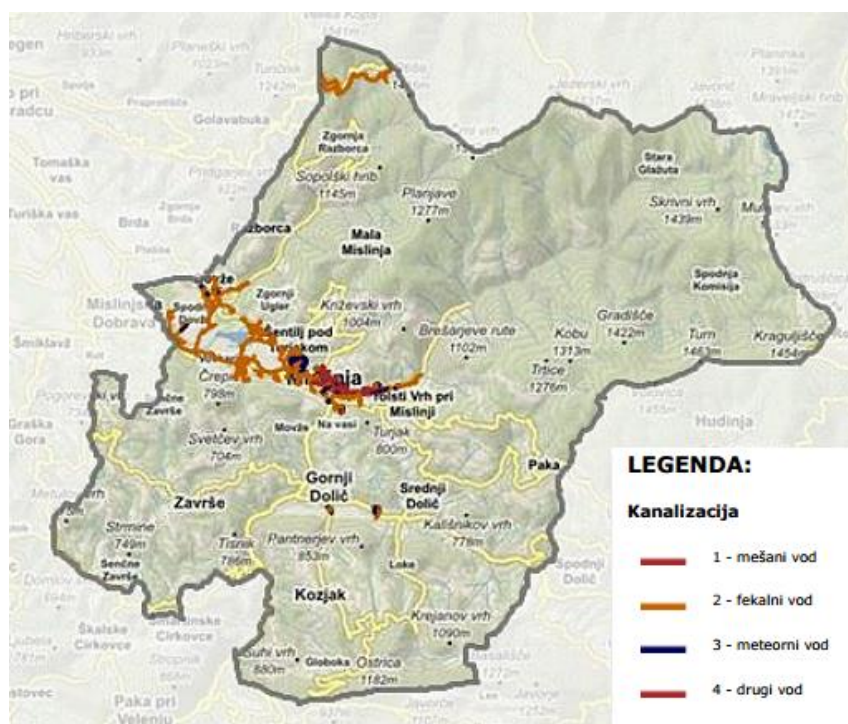
Slika 60: Kanalizacijsko omrežje Mestne občine Slovenj Gradec



Vir: Mestna občina Slovenj Gradec. Prostorski informacijski sistem - PISO, 2017.



Slika 61: Kanalizacijsko omrežje občine Mislinja



Vir: Občina Mislinja. Prostorski informacijski sistem - PISO, 2017.

## 6.8. Energetika

Mislinjska dolina na območju občin Slovenj Gradec in Dravograd razpolaga z distribucijskim omrežjem zemeljskega plina (Mestna občina Slovenj Gradec ..., 2017; Občina Dravograd ..., 2017). Ob neustreznem vzdrževanju je lahko takšen sistem vir točkovnega onesnaženja.

## 6.9. Bencinski servisi

Ob neustreznem vzdrževanju ali ravnanju je lahko bencinski servis točkovni onesnaževalec z ogljikovodiki (Jamnik in sod., 2014). Bencinski servisi imajo podzemne cisterne, ki lahko puščajo in s tem ogrožajo podtalnico (Fetter, 1999).

V Mislinjski dolini se nahaja sedem bencinskih servisov, vendar med temi eden ni delujoč. Največ (3) jih je v okolici Slovenj Gradca. V primeru neustreznega vzdrževanja bi lahko bili možni onesnaževalci podtalnice.



## 7. REZULTATI ANALIZE

### 7.1. Gladina talne vode

Gladina talne vode se preko leta spreminja, kar je povezano s padavinskim režimom in spremembo vodostaja reke. Tako se po dolgotrajnem deževju in kopnenju snega voda po določenem časovnem zamiku dvigne bližje površju (ali celo do njega), v sušnih obdobjih pa se gladina niža (Plut, 2000).

Padavine so se v času odvzema vzorcev gibale okrog povprečja za oktober (povprečje: 101 mm; oktober 2016: 109,6 mm), vendar so bili pretoki in vodostaji reke Mislinje podpovprečni. Lahko predvidevam, da je v tem primeru prihajalo do hranjenja reke s strani talne vode, katere gladina je blizu površja (cca. 2–4 m). To sem ugotovila z merjenjem razdalje med površjem in gladino talne vode v vodnjakih, ki so to omogočali. Visoka gladina talne vode pomembno vpliva na infiltracijo onesnaževal, saj z nivojem talne vode v neposredni bližini površja s slabimi krovnimi plastmi ta brez težav prehajajo v vodonosnik.

*Preglednica 9: Razdalja od površja do gladine talne vode*

| Vzorec | Razdalja od površja do gladine talne vode (cm) |
|--------|------------------------------------------------|
| P2     | 183                                            |
| P7     | 212                                            |
| P9     | 316                                            |

Iz meritev (Preglednica 9) se vidi trend zniževanja gladine talne vode po toku navzdol, vendar tega ni moč kar privzeti, saj na razdaljo od površja do gladine talne vode vplivajo različni dejavniki (npr. različna oddaljenost od reke, lokalni vplivi).

Na visok nivo talne vode kažejo tudi globine vodnjakov (Preglednica 10). Pri tem najgloblja vrtina dosega 6,8 m, najplitvejši vodnjak pa 2,5 m.

*Preglednica 10: Globina vodnjaka/vrtine*

| Vzorec | Globina vodnjaka/vrtine (m) |
|--------|-----------------------------|
| P1     | 2,5                         |
| P2     | 3,5                         |
| P5     | 5,0                         |
| P6     | 6,8                         |
| P7     | 3,5                         |
| P8     | 6,0                         |
| P9     | 4,5                         |

## 7.2. Rezultati analize za izbrane parametre

### 7.2.1. Okus, barva, motnost in vonj

Vonj vode je pomemben pokazatelj njene onesnaženosti. Nobeden izmed vzorcev ni imel vonja.

Barva vode lahko opozarja na neprimerne primesi. Vzorca P2 in P7 sta imela rahlo rumeno barvo. Ista vzorca sta bila tudi motna in imela okus. Vzorec P2 je imel okus po kovini, vzorec P7 pa po zemlji.

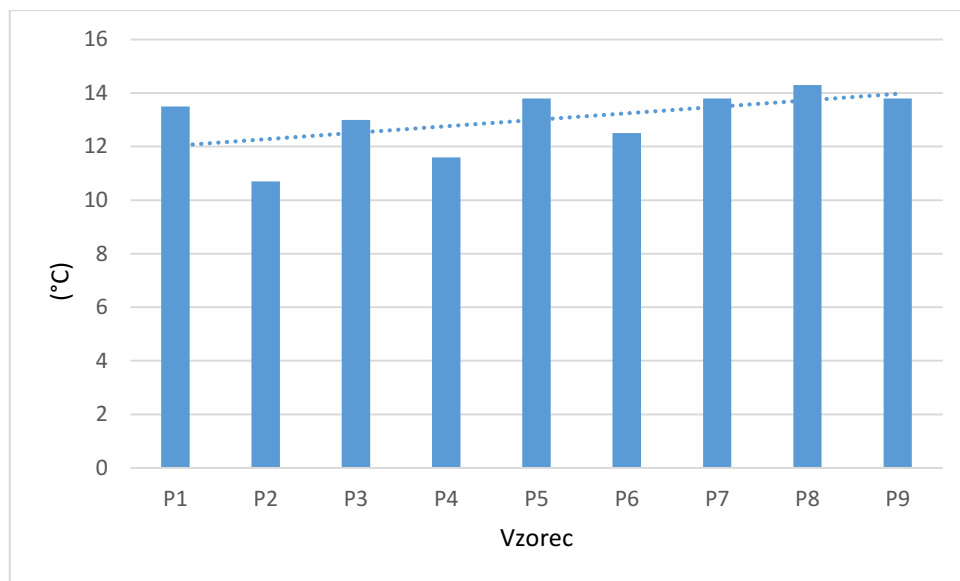
*Preglednica 11: Izbrani parametri – vonj, barva, motnost, okus*

| Oznaka | vonj | barva        | motnost | okus      |
|--------|------|--------------|---------|-----------|
| M1     | brez | brez         | brez    | brez      |
| M2     | brez | brez         | brez    | brez      |
| M3     | brez | brez         | brez    | brez      |
| P1     | brez | brez         | brez    | brez      |
| P2     | brez | rahlo rumena | motna   | po kovini |
| P3     | brez | brez         | brez    | brez      |
| P4     | brez | brez         | brez    | brez      |
| P5     | brez | brez         | brez    | brez      |
| P6     | brez | brez         | brez    | brez      |
| P7     | brez | rahlo rumena | motna   | po zemlji |
| P8     | brez | brez         | brez    | brez      |
| P9     | brez | brez         | brez    | brez      |

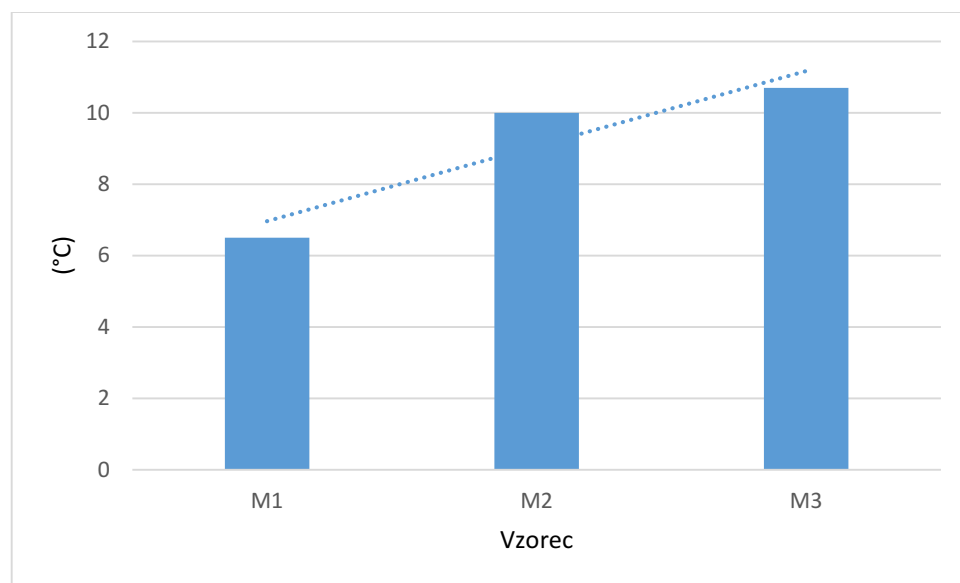
### 7.2.2. Temperatura, pH, vsebnost kisika in biokemijska potreba po kisiku

Pri temperaturi se lahko opazi razlika med temperaturo površinskih voda in temperaturo podzemnih voda, ki je ponekod višja tudi za 7 °C. Najnižjo temperaturo je imela Mislinja v zgornjem delu Mislinjske doline (6,5 °C). Po toku navzdol je temperatura naraščala do 10,7 °C v spodnjem delu toka. Najnižjo temperaturo podzemne vode je imel vzorec P2, ki se nahaja v neposredni bližini Mislinje (oddaljenost 31 m). Lastnik navaja izrazito nihanje temperature podtalnice, iz česar sklepa na pomembno povezavo med reko Mislinjo in njegovim črpališčem (Obreza, 2016). Obstaja počasen trend naraščanja temperature po toku navzdol, tako pri površinskih kot pri podzemnih vodah.

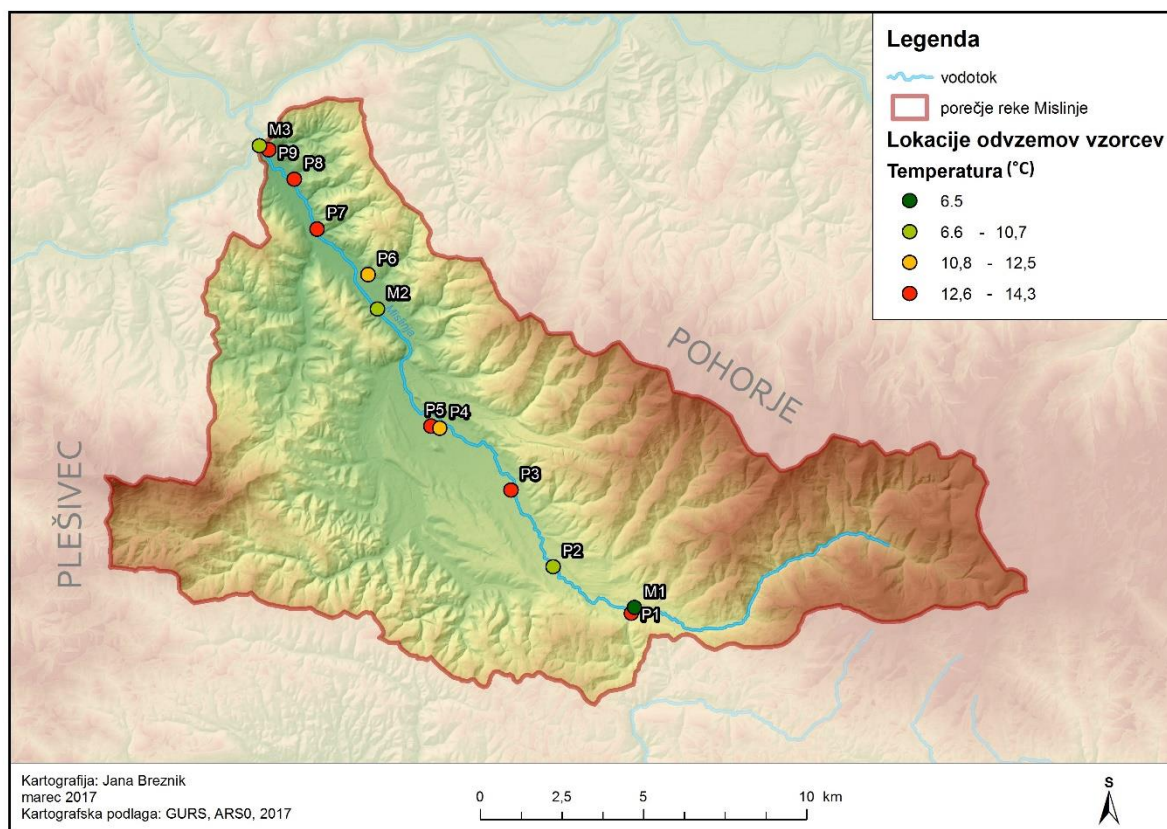
*Slika 62: Temperatura talne vode*



*Slika 63: Temperatura vodotoka Mislinja*



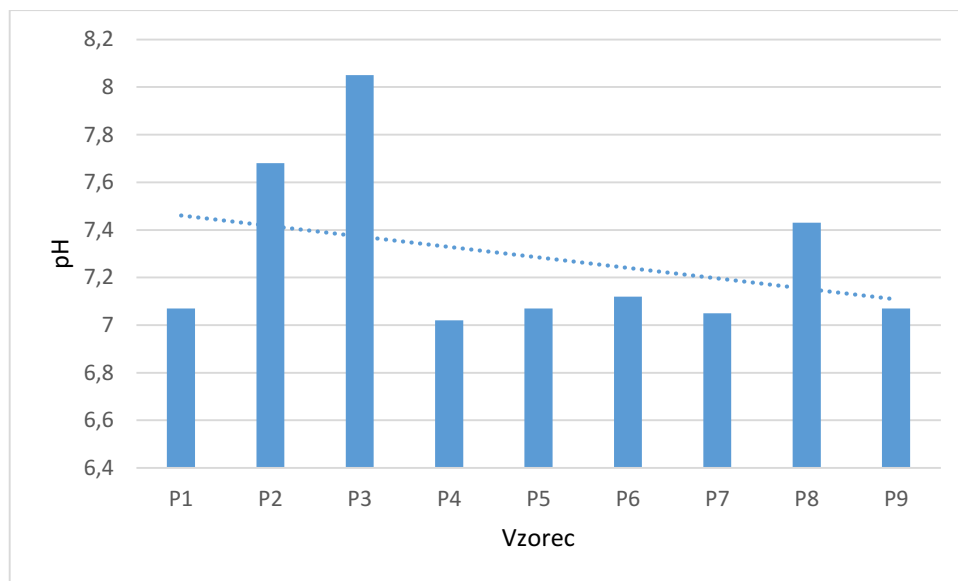
Slika 64: Temperatura



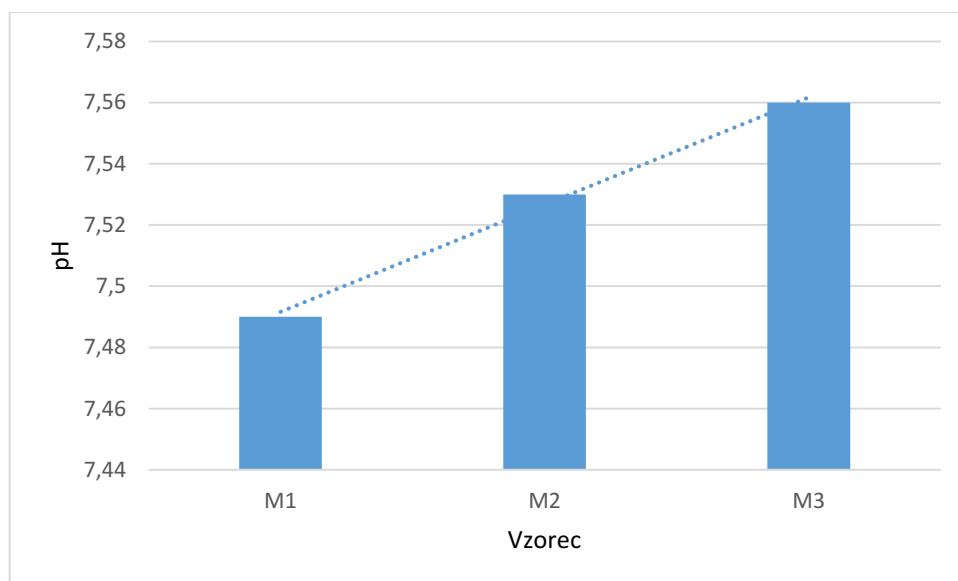
pH se je pri vseh vzorcih gibal med 7 in 8. Voda je tako rahlo alkalna. Opazen je trend upadanja pH po toku navzdol, vendar podatki niso statistično značilni. Izstopajo vzorci P2, P3 in P8, ki imajo višji pH. Na takšno stanje bi lahko vplivali tudi lokalni dejavniki, še posebej lokalno onesnaženje.

Zasledi se rahlo naraščanje pH na Mislinji po toku navzdol, vendar so razlike majhne. Opazi se podobnost pH pri vodotoku Mislinja in večini odvzetih vzorcev, saj so v vseh primerih vzorci rahlo alkalni.

*Slika 65: pH talne vode*

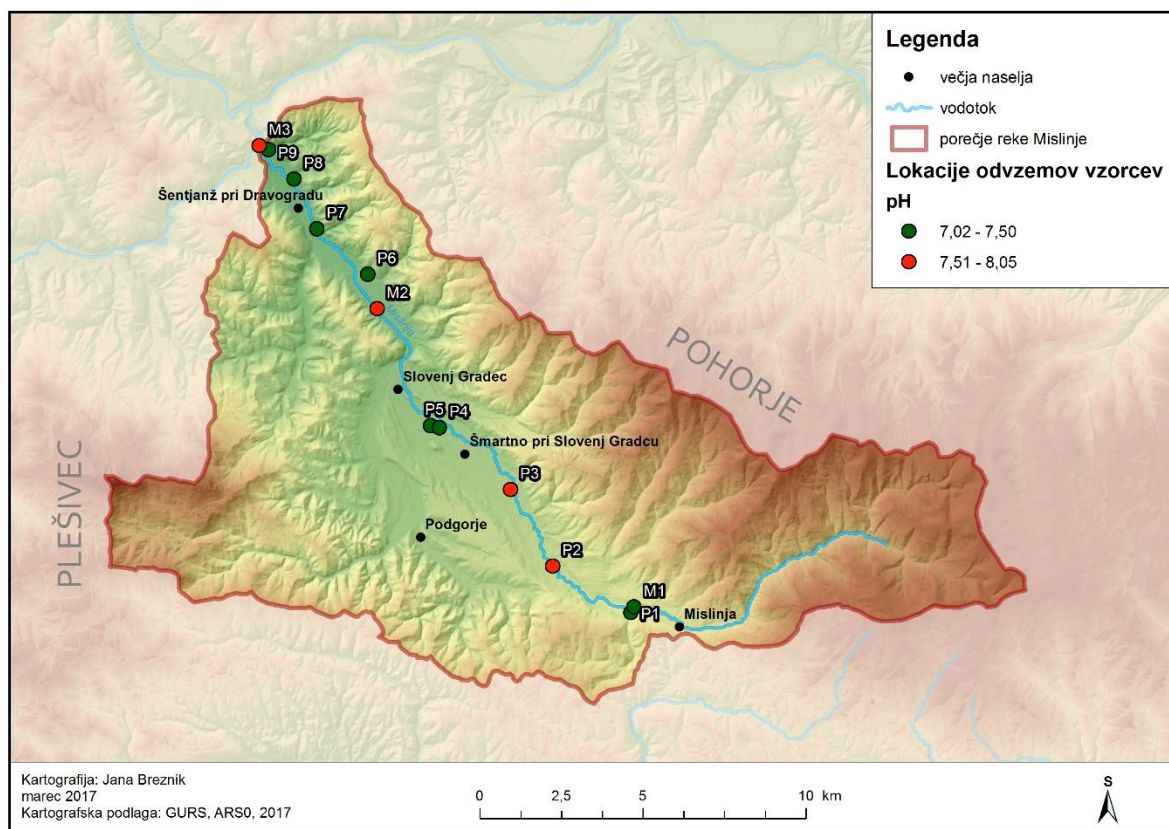


*Slika 66: pH vodotoka Mislinja*



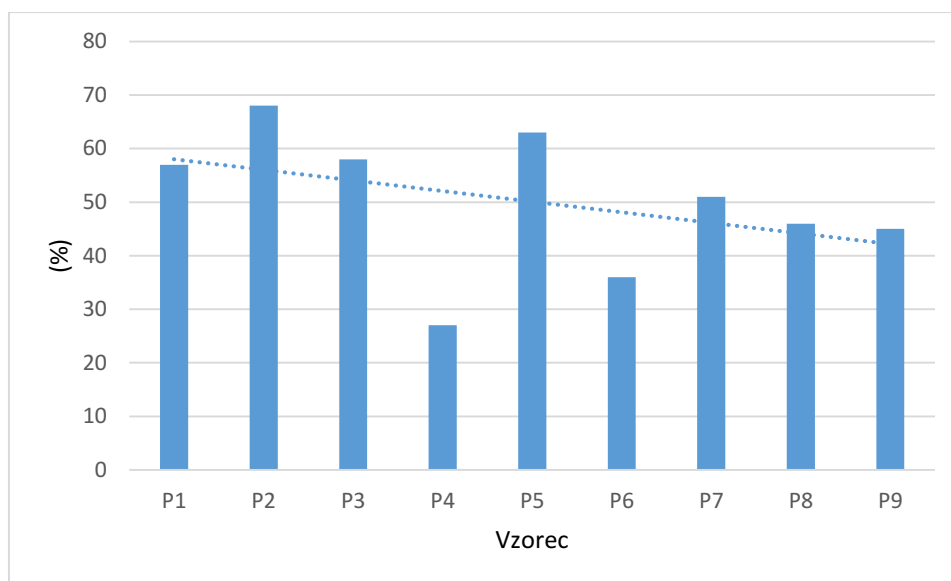


Slika 67: pH

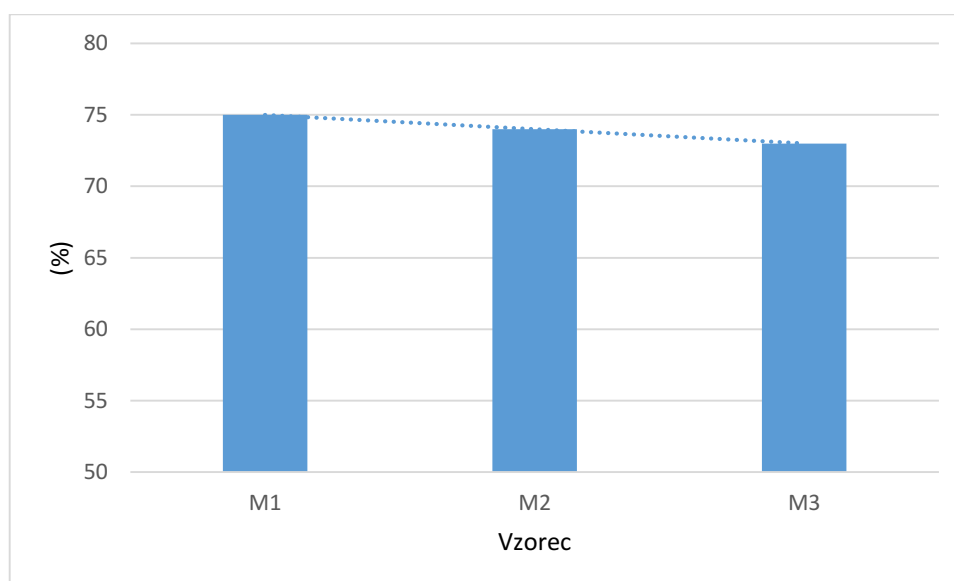


Nasičenost s kisikom je najvišja v zgornjem delu Mislinjske doline, vendar so razlike pri površinskih vodah majhne. Večje razlike so prisotne pri vzorcih podzemne vode, kjer je prisoten trend upadanja nasičenosti s kisikom po toku navzdol. Nasičenost s kisikom v talni vodi je nižja kot tista v vodotoku Mislinja.

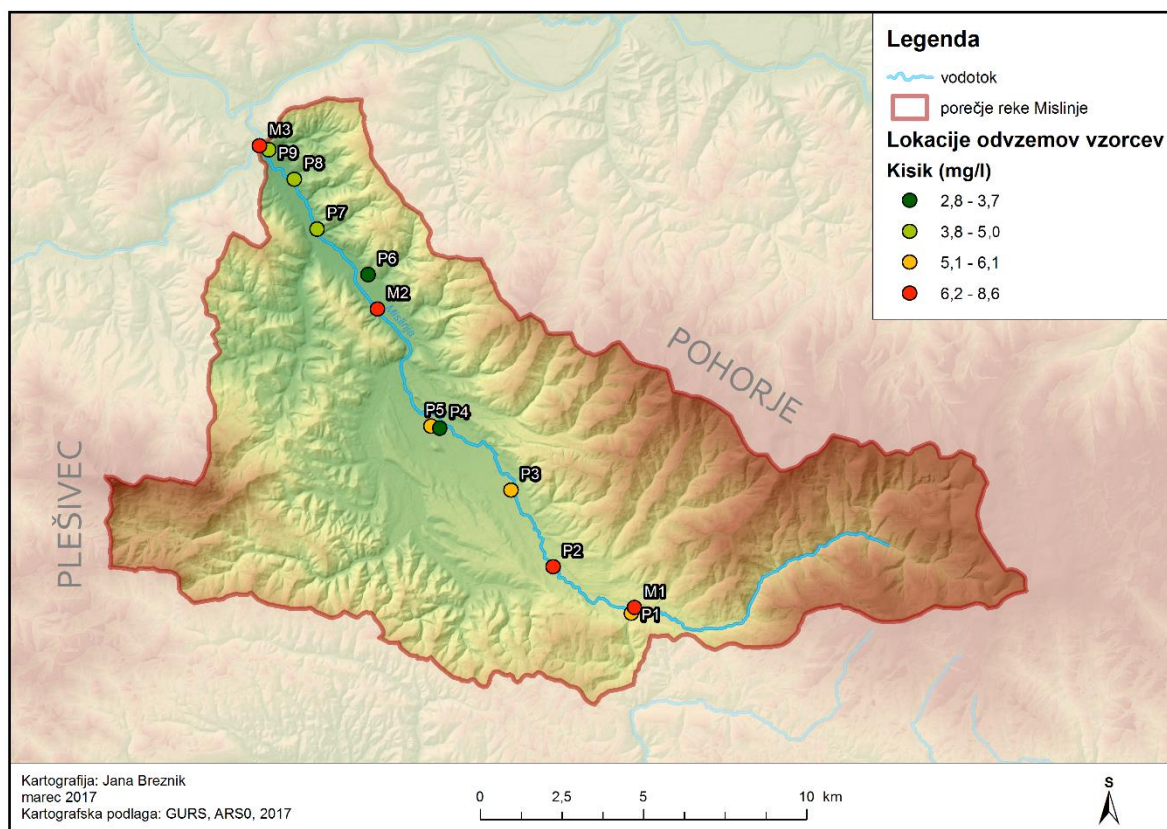
*Slika 68: Nasičenost s kisikom v talni vodi*



*Slika 69: Nasičenost s kisikom v vodotoku Mislinja*

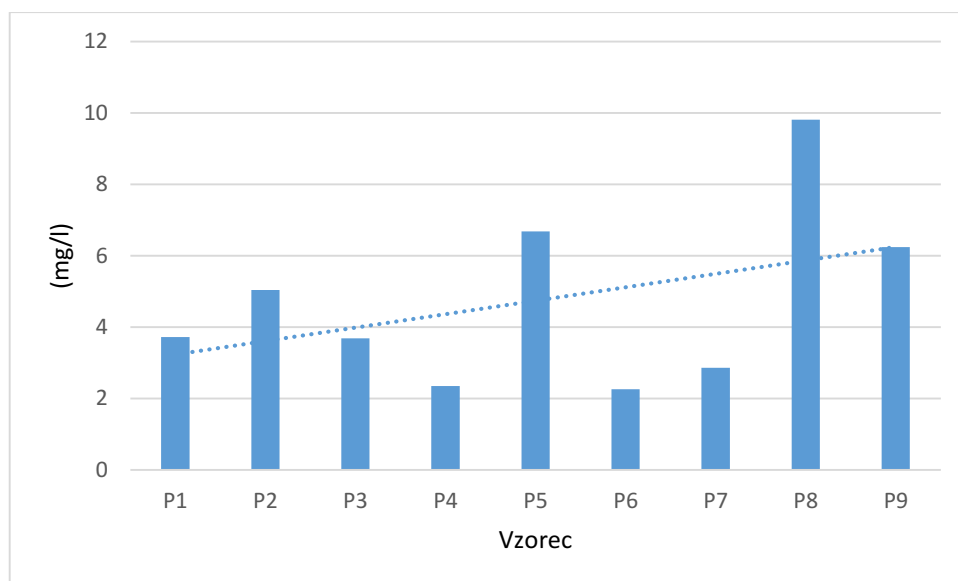


Slika 70: Nasičenost s kisikom

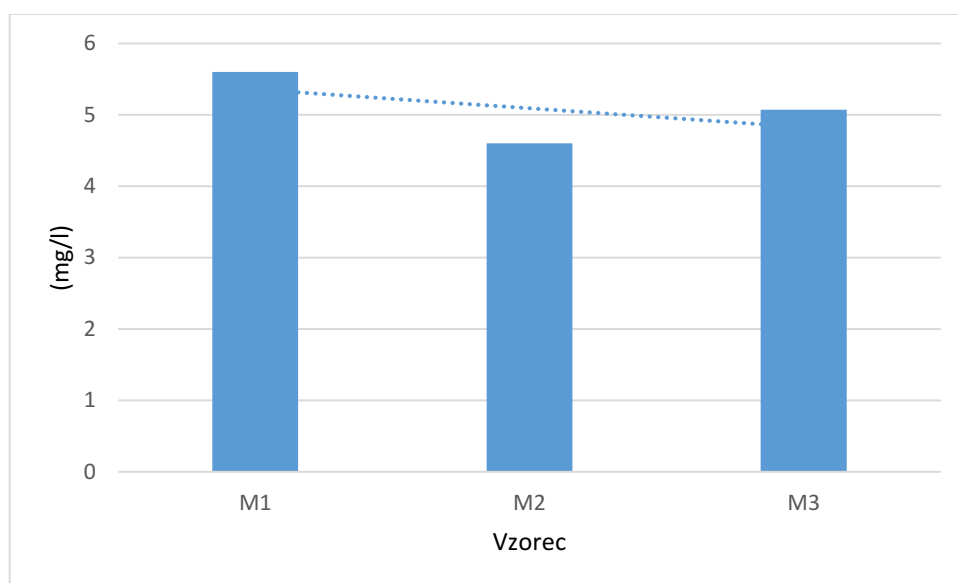


Rezultati biokemijske potrebe po kisiku kažejo na povprečno višje in stabilne vrednosti v površinskem toku, medtem ko pri talni vodi vrednosti močno variirajo in so odvisne od posameznih lokacij. Opazi se izrazita viška pri vzorcih P5 in P8. Glede na podatke bi vrednostim lahko pripisali trend naraščanja biokemijske potrebe po kisiku s tokom navzdol, kar nakazuje na večjo organsko onesnaženost podzemne vode na območju spodnjega toka Mislinje.

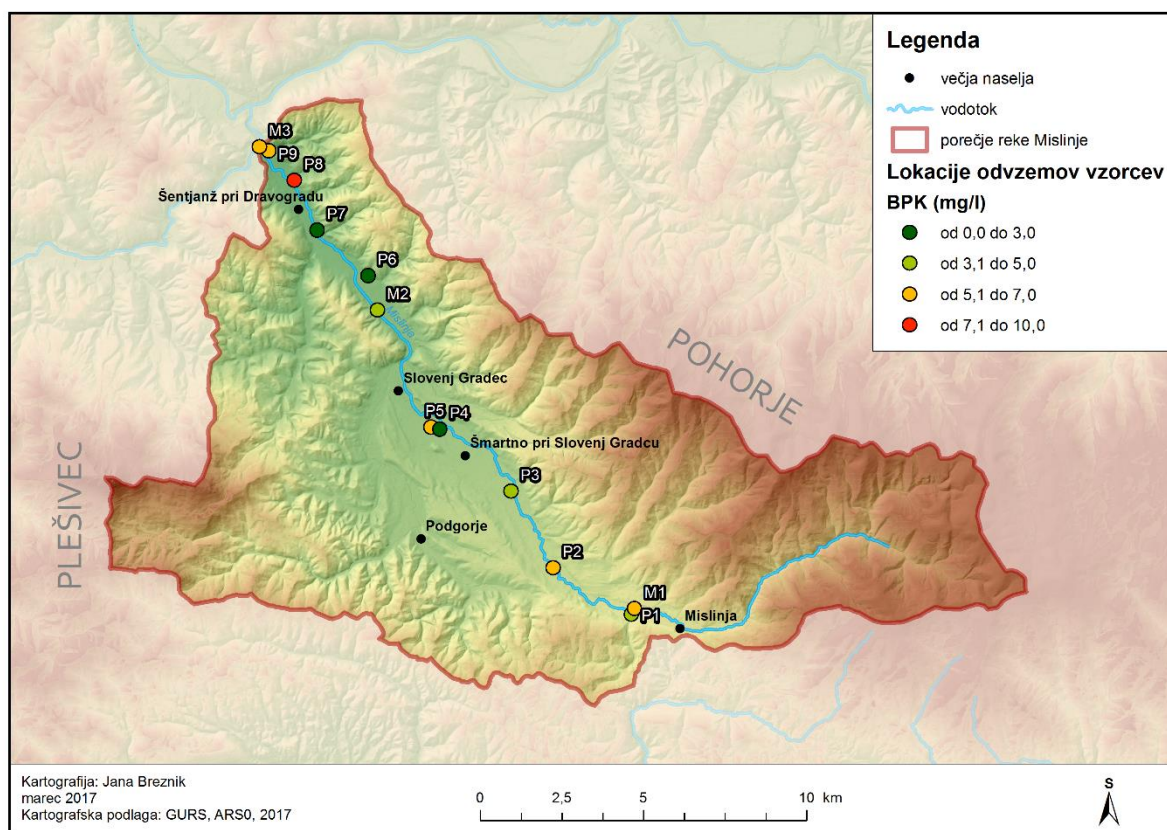
*Slika 71: Biokemijska potreba po kisiku v talni vodi*



*Slika 72: Biokemijska potreba po kisiku v vodotoku Mislinja*



Slika 73: Biokemijska potreba po kisiku





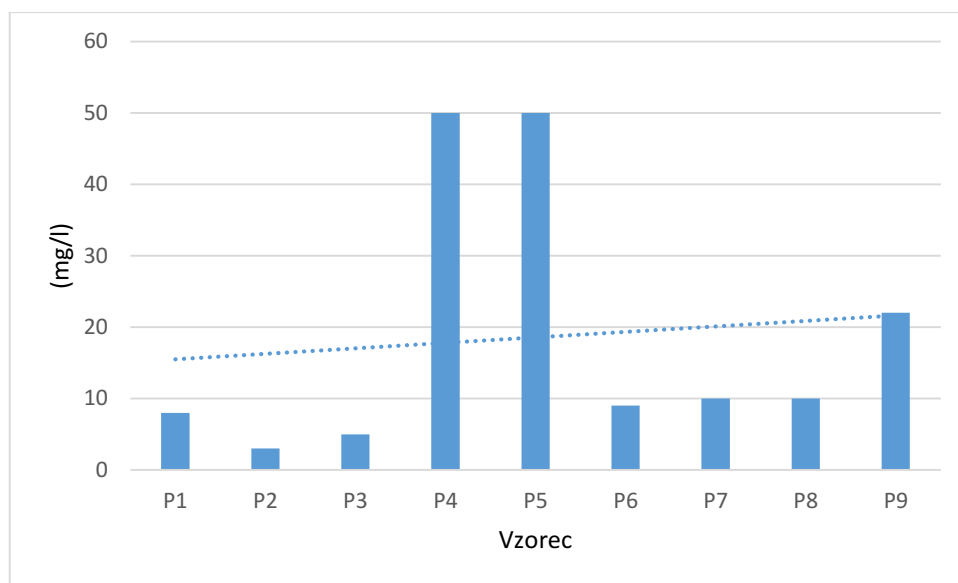
*Preglednica 12: Izbrani parametri - temperatura, pH, nasičenost, BPK*

| Oznaka | Temperatura (°C) | pH   | Kisik - nasičenost (%) | Kisik – nasičenost (mg/l) | BPK (mg/l) |
|--------|------------------|------|------------------------|---------------------------|------------|
| M1     | 6,5              | 7,49 | 75                     | 8,6                       | 5,60       |
| M2     | 10,0             | 7,53 | 74                     | 7,9                       | 4,60       |
| M3     | 10,7             | 7,56 | 73                     | 7,8                       | 5,07       |
| P1     | 13,5             | 7,07 | 57                     | 5,6                       | 3,72       |
| P2     | 10,7             | 7,68 | 68                     | 7,0                       | 5,04       |
| P3     | 13,0             | 8,05 | 58                     | 5,8                       | 3,69       |
| P4     | 11,6             | 7,02 | 27                     | 2,8                       | 2,35       |
| P5     | 13,8             | 7,07 | 63                     | 6,1                       | 6,68       |
| P6     | 12,5             | 7,12 | 36                     | 3,7                       | 2,26       |
| P7     | 13,8             | 7,05 | 51                     | 5,0                       | 2,86       |
| P8     | 14,3             | 7,43 | 46                     | 4,6                       | 9,81       |
| P9     | 13,8             | 7,07 | 45                     | 4,5                       | 6,24       |

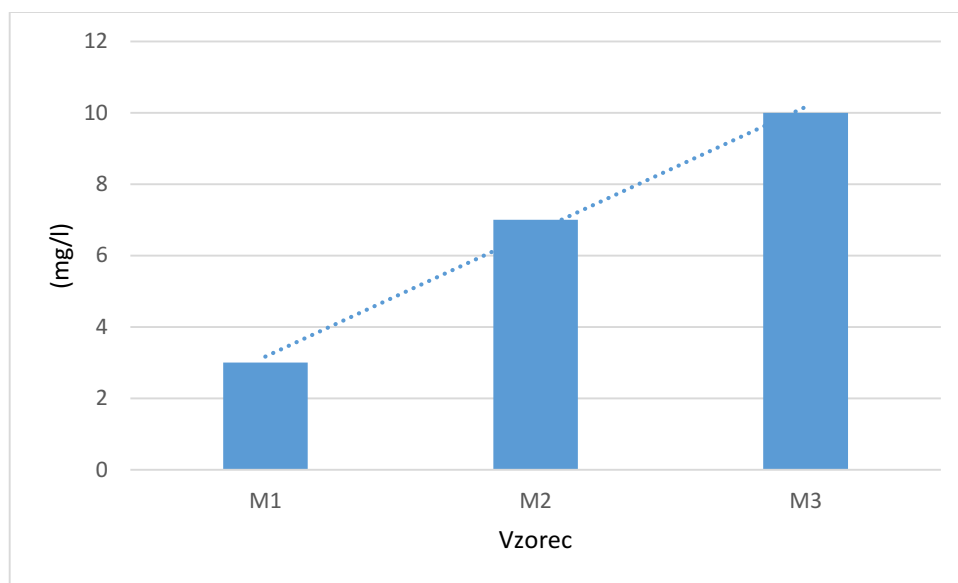
### **7.2.3. Nitrati, nitriti, amonij, kloridi, fosfati in sulfati**

Nitrati so bili prisotni v vseh preučevanih vzorcih. Povečane vrednosti nitratov sem zasledila pri vzorcih P4 in P5, ki dosegata mejne vrednosti Pravilnika o pitni vodi (Ur.l. RS št.:19/04, 35/04, 26/06, 92/06 in 25/09). Ta vzorca se nahajata v okolici Slovenj Gradca. Zaslediti je možno (statistično neznačilen – zaradi močno izstopajočih vrednosti na vzorčnih mestih P5 in P4) trend naraščanja vsebnosti nitratov po toku navzdol tako v površinskih vodah kot v podtalnici.

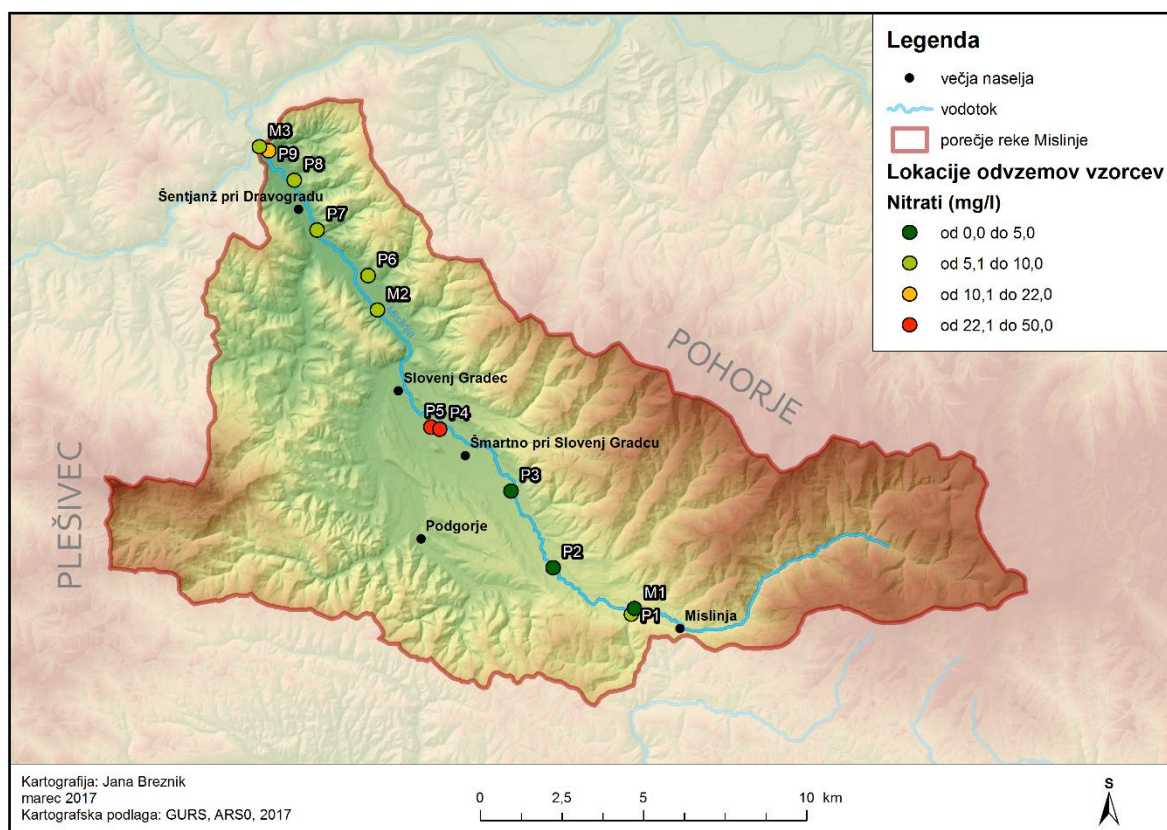
*Slika 74: Nitrati v talni vodi*



*Slika 75: Nitrati v vodotoku Mislinja*

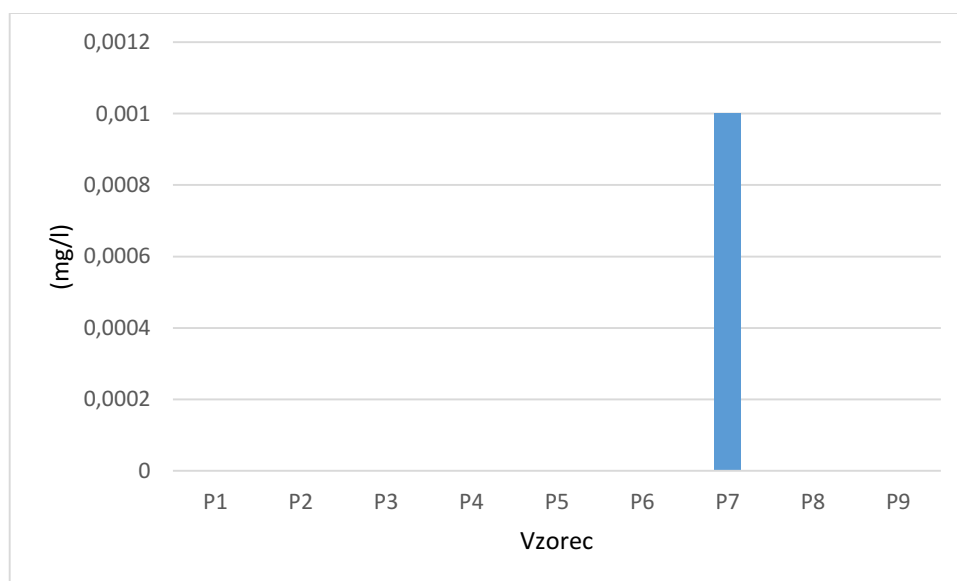


Slika 76: Nitrati

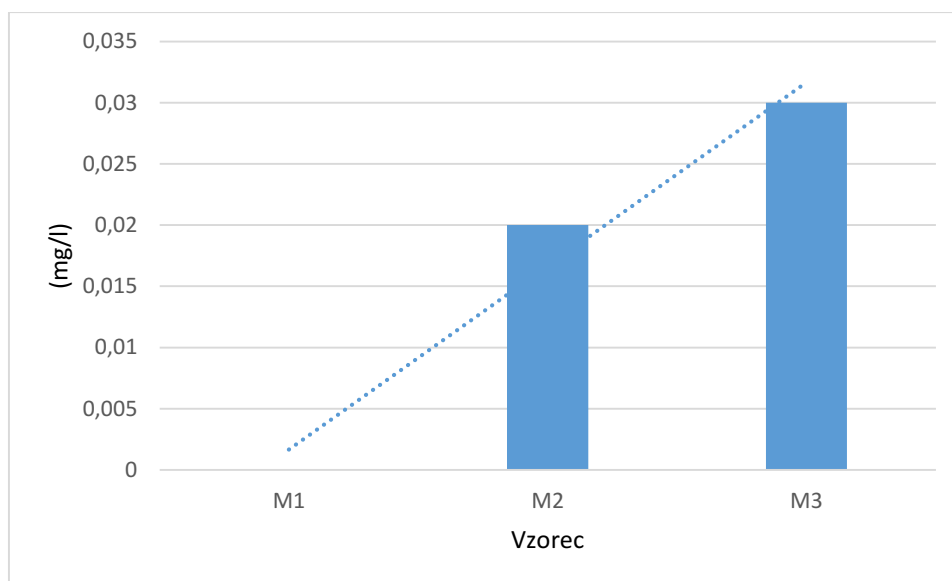


Nitrite je bilo možno zaslediti predvsem v površinskih vodah, kjer je trend naraščanja vsebnosti nitritov po toku navzdol. Vzorci podtalnice so bili, razen vzorca P7, brez nitritov. Pri vzorcu P7 je bilo možno zaslediti 0,001 mg/l nitritov.

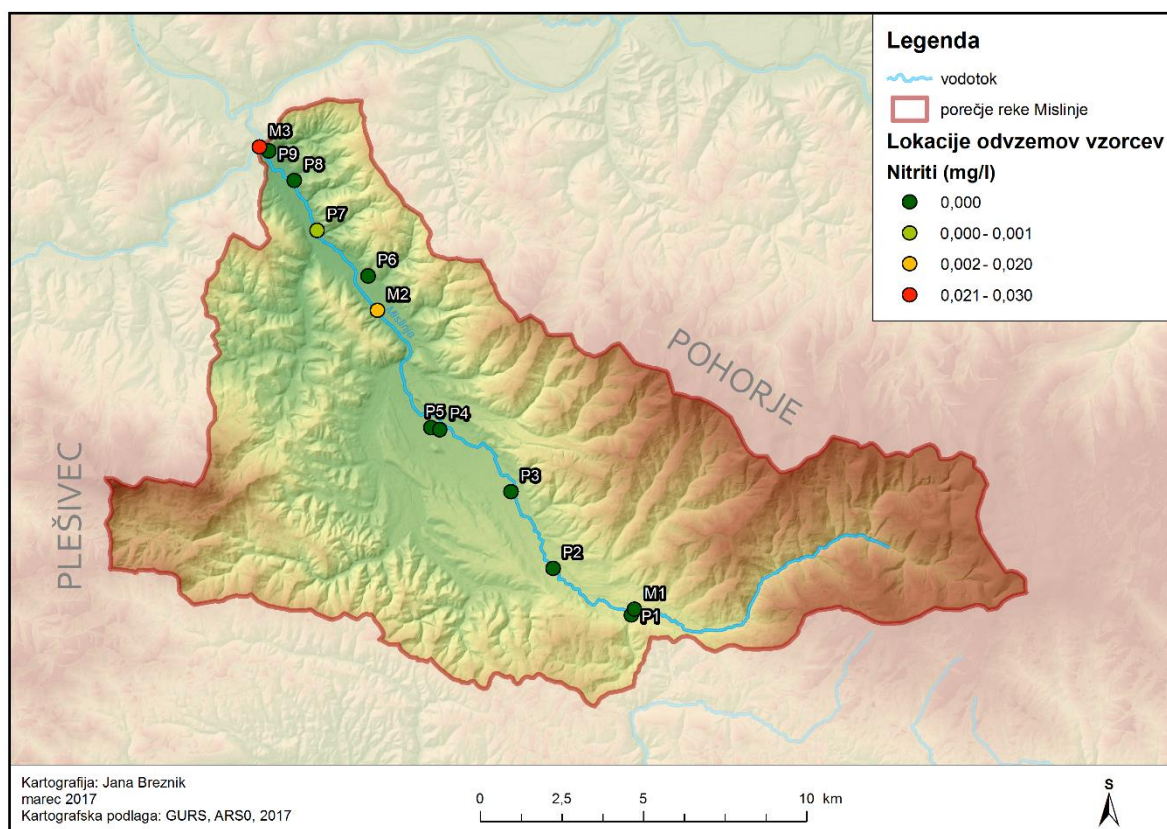
Slika 77: Nitriti v talni vodi



Slika 78: Nitriti v vodotoku Mislinja

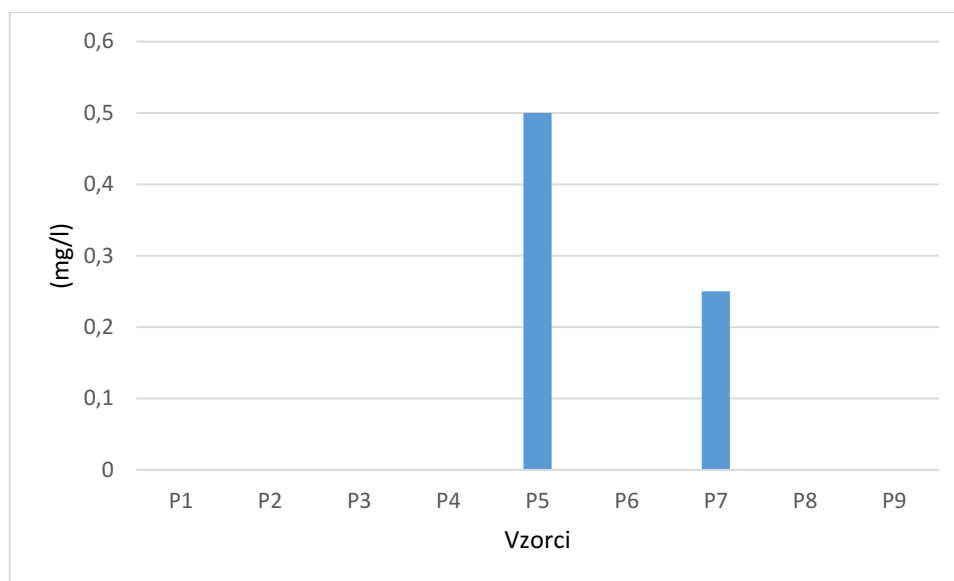


Slika 79: Nitriti



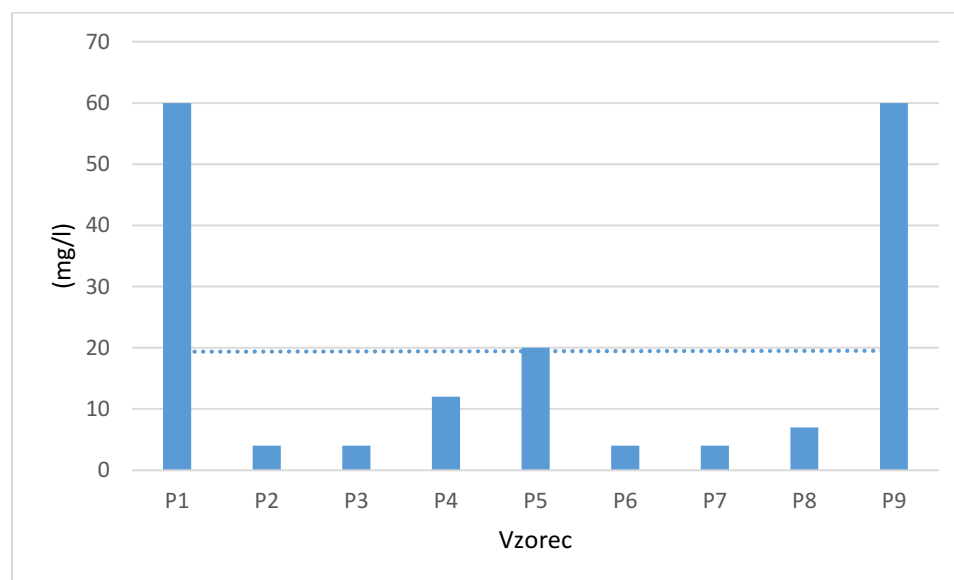
Prisotnost amonija je bilo moč zaslediti zgolj v dveh vzorcih podtalnice. Ta dva vzorca sta P5 in P7, pri čemer P5 dosega mejne vrednosti pravilnika o pitni vodi (Ur.l. RS št.:19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09 in 74/15). V površinskih vodah amonija nisem zaznala.

*Slika 80: Amonij v talni vodi*



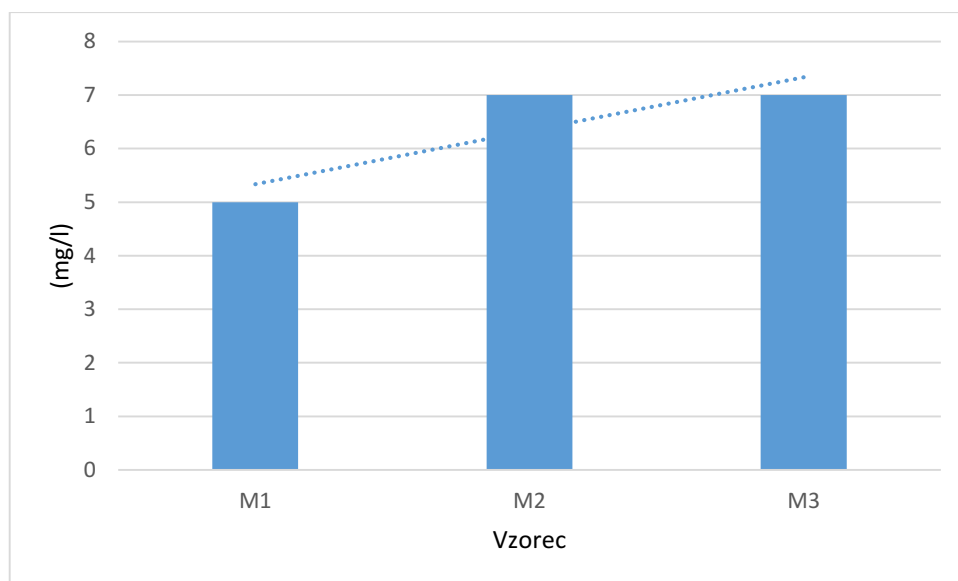
Kloridi so bili prisotni v vseh odvzetih vzorcih, pri čemer sta vzorca P1 z vsebnostjo kloridov več kot 60 mg/l (več indikator ne more zaznati) in P9 z vsebnostjo kloridov 60 mg/l močno izstopala. Vrednosti vzorcev podtalnice ne sledijo kakšnim trendom, vidi pa se povečanje vsebnosti kloridov pri P4 in P5, ki se nahajata v okolici Slovenj Gradca. Med površinskimi vodami vsebnosti kloridov ne presegajo 10 mg/l, se pa vsebnosti po toku navzdol večajo.

*Slika 81: Kloridi v talni vodi*

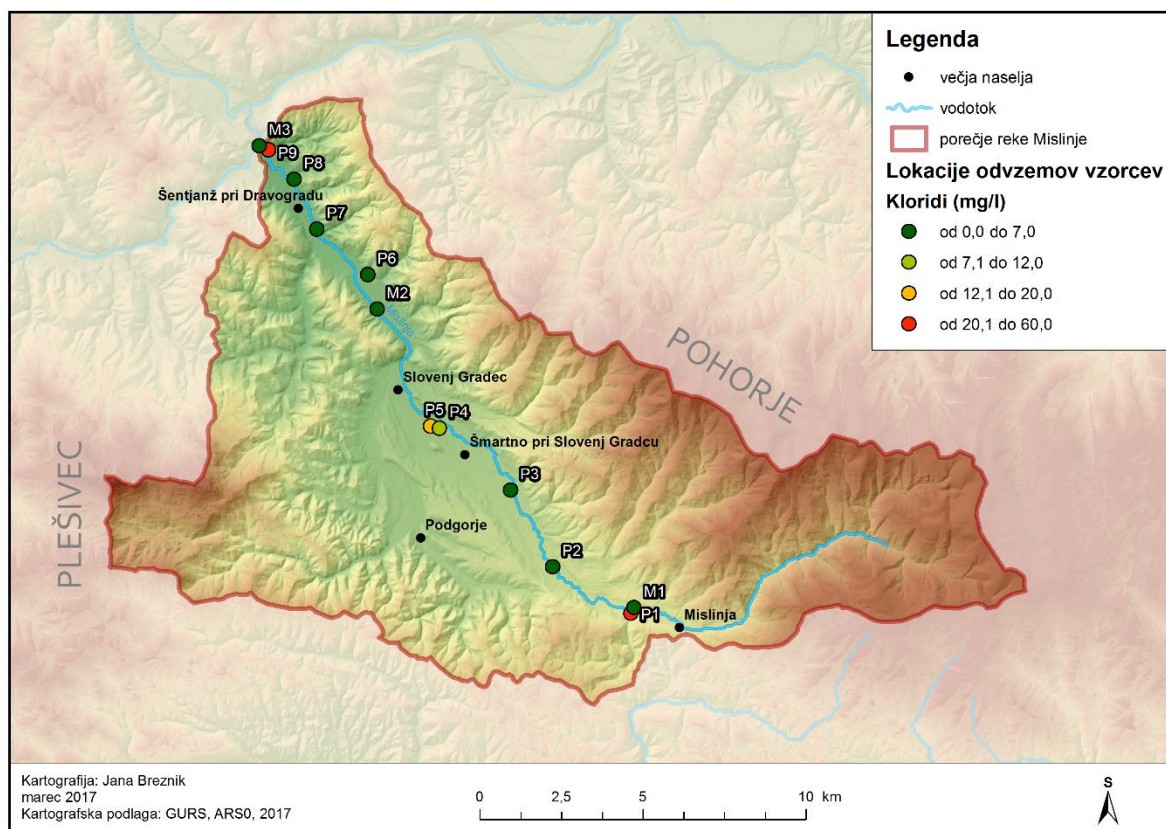




Slika 82: Kloridi v vodotoku Mislinja

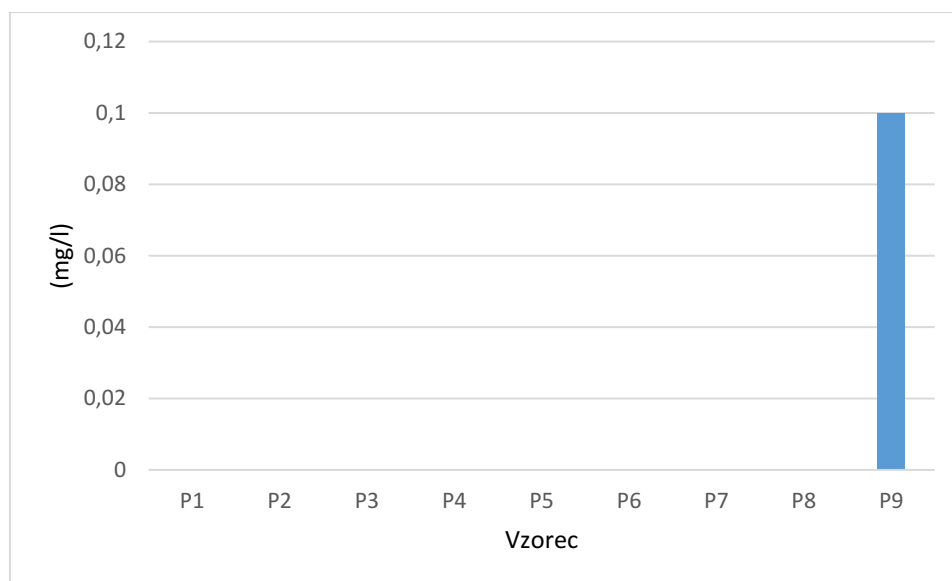


Slika 83: Kloridi

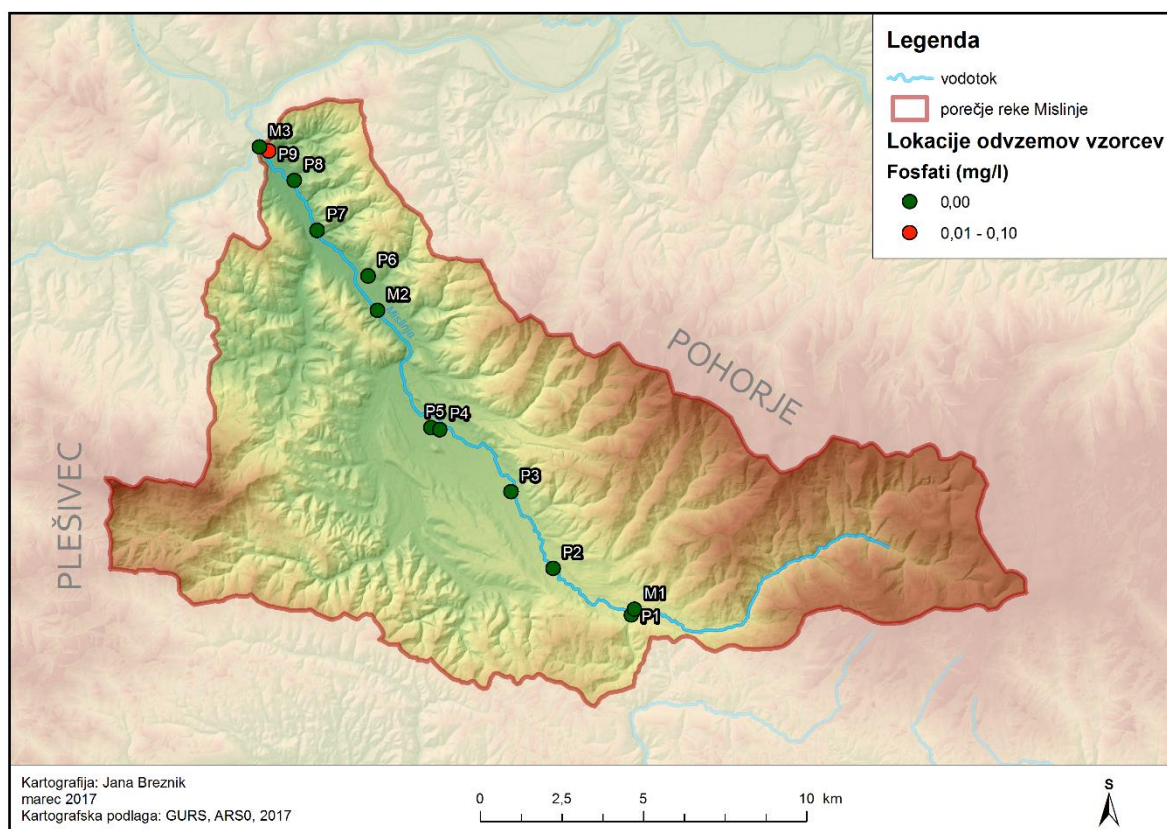


Fosfate sem zasledila zgolj v vzorcu P9, kjer je njihova vrednost znašala 0,1 mg/l. V vodotoku Mislinja niso bili prisotni.

Slika 84: Fosfati v talni vodi



Slika 85: Fosfati



Vsebnost sulfatov je bila v vseh vzorcih manjša od 25 mg/l.

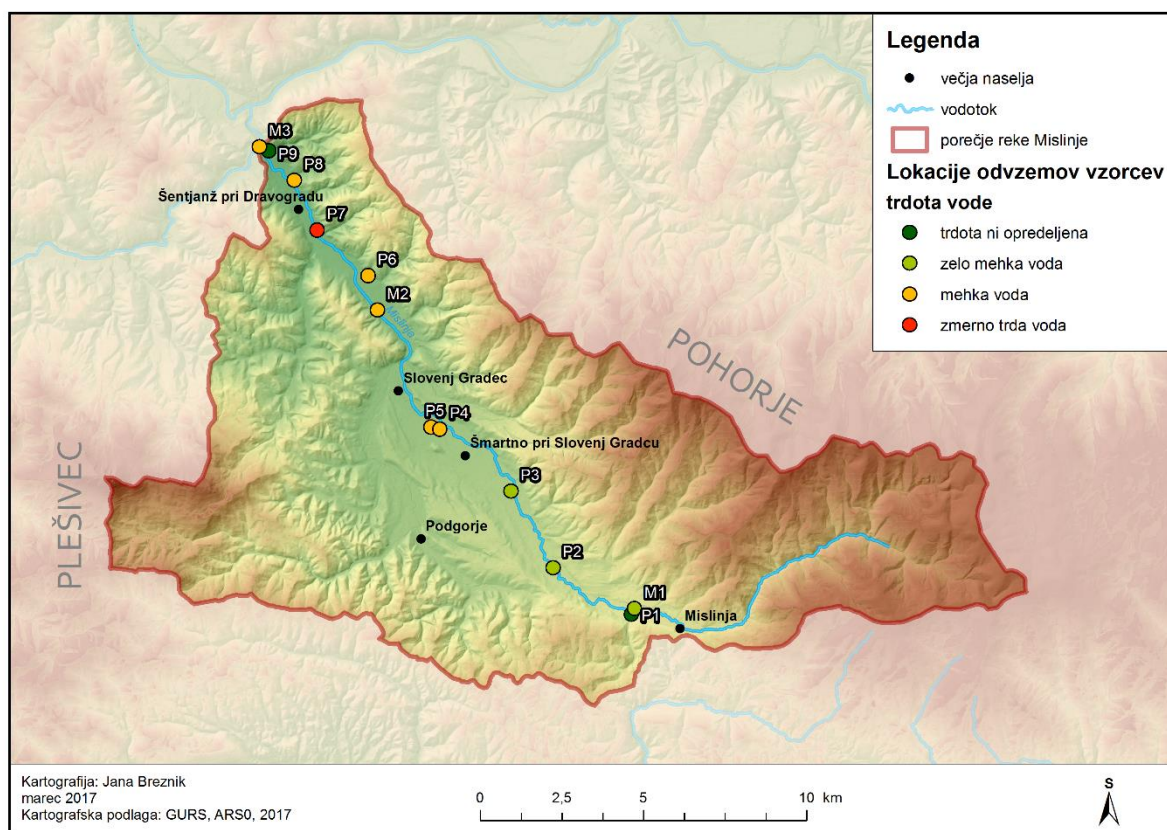
*Preglednica 13: Izbrani parametri – nitrati, nitriti, amonij, kloridi, fosfati, sulfati*

| Oznaka | Nitrati<br>(mg/l) | Nitriti<br>(mg/l) | Amonij<br>(mg/l) | Kloridi<br>(mg/l) | Fosfati<br>(mg/l) | Sulfati<br>(mg/l) |
|--------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| M1     | 3,00              | 0,000             | 0,00             | 5,00              | 0,00              | < 25,00           |
| M2     | 7,00              | 0,020             | 0,00             | 7,00              | 0,00              | < 25,00           |
| M3     | 10,00             | 0,030             | 0,00             | 7,00              | 0,00              | < 25,00           |
| P1     | 8,00              | 0,000             | 0,00             | > 60,00           | 0,00              | < 25,00           |
| P2     | 3,00              | 0,000             | 0,00             | 4,00              | 0,00              | < 25,00           |
| P3     | 5,00              | 0,000             | 0,00             | 4,00              | 0,00              | < 25,00           |
| P4     | 50,00             | 0,000             | 0,00             | 12,00             | 0,00              | < 25,00           |
| P5     | 50,00             | 0,000             | 0,50             | 20,00             | 0,00              | < 25,00           |
| P6     | 9,00              | 0,000             | 0,00             | 4,00              | 0,00              | < 25,00           |
| P7     | 10,00             | 0,001             | 0,25             | 4,00              | 0,00              | < 25,00           |
| P8     | 10,00             | 0,000             | 0,00             | 7,00              | 0,00              | < 25,00           |
| P9     | 22,00             | 0,000             | 0,00             | 60,00             | 0,10              | < 25,00           |

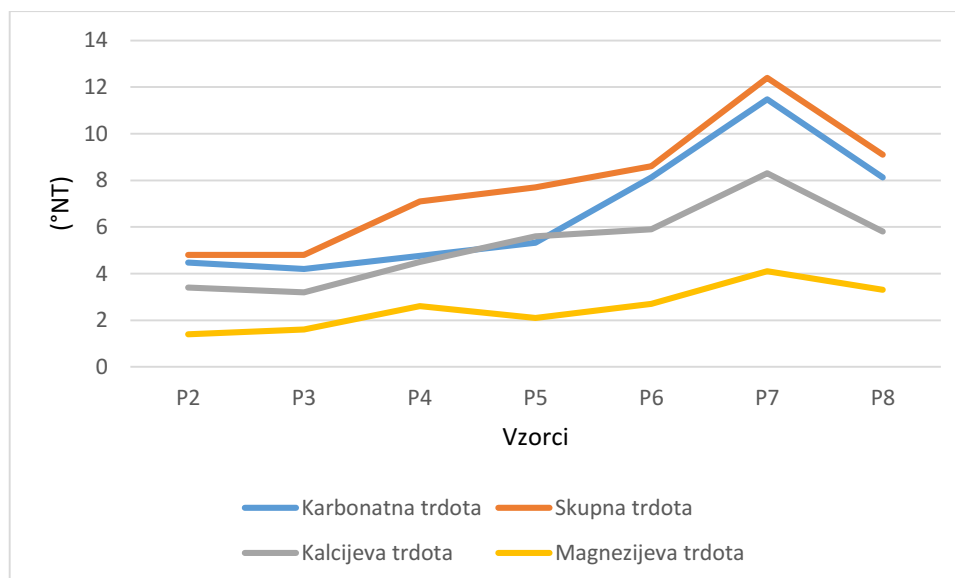
#### **7.2.4. Trdota in prevodnost**

Pri trdoti se opazi očiten trend naraščanja trdote po toku navzdol. Prehod iz zelo mehke v mehko in zmerno trdo vodo je močno opazen tako pri vzorcih odvzetih pri podtalnici kot pri površinskem vodotoku Mislinja. Zaradi anomalije pri laboratorijski analizi (karbonatna trdota je bila višja kot skupna trdota) sta bila vzorca P1 in P9 pri trdoti izpuščena, saj glede na podatke rezultati ne bi bili zanesljivi. Predvideva se, da so pri teh dveh vzorcih prisotne povečane vrednosti onesnaževal (najverjetneje kloridov), ki vplivajo na rezultat analize trdote. Posebnost je mogoče zaznati tudi pri prevodnosti, saj imata vzorca močno povečano vrednost v primerjavi z ostalimi vzorci.

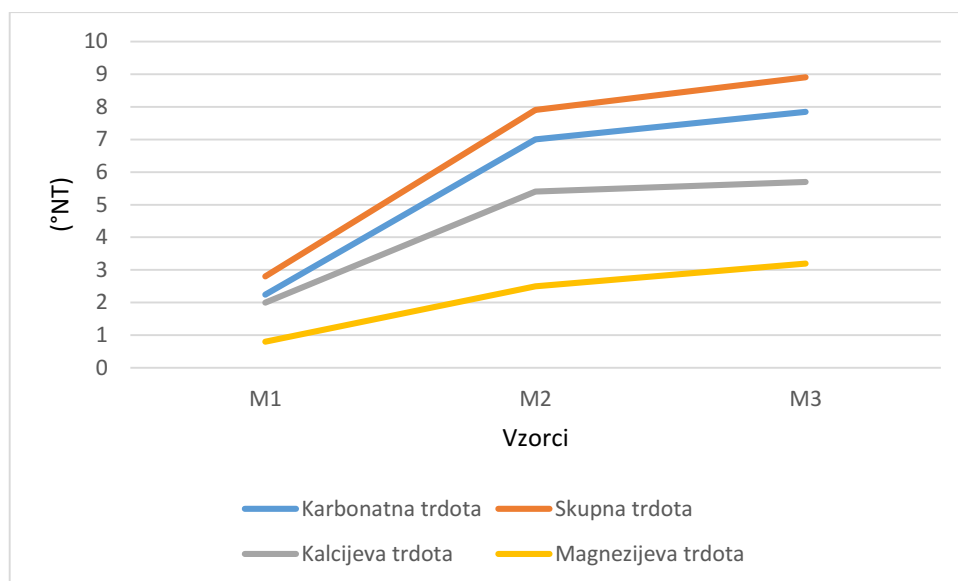
Slika 86: Trdota vode



Slika 87: Trdota vode (vzorci podtalnice)



Slika 88: Trdota vode (vzorci vodotoka Mislinja)

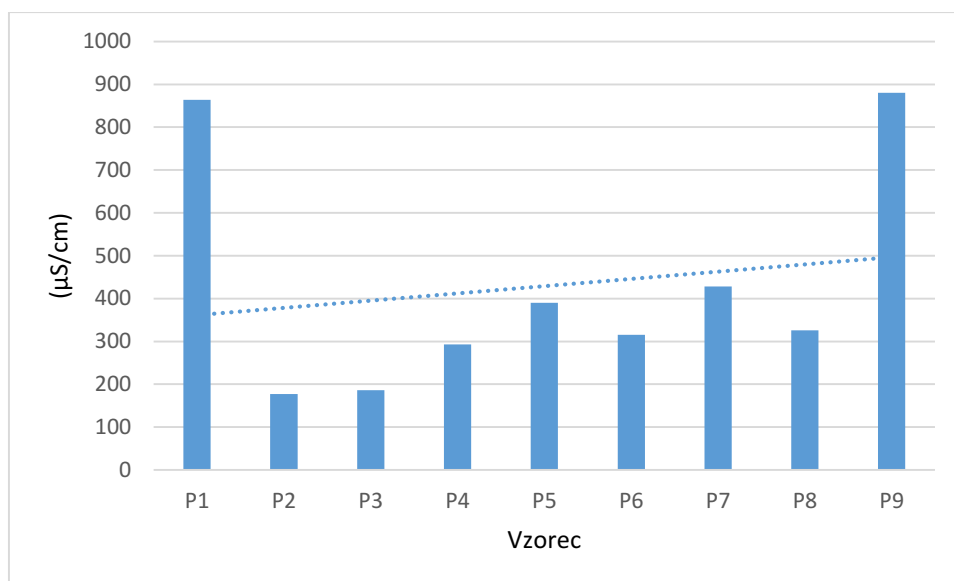


Indikatorski parameter električna prevodnost je v korelaciji s koncentracijo raztopljenih karbonatov v vodi oz. s karbonatno trdoto. Posebnost sta vzorca P1 in P9, kjer vrednosti presegajo 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in pri katerih vrednost trdote ni bila upoštevana. Predvidevam, da v teh dveh primerih prihaja do točkovnega onesnaženja.

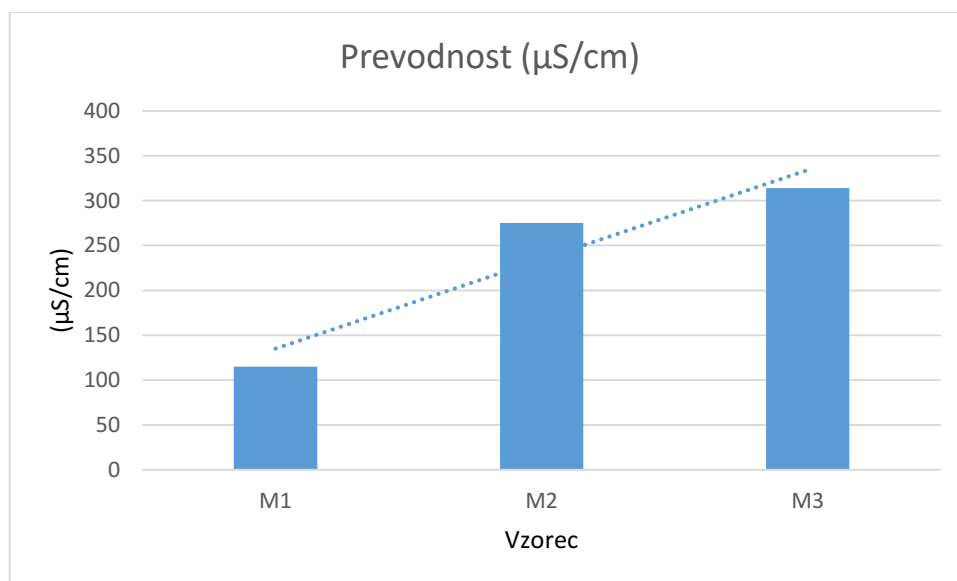
Reka Mislinja, ki napaja vodonosnik, ima prevodnost od 114 do 315  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Trdote podtalnice so nekoliko višje, vendar se večina odvzetih vzorcev ob neupoštevanju vzorcev P1 in P9 giblje v okolici tega razpona. Prav tako je mogoče, ob neupoštevanju vzorcev P1 in P9, tako pri trdoti kot tudi pri prevodnosti določiti trend njenega naraščanja po toku navzdol pri podzemni vodi in pri vodotoku Mislinja.



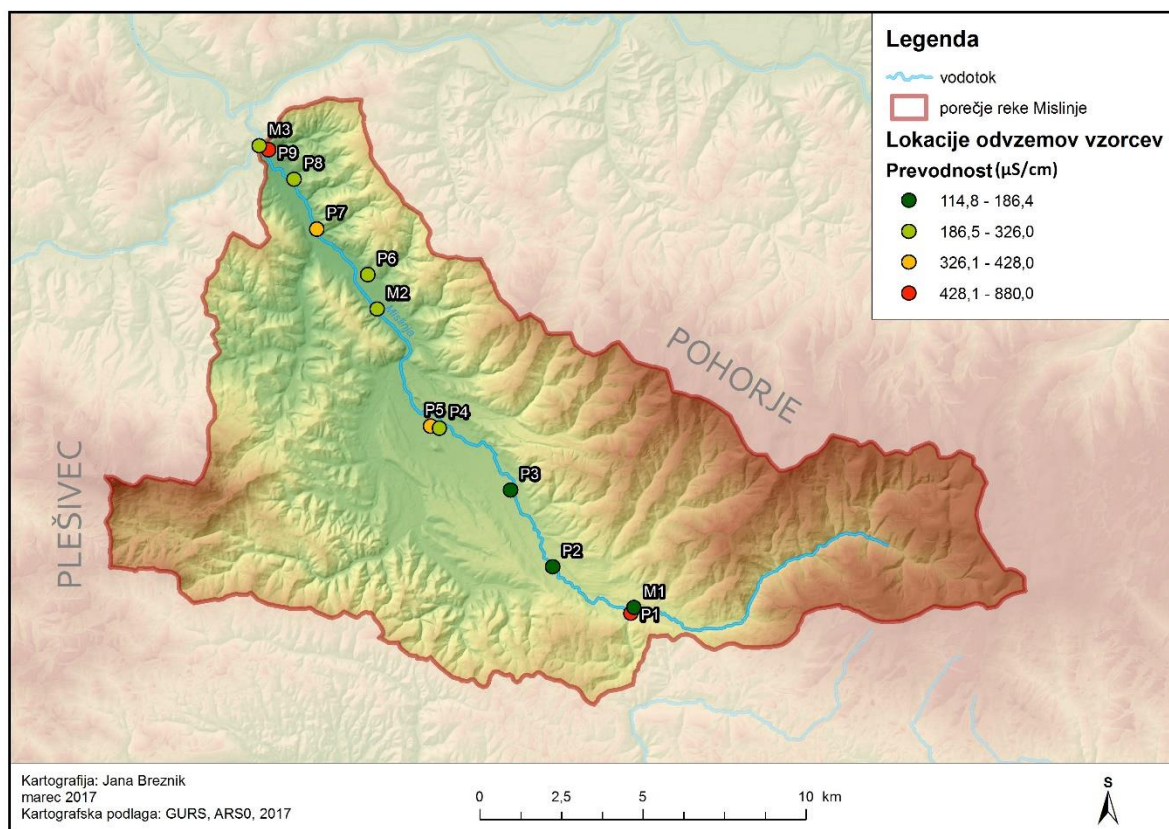
Slika 89: Prevodnost talne vode



Slika 90: Prevodnost vodotoka Mislinja



Slika 91: Prevodnost



*Preglednica 14: Izbrani parametri – karbonatna trdota, skupna trdota, kalcijeva trdota, magnezijeva trdota, prevodnost*

| Oznaka | Karbonatna trdota (°NT) | Skupna trdota (°NT) | Kalcijeva trdota (°NT) | Magnezijeva trdota (°NT) | Prevodnost (µS/cm) | Kvalitativna oznaka vode |
|--------|-------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| M1     | 2,24                    | 2,80                | 2,00                   | 0,80                     | 114,80             | Zelo mehka               |
| M2     | 7,00                    | 7,90                | 5,40                   | 2,50                     | 275,00             | Mehka                    |
| M3     | 7,84                    | 8,90                | 5,70                   | 3,20                     | 314,00             | Mehka                    |
| P1     | 14,56*                  | 13,70*              |                        |                          | 864,00             |                          |
| P2     | 4,48                    | 4,80                | 3,40                   | 1,40                     | 177,00             | Zelo mehka               |
| P3     | 4,20                    | 4,80                | 3,20                   | 1,60                     | 186,40             | Zelo mehka               |
| P4     | 4,76                    | 7,10                | 4,50                   | 2,60                     | 293,00             | Mehka                    |
| P5     | 5,32                    | 7,70                | 5,60                   | 2,10                     | 390,00             | Mehka                    |
| P6     | 8,12                    | 8,60                | 5,90                   | 2,70                     | 315,00             | Mehka                    |
| P7     | 11,48                   | 12,40               | 8,30                   | 4,10                     | 428,00             | Zmerno trda              |
| P8     | 8,12                    | 9,10                | 5,80                   | 3,30                     | 326,00             | Mehka                    |
| P9     | 17,92*                  | 17,50*              |                        |                          | 880,00             |                          |

\* Vrednosti so kontradiktorne glede na običajne vrednosti za slovenske vode, saj je karbonatna trdota večja od celokupne trdote. To je najverjetneje posledica onesnaženja s kloridi. Analiza zaradi te anomalije ni bila dokončana.

### **7.3. Ustreznost vzorcev glede na mejne vrednosti posameznih parametrov za pitno vodo**

Večina vzorcev glede na izbrane fizikalne in kemijske parametre (vonj, barva, okus, nitrati, nitriti, amonij, pH, kloridi in sulfati) ne presega mejnih vrednosti pravilnika o pitni vodi (Ur.l. RS št.:19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09 in 74/15). Edini neustrezni vzorci se v to skupino uvrščajo zaradi nesprejemljive barve oz. okusa. Vzorec P2 je neustrezen zaradi rahlo rumene barve in motnosti, ki jo je spremljal okus po kovini. Vzorec P7 prav tako zaradi rahlo rumene barve in okusa po zemlji. Najvišje mejne vrednosti so dosegli vzorci pri nitratih. Vzorca P4 in P5 odvzeta v okolici Slovenj Gradca tako dosegata mejno vrednost nitratov (50 mg/l), vzorec P5 pa še dodatno dosega mejno vrednost amonija (0,5 mg/l).

## 8. RAZLAGA REZULTATOV ANALIZE

### 8.1. Analiza vzorcev

Pridobljeni podatki nakazujejo na močno odvisnost podtalnice od mesta vzorčenja. Vplive iz okolja je brez podrobnih analiz težko povezati s povišanimi koncentracijami parametrov.

Večina vzorcev glede na izbrane parametre (vonj, barva, okus, nitrati, nitriti, amonij, pH, kloridi in sulfati) ne presega mejnih vrednosti pravilnika o pitni vodi (Ur.l. RS št.:19/04, 35/04, 26/06, 92/06 in 25/09). Edini neustrezni vzorci se v to skupino uvrščajo zaradi nesprejemljive barve oz. okusa (P2, P7).

Po mnenju Narshima in sod. (2013, str. 74) koncentracija nitratov, ki je višja od 10 mg/l ne more biti več posledica naravnih dejavnikov, pač pa je posledica antropogenih vplivov na podtalnico. Na obravnavanem območju v Mislinjski dolini vsebnost nitratov niha med 3 in 50 mg/l. Glede na podatke lahko tako zagotovo sklepam na povišane vrednosti zaradi človeške dejavnosti. V Mislinjski dolini je kmetijstvo najbolj vidna dejavnost. Glede na prostorsko porazdelitev nitratov, ki je najvišja v okolici Slovenj Gradca, lahko sklepam na vpliv intenzivnega kmetijstva na tem območju z vedno večjim poudarkom na integrirani pridelavi hmelja. Možna je tudi onesnaženost zaradi bližine urbanega območja ter s tem povezane kanalizacije in urbanega odtoka. Glede na vrednosti nitratov v površinskih vodah se predvideva, da je onesnaženje prišlo v podtalnico preko pronicanja v prst in dalje do nivoja talne vode, saj vodotok Mislinja z nitrati ni močno onesnažen, se pa vsebnost nitratov po toku navzdol tudi tam povečuje.

Naravna prisotnost nitritov v podzemni vodi običajno ne presega 0,3 mg/l (Nitrate and nitrite in drinking-water, 2011). Vrednosti, ki sem jih zaznala z analizo, so močno pod to mejo in prav tako pod mejo vrednosti za pitno vodo. Tako vodotok Mislinja kot podzemna voda v vodonosniku ob Mislinji z nitriti nista močno onesnaženi oz. sta s tem parametrom onesnaženi znotraj okvirov naravnih vrednosti.

Naravna prisotnost amonija v talni in površinski vodi je običajno nižja od 0,2 mg/l (Ammonia in Drinking-water, 1996). Večina odvzetih vzorcev ni imela povišanih vsebnosti amonija, izstopata pa vzorca P5 in P7. Pri obeh vzorcih vrednosti presegata 0,2 mg/l, kar kaže na vpliv antropogenih dejavnikov. Prisotnost amonija v talni vodi je običajno posledica kmetijstva, komunalnih odplak in industrije. Pri vzorcih P5 in P7 je industrija dovolj oddaljena, da nima vpliva na podtalnico. Pri vzorcu P5, ki se nahaja v okolici Slovenj Gradca, točkovni vpliv komunalnih odplak ni izključen, saj bližnji vodnjak P4 ni imel težav z onesnaženjem zaradi amonija. Možno bi bilo tudi onesnaženje zaradi kmetijstva, ki je najverjetnejši vzrok onesnaženja pri vzorcu P7, katerega lastnik ima kmetijo pretežno živinorejske usmeritve.

Med bolj izpostavljenimi so bili tudi kloridi, katerih vsebnosti so bile ponekod visoke, vendar niso presegale mejnih vrednosti za pitno vodo po slovenskih standardih. Po mnenju Kohnove in sod. (2016, str. 112) koncentracija kloridov, ki je višja od 20 mg/l, ne more biti več posledica naravnih dejavnikov in opozarja na antropogene vplive. Višje koncentracije kloridov je bilo moč zaznati pri vzorcih P1 in P9, kjer so vrednosti dosegle 60 mg/l. Takšne koncentracije so glede na ostale vzorce najverjetneje posledica točkovnega onesnaženja, ki bi pri vzorcu P9 lahko prihajal od bližnje industrijske cone, kemične čistilnice ali avtopralnice. Primerljivo so ugotovili tudi v študiji »Skrb za pitno vodo« (Jamnik in sod., 2014). V primeru na Ljubljanskem polju ugotavljajo, da so zmerne koncentracije kloridov posledica komunalnih odpadnih vod in uporabe soli pri zaščiti cestne infrastrukture. Koncentracije višje od 60 mg/l pa so posledica

izrazitega točkovnega onesnaževanja (lahko iz podobnih razlogov kot pri zmernem). Lokacija P1 se nahaja v neposredni bližini glavne ceste G1-4 Slovenj Gradec–Velenje, zato vplivi uporabe soli pri zaščiti cestne infrastrukture niso izključeni. Kloridi so bili nekoliko višji tudi v okolici Slovenj Gradca, za kar bi lahko bile krive komunalne odpadne vode, kmetijstvo v okolici ali uporaba soli pri zaščiti ceste.

Vsebnosti fosfatov v podzemni vodi so nizke, saj se običajno fosfor obdrži v prsti in ne pronica v talno vodo (Welch, Kingsbury, Coupe, 2010). Tudi na območju Mislinjske doline v večini vzorcev tako površinske kot podzemne vode ni bilo zaznati fosfatov, čeprav možni viri za onesnaženje obstajajo: kmetijska gnojila, živalski odpadki, detergenti ipd. Edini vzorec, ki je imel sledove fosfatov (0,1 mg/l), je bil P9. Razloge za to vidim predvsem v bližini avtopralnice, od koder bi se lahko detergenti spirali v talno vodo.

Sulfati se v naravi pojavljajo predvsem zaradi izpiranja kamnin, zaradi česar ima na primer morska voda koncentracije sulfatov 2700 mg/l (Sulphate in Drinking-water, 2004). Kamnine v zaledju reke Mislinje niso vir velike količine sulfatov, prav tako antropogeni vplivi niso vplivali na njihovo vsebnost v vzorčni vodi. Vsi vzorci so imeli koncentracije manjše od zaznavanja indikatorja (25 mg/l).

Pri biokemijski potrebi po kisiku vzorci med 1 in 2 mg O/l indicirajo zelo čisto vodo, 3 do 5 mg O/l zmerno čisto vodo, vzorci z več kot 5 mg O/l pa opozarjajo na onesnaženje (Oram, 2017). Povečane vrednosti zaznavam predvsem v vzorcih odvzetih pri vodotoku. Zanimivo je dejstvo, da so vrednosti BPK<sub>5</sub> višje tudi v nekaterih vzorcih odvzetih v zgornjem toku reke Mislinje. Med vzorci podtalnice imajo višje vrednosti:

- vzorec P2, ki se nahaja v neposredni bližini Mislinje in bi bilo lahko mešanje vod vzrok za takšno stanje;
- vzorec P5, odvzet v bližini Slovenj Gradca. Vzorec ima vrednosti nad 6, kar bi lahko bila posledica komunalnih izpustov ali kmetijstva;
- vzorec P8, ki se nahaja v neposredni bližini industrijske cone. Možno bi bilo onesnaženje zaradi odpadnih vod, komunalnih izpustov ali kmetijstva;
- vzorec P9, ki se prav tako nahaja v bližini industrijske cone, vendar bi lahko nanj prav tako vplivali komunalni izpusti in kmetijstvo.

pH je merilo ravnotežja med koncentracijo vodikovih ionov in hidroksilnih ionov v vodi. Mejna vrednost za pitno vodo znaša 6,5 do 8,5. Vrednosti pH odvzetih vzorcev se gibljejo od 7,02 do 8,05, kar kaže na alkalni značaj vod v Mislinjski dolini.

Kisik je pomembna sestavina podzemne vode, čeprav je bilo včasih mišljeno, da podzemna voda ne vsebuje raztopljenega kisika. Novejše raziskave kažejo, da je v podzemni vodi generalno gledano manj raztopljenega kisika kot v površinskih vodnih virih. Razloga za to sta odsotnost vira kisika in oksidacija (Rose, Long, 1988). Kisik se je kot pomemben parameter uvrstil tudi v mojo raziskavo. Rezultati analize kažejo na precej visoko prisotnost kisika v podzemni vodi, saj vrednosti nihajo od 2,8 do 6,1 mg/l. Razlog za večjo prisotnost kisika je najverjetneje plitvost vodonosnika ter zatekanje rek in posledično hitrejšo obnavljanje vode. Pomembna sta tudi oddaljenost od površja in stik z atmosfero. Nekaj vzorcev je bilo odvzetih v vodnjakih, kjer ima voda prosti stik z atmosfero, drugi so bili odvzeti v vrtinah, kar pomeni, da so bili vzorci od nje ločeni.



## **8.2. Primerjava fizikalnih in kemijskih parametrov med Mislinjo in talno vodo vodonosnika ob Mislinji**

Za številne slovenske reke je značilno progresivno onesnaževanje, kar pomeni, da onesnaževanje narašča po toku navzdol (Radinja, 1979). Slednje opažam tudi pri reki Mislinji. Vsebnost nitratov, nitritov in kloridov je sicer nizka, vendar je trend naraščanja s tokom očiten. Takšen trend lahko pripišem tudi talni vodi. Vsebnosti nitratov se večajo skupaj s tokom Mislinje (vendar trend ni statistično značilen). Tukaj se opazi že prva skupna lastnost. Največ podobnosti med vzorci površinske in talne vode se najde pri trdoti in prevodnosti. Tako vzorci površinske kot vzorci talne vode imajo v zgornjem toku nizko trdoto, ki pa s tokom narašča v obeh »sistemih«. Prav tako je razmerje med kalcijevimi in magnezijevimi solmi v vodi razmeroma stabilno in približno enako tako v Mislinji kot v podtalnici in znaša 7:3 v prid kalcijevim solem. Prevodnost s tokom narašča, kar je posledica tega, da je v vodi raztopljenih vse več snovi. V srednjem delu toka znaša prevodnost okrog 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Pri prevodnosti talne vode je moč zaslediti trend naraščanja s tokom, katerih vrednosti se v srednjem delu toka Mislinje gibljejo med 300 in 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Od povprečja izstopata vzorca P1 in P9 (vrednosti električne prevodnosti okrog 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), kjer predvidevam, da prihaja do točkovnega onesnaženja.

Plut (2007, str. 43) v okolici Ljubljane zaznava manjše vsebnosti onesnaževal v neposredni bližini Save. Razlog za takšno stanje je krajše zadrževanje podzemne vode in s tem povezana manjša možnost, da se vodonosne plasti obogatijo s padavinsko vodo, ki ima večjo vsebnost onesnaževal s površine. Takšne zaključke bi lahko izpostavili tudi v primeru Mislinje in vodonosnika ob Mislinji. Vzorca, ki sta bila od Mislinje oddaljena zgolj nekaj več kot 30 m (P2 in P8), sta bila med manj onesnaženimi vzorci. Imata pa oba vzorca nekoliko višje vrednosti biokemijske potrebe po kisiku, kar bi lahko nakazovalo na vpliv povišane mikrobiološke aktivnosti v površinskih vodah.

Analize kažejo na to, da se sistema po fizikalnih in kemijskih lastnostih razlikujeta. Pri nekaterih parametrih bolj, spet pri drugih so razlike minimalne. Razlog za to so predvsem razlike med sistemoma. Na talno vodo zaradi plitvosti, majhne izdatnosti, majhnih dinamičnih zalog ter počasnega premikanja in obnavljanja močno vplivajo lokalni dejavniki na bližnjem vplivnem območju, medtem ko na površinske vode (v tem primeru na Mislinjo) močno vplivajo trenutne vremenske razmere, strmec, lokalni izpusti v vodo in drugo. Tako sta sistema med seboj težko primerljiva. Kljub vsemu pa so nekateri parametri (kot na primer prevodnost in trdota) po vrednostih med seboj primerljivi.

## **9. SKLEP**

Podtalnica je zaradi lokacije pod površjem očem skrit vodni vir. Zaradi tega je kljub svoji pomembnosti kot vir pitne vode pogosto zapostavljena in slabše raziskana, še posebej na območjih, kjer zaloge vode niso posebej izdatne in niso vir pitne vode za tamkajšnje prebivalce. Takšne narave je tudi vodonosnik ob Mislinji. Gre za vodonosnik manjše izdatnosti, ki je za lokalno prebivalstvo pomemben predvsem za zalivanje, namakanje in pranje, ne pa tudi za vodooskrbo. Zaradi visokega nivoja talne vode je ta lažje dostopna, kar se kaže v mnogih vrtinah in vodnjakih. Čeprav je visok nivo podtalnice z vidika uporabe prednost, pa bližina površja in dobro prepustne krovne plasti omogočajo, da se v podtalnico lahko izpirajo znatne

količine onesnaževal, ki so posledica različnih človeških dejavnosti. Med najpomembnejšimi, ki vplivajo na kakovost podtalnice, so kmetijstvo, industrija, energetika, neurejeno/nezadostno komunalno omrežje in promet. Pomemben dejavnik so tudi divja odlagališča odpadkov.

Na podlagi kemijske analize talne vode, ki sem jo opravila na območju Mislinjske doline, sem ugotovila, da so med najpogostejše prisotnimi onesnaževali nitrati, katerih vir je običajno gnojenje – torej kmetijska dejavnost. Z gotovostjo lahko trdim, da kmetijstvo vpliva na povečano prisotnost nitrata v talni vodi vodonosnika ob Mislinji. Najvišje koncentracije nitrata so bile zasledene v okolici Slovenj Gradca, kjer prihaja do součinkovanja vplivov s strani kmetijstva (predvsem hmeljarstvo) in poselitve (neurejeno komunalno omrežje in divja odlagališča odpadkov). Med pogostejšimi onesnaževali so tudi kloridi, pri katerih je zaznati povečane vrednosti najverjetneje zaradi soljenja cest in točkovnega onesnaženja. Višje vrednosti so bile prav tako zasledene v okolici Slovenj Gradca. Druga onesnaževala so bila v povečanih koncentracijah prisotna manj pogosto in so najverjetneje posledica lokalnih dejavnosti na ožjem vplivnem območju.

Glede na ugotovitve lahko potrdim prvo hipotezo: *»Na lastnosti podzemne vode močno vpliva ploskovno onesnaževanje, še zlasti kmetijsko. Predvidevam, da bodo obremenitve vode z različnimi onesnaževali povišane v okolici območij hmeljarstva in v okolici Slovenj Gradca, kjer je zgostitev prebivalstva največja.«*

Na zavedanje o onesnaženosti podtalnice in izboljšanje njene kakovosti bi zagotovo v večji meri vplival reden monitoring. Povečal bi namreč zanimanje za problematiko ter zavedanje ljudi in predvsem lokalnih oblasti, ki bi lahko vplivali na izboljšanje trenutne situacije. Z rednim monitoringom bi omogočali spremljanje napredka oz. poslabševanja stanja. Žal so takšni postopki povezani s precejšnjimi stroški in glede na karakteristike vodonosnika ob Mislinji, v primerjavi z večjimi vodonosniki, ki se uporabljajo za uživanje, manj prioritetni.

V vodonosniku ob Mislinji je onesnaženje z nitrati najbolj izrazito. Na takšno stanje vpliva predvsem gnojenje z gnojevko in umetnimi gnojili. Z večjim ozaveščanjem ljudi bi lahko posredno omejili vnos hranil v podtalnico. Druga težava so kloridi, pogosto povezani s soljenjem cest, pa tudi z odpadnimi vodami. V kolikor bi raziskavo delala v spomladanskem času, bi v talni vodi verjetno zaznala še več kloridov, ki so se v podtalnico izprali pozimi. Za zmanjšanje onesnaženja s kloridi bi bila najbolj optimalna izbira drugih materialov, kot je na primer kalcijevo magnezijev acetat, ki je biološko razgradljiv in ima zelo malo učinkov na okolje (CMA – Calcium Magnesium Acetate, 2017).

Obstajajo tudi druge metode za izboljšanje kakovosti podtalnice. Naravi najbolj prijazne metode so ekoremediacijske metode, ki lahko vplivajo na podtalnico na tri različne načine; tako da (1) neposredno ščitijo vodno telo pred onesnaženjem, (2) upočasnjujejo hitrost površinskega odtoka in s tem prehajanja onesnaževal v vodno telo ter (3) vplivajo na odstranitev že prisotnih onesnaževal v vodnem telesu (Rajh, 2014).

V okviru zaključne seminarske naloge sem vzorčila tudi reko Mislinjo. Moj namen je bil prepoznati trenutne trende ter primerjati fizikalne in kemijske parametre med talno vodo in reko Mislinjo kot osrednjim vodotokom. Za zadostitev temu namenu sem si zadala naslednjo hipotezo:

*»Vzorčenje in analiza osnovnih fizikalnih in kemijskih parametrov vodotoka Mislinja bosta pokazala trend t.i. progresivnega onesnaženja.«*

To hipotezo lahko potrdim, saj so vzorci očitno nakazovali na večje onesnaženje v spodnjem toku Mislinje. Najbolj izrazit trend se je pokazal pri nitratih, nitritih in kloridih. Na to s

povečevanjem po toku navzdol posredno nakazuje tudi specifična električna prevodnost. Zagotovo bi bilo smiselno preučitev metodološko izboljšati z odvzemom več kot zgolj treh vzorcev iz srednjega in spodnjega toka Mislinje.

Primerjava fizikalnih in kemijskih lastnosti podzemne in površinske vode je pokazala, da vrednosti posameznih parametrov med enimi in drugimi niso nujno neposredno primerljive. Podobnosti so se na primer pokazale pri trdoti in prevodnosti, vrednosti preostalih parametrov pa se precej razlikujejo. Pri podzemnih vodah na vrednosti merjenih parametrov v veliki meri vplivajo lokacija, hitrost premikanja in obnavljanja, izdatnost vodonosnika, globina vodonosnika, dinamičnih zalog ipd. Vrednosti meritev podzemne vode so zaradi počasnejšega premikanja v času praviloma bolj stalne (v primerjavi z vrednostmi izmerjenimi v površinskih vodah), medtem ko so vrednosti na površinskih vodotokih v veliki meri odvisne od vremenskih razmer, trenutnega pretoka, strmca, najrazličnejših izpustov v vodo idr.

## 10. SUMMARY

Groundwater is a hidden source of water because it is located below the surface. Due to this fact, it is neglected in many ways. Especially in areas where water supply is limited and groundwater is not a source of drinking water. The Mislinja aquifer is like that. It is an aquifer of small expense which is important especially for watering, irrigation and washing. Because of its low depth, it is easily accessible. This results in many wells, open wells and bores. Although the low depth of groundwater is an advantage in terms of use, the proximity of the surface and the well-permeable roof layer allow the release of significant quantities of pollutants into it. Pollutants are the consequence of many human activities of which agriculture, industry and sewage are the most important.

Based on the chemical analysis of the ground water that I performed in the Mislinja valley, I found that nitrates are among the most commonly occurring pollutants. The sources of nitrates are usually fertilizers, as a consequence of agricultural activity. With certainty, I can assert that agriculture affects the increased presence of nitrates in the Mislinja aquifer. The highest concentrations of nitrates were found in the surroundings of Slovenj Gradec, where the effects of agriculture and settlement (unregulated communal network and wild landfills) are combined. One of the more frequent pollutants are also chlorides. Increased values are most likely due to de-icing of roads and point pollution. Higher values were also found in the surroundings of Slovenj Gradec. Other pollutants were less frequent and are most likely the result of local activities in the narrower impact area.

In the framework of the final seminar, I also sampled the river Mislinja. My intention was to identify the current trends and to compare the physical and chemical parameters between groundwater and the central stream (the Mislinja River). I found out that the river Mislinja is more polluted in its bottom stream. The pollution increases from upper to bottom stream, a trend called progressive pollution.

A comparison of the physical and chemical properties of underground and surface water has shown that the values of individual parameters between one and the other are not necessarily directly comparable. Similarities have been shown at hardness and conductivity, while the values of the remaining parameters vary considerably.

## 11. LITERATURA IN VIRI

1. Ambrožič, Š., Cvitanič, I., Dobnikar Tehovnik, M., Gacin, M., Grbovič, J., Jesenovec, B., Krajnc, M., Mihorko, P., Poje, M., Remec Rekar, Š., Rotar, B., Sodja, E., 2008. Kakovost voda v Sloveniji. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, 71 str.
2. Ammonia in Drinking-water. WHO. 1996. URL: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/ammonia.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/ammonia.pdf) (Citirano 31. 3. 2017).
3. Ammonium. Visocolor eco test kits. Macherey nagel. URL: <http://www.mn-net.com/tabid/10688/default.aspx> (Citirano 27. 3. 2017).
4. Andjelov, M., Kerekeš, G., Krajnc, M., Uhan, J., 2005. Ocena stanja vodnih virov in vodne pravice. V: Roš, M. (ur.). Vodni dnevi 2007. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda, str. 157–174.
5. Arhiv meritev. Meteo. Agencija Republike Slovenije za Okolje. 2017. URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf;> (Citirano 18. 3. 2017).
6. Lotrič Certificiranje. BPK 5 - Biološka potreba po kisiku. URL: <http://lotric-certificiranje.si/laboratoriji/laboratorij-za-varstvo-okolja/bpk5-bioloska-potreba-po-kisiku/> (Citirano 22. 3. 2017).
7. Brilly, M., Šraj, M., 2005. Osnove hidrologije. 1. izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 308 str.
8. Brenčič, M., 2004. Monitoring vplivov odlagališč odpadkov na podzemne vode. Geologija, 47, 1, str. 63–76. URL: <https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUK Ewi04MfL5YrTAhVBhQKHSy0DWEQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.dlib.si%2Fstream%2FURN%3ANBN%3ASI%3ADOC-G3PJ4K5T%2F7fa8ffb8-ef6a-4405-b3f1-b678973ec2f5%2FPDF&usq=AFOjCNGFOLdb2igO-H1S5qZBfGIlJo6Yuxg&sig2=W9D48Zbcuji28ZMiQKWuRg&bvm=bv.151426398,d.d24> (Citirano 4. 4. 2017).
9. Brnot, M., 2000. Odvisnost kakovosti podtalnice od njene dinamične izdatnosti in globine. Geografski vestnik, 72, 2, str. 23–31. URL: [http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski\\_vestnik/gv72-2-brnot.pdf](http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_vestnik/gv72-2-brnot.pdf) (Citirano 23. 3. 2017).
10. Calcium Magnesium Acetate. Peters Chemical Company. URL: <http://www.peterschemical.com/calcium-magnesium-acetate/> (Citirano 21. 6. 2017).
11. Cvitanič, I., Dobnikar Tehovnik, M., Gacin, M., Grbovič, J., Jesenovec, B., Kozak-Legiša, Š., Krajnc, M., Kuhar, U., Mihorko, P., Poje, M., Remec-Rekar, Š., Rotar, B., Sever, M., Sodja, M., 2010. Ocena ekološkega in kemijskega stanja voda v Sloveniji za obdobje 2006 do 2008. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje, 74 str. URL: <http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20voda/Ocena%20stanja%20voda%2020062008.pdf> (Citirano 22. 3. 2017).
12. Določanje kisika. Laboratorijski arhiv. 2017 (interni vir, 28. 3. 2017). Ljubljana.
13. Fetter, C. W., 1999. Contaminant hydrogeology. 2<sup>nd</sup>. New Jersey, Prentice Hall, 500 str.
14. Frantar, P., Hrvatin, M., 2005. Pretočni režimi v Sloveniji med letoma 1971 in 2000. Geografski vestnik, 77, 2, str. 115–127. URL: [http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski\\_vestnik/gv77-2-frantarhrvatin.pdf](http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_vestnik/gv77-2-frantarhrvatin.pdf) (Citirano 26. 6. 2017).

15. Gacin, M., Mihorko, P., 2012. Ocena kemijskega stanja podzemnih voda v Sloveniji v letu 2011. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje, 73 str. URL: [http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Poro%C4%8Dilo\\_kemija\\_podzemne\\_10\\_10\\_2011.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Poro%C4%8Dilo_kemija_podzemne_10_10_2011.pdf) (Citirano 16. 3. 2017).
16. Gacin, M., Mihorko, P., 2016. Ocena kemijskega stanja podzemne vode v Sloveniji v letu 2015. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, 44 str. URL: [http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Porocilo\\_podzemne\\_2015\\_objava\\_splet\\_13.02.2017\\_sken.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Porocilo_podzemne_2015_objava_splet_13.02.2017_sken.pdf) (Citirano 16. 3. 2017).
17. Gacin, M., Mihorko, P., Krajnc, M., 2009. Poročilo o kakovosti podzemne vode v Sloveniji v letih 2007 in 2008. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, 234 str. URL: <http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/podzemne0708.html> (Citirano 16. 3. 2017).
18. Gale, T., Pintar, M., Mikoš, M., 1999. Vpliv spiranja nitratov s hmeljišč na kvaliteto podtalnice. V: 10. Mišičev vodarski dan 1999. Maribor, Vodnogospodarski biro, str. 25–31. URL: <http://mvd20.com/LETO1999/R6.pdf> (Citirano 4. 9. 2017).
19. Geografski terminološki slovar. 2005. Kladnik, D., Lovrenčak, F., Orožen Adamič, M. (ur.). Ljubljana, Založba ZRC, ZRC SAZU, 451 str.
20. Globevnik, L., Mucik, P., Povž, M., Snoj, L., Pušnik, M., Simoneti, M., 2014a. Razvoj vodnih virov porečja Mislinje. V: 25. Mišičev vodarski dan 2014. Maribor, Vodnogospodarski biro, str. 162–171. URL: <http://mvd20.com/LETO2014/R25.pdf> (Citirano 4. 9. 2017).
21. Globevnik, L., Mucik, P., Povž, M., Snoj, L., Pušnik, M., Simoneti, M., 2014b. Strokovne osnove za razvoj vodnih virov na porečju reke Mislinje. URL: <http://www.slovenjgradec.si/media/uploads/files/Strokovne%20osnove%20za%20program%20razvoja%20vodnih%20virov%20pore%C4%8Dja%20reke%20Mislinje.pdf> (Citirano 16. 3. 2017).
22. Gorišek, L., Mišič, D., Burja, D., Žagar, J., Mihalič, S., Rejic, J., 1978. Vodnogospodarske osnove Slovenije. Ljubljana, Zveza vodnih skupnosti Slovenije. URL: <http://www.evon.si/vodnaknjigacontent.aspx> (Citirano 24. 3. 2017).
23. Grafični podatki RABA za celo Slovenijo. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2017. URL: <http://rkg.gov.si/GERK/> (Citirano 10. 4. 2017).
24. Groundwater Information Sheet – The Impact of Industrial Activity. British Geological Survey. 2008. URL: <http://www.wateraid.org/~media/Publications/impact-industrial-activity-groundwater-quality.pdf> (Citirano 11. 4. 2017).
25. Industrijska cona Otiški Vrh. Spletna stran Občine Dravograd. URL: <https://www.dravograd.si/o-ob%C4%8Dini/infotocka/v-prostoru/4245-industrijska-cona-otiski-vrh> (Citirano 26. 3. 2017).
26. Jain, S. K., Sharma, V., 2011. Contamination of Ground Water by Sewage. URL: [http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Contamination\\_of\\_GroundWater\\_by\\_Sewage.pdf](http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Contamination_of_GroundWater_by_Sewage.pdf) (Citirano 10. 4. 2017).
27. Jamnik, B., Janža, M., Smrekar, A., Breg Valjavec, M., Cerar, S., Cosma, C., Hribernik, K., Krivec, M., Meglič, P., Pestotnik, S., Piepenbrink, M., Podboj, M., Polajnar Horvat, K., Prestor, J., Schüth, C., Šinigoj, J., Šram, D., Urbanc, J., Žibret, G., 2014. Skrb za pitno vodo. Ljubljana, Založba ZRC, 251 str.
28. Jamnik, I., 2017. Bivša odlagališča v Mislinjski dolini (osebni vir, 27. 3. 2017). Slovenj Gradec.



29. Kladnik, D., 1996. Naravnogeografske členitve Slovenije. Geografski vestnik, 68, str. 123 – 159. URL: [http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski\\_vestnik/Pred1999/GV\\_6801\\_123\\_160.pdf](http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_vestnik/Pred1999/GV_6801_123_160.pdf) (Citirano 2. 9. 2017).
30. Kladnik, D., Rejec Brancelj, I., Smrekar, A., 2002. Integralna obremenjenost prodnih ravnin Slovenije. Dela, 18, str. 635–648. URL: <http://revije.ff.uni-lj.si/Dela/article/view/1388/1192> (Citirano 16. 3. 2017).
31. Kohn, J., Iwanyshyn, M., Miedema L., Olson, B., Kalischuk, A., 2016. Shallow groundwater quality at a beef feedlot in southern Alberta. Canadian biosystems engineering, 58, str. 111–119. URL: <http://www.csbe-scgab.ca/docs/journal/58/C16295.pdf> (Citirano 30. 3. 2017).
32. Kumar, M., Puri, A., 2012. A review of permissible limits of drinking water. Indian Journal of Occupational & Environmental Medicine, 16, 1, str. 40–44. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3482709/> (Citirano 2. 4. 2017).
33. Kušar, S., 2000. Geografske značilnosti odlagališč odpadkov na Ljubljanskem polju. Diplomsko delo. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 71 str.
34. Kušar, S., 2001. Metodologija ocenjevanja pokrajinskega vpliva neurejenih odlagališč odpadkov na kakovost podtalnice v prodnih sedimentih. Geografski vestnik, 73, 1, str. 61–71. URL: <http://zgds.zrc-sazu.si/gv73-1-kusar.pdf> (Citirano 27. 3. 2017).
35. Leksikon Cankarjeve založbe – geografija. 1982. 2. izdaja. Krušič, M. (ur.). Ljubljana, Cankarjeva založba, 272 str.
36. Mesečne statistike. Arhivski hidrološki podatki. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2017. URL: [http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski\\_arhiv.html](http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html) (Citirano 10. 4. 2017).
37. Mestna občina Slovenj Gradec. Prostorski informacijski sistem. PISO. 2017. URL: [http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=SLOVENJ\\_GRADEC](http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=SLOVENJ_GRADEC) (Citirano 10. 4. 2017).
38. Mikulič, Z., 1992. Hidrološki vidiki varovanja kakovosti podtalnic na Slovenskem. Ujma, 6, str. 133–140. URL: [http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/1992/133\\_139.pdf](http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/1992/133_139.pdf) (Citirano 15. 4. 2017).
39. Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M., 2002. Hidrološko izrazoslovje. Acta hydrotehnica, 20, 32, str. 3–325. URL: [ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a32\\_1.pdf](ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a32_1.pdf) (Citirano 25. 3. 2017).
40. Mioč, P., 1978. Osnovna geološka karta SFRJ. Tolmač za list Slovenj Gradec. 1978. Beograd, Zvezni geološki zavod, 74 str.
41. Narsimha, A., Anitha, N., Sudarshan, V., Manjulatha, 2013. Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking purposes in Gunthakal Area, Ananthapur District, Andhra Pradesh, India. Advances in Applied Science Research, 4, 2, str. 70–76. URL: <http://www.amedpub.com/articles/evaluation-of-groundwater-quality-and-its-suitability-for-drinking-purposes-ingunthakal-area-ananthapur-district-andhra-pradesh-in.pdf> (Citirano 30. 3. 2017).
42. Nitrate and nitrite in drinking-water. WHO. 2011. URL: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf) (Citirano 1. 4. 2017).
43. Občina Dravograd. Prostorski informacijski sistem. PISO. 2017. URL: <http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=DRAVOGRAD> (Citirano 10. 4. 2017).
44. Občina Mislinja. Prostorski informacijski sistem. PISO. 2017. URL: <http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=MISLINJA> (Citirano 10. 4. 2017).

45. Obreza, M., 2016. Nihanje temperature podtalne vode s temperaturo reke Mislinje (osebni vir, 22. 10. 2016). Mislinjska Dobrava.
46. Ocena kemijskega stanja vodotokov za obdobje 2009–2013. ARSO. 2017. URL: [http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Kemijsko%20stanje%20za%20splet\\_NUV2\\_vodotoki.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Kemijsko%20stanje%20za%20splet_NUV2_vodotoki.pdf) (Citirano 16. 3. 2017).
47. Odvajanje odpadnih in padavinskih voda. Komunala Slovenj Gradec. URL: <http://www.komusg.si/odpadne-vode/odvajanje-odpadnih-in-padavinskih-voda> (Citirano 11. 4. 2017).
48. Ogrin, D., 1996. Podnebni tipi v Sloveniji. Geografski vestnik, 68, str. 39–56. URL: [http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski\\_vestnik/Pred1999/GV\\_6801\\_039\\_056.pdf](http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_vestnik/Pred1999/GV_6801_039_056.pdf) (Citirano 25. 3. 2017).
49. Opisi indikatorskih parametrov, ki jih najdemo v pitni vodi. Nacionalni Inštitut za Javno Zdravje. 2014. URL: [http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/datoteke/indikatorski\\_parametri\\_0.pdf](http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/datoteke/indikatorski_parametri_0.pdf) (Citirano 18. 3. 2017).
50. Opisi kemijskih parametrov, ki jih najdemo v pitni vodi. Nacionalni Inštitut za Javno Zdravje. 2014. URL: [http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/datoteke/kemijski\\_parametri.pdf](http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/datoteke/kemijski_parametri.pdf) (Citirano 18. 3. 2017).
51. Oram, B., Water Quality Terms GLOSSARY. URL: <http://www.water-research.net/index.php/glossary> (Citirano 11. 4. 2017).
52. Osnovna geološka karta SFRJ. List Slovenj Gradec. 1976. 1:100.000. Beograd, Zvezni geološki zavod.
53. Plut, D., 2000. Geografija vodnih virov. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 281 str.
54. Plut, D., 2007. Ljubljana in izzivi sonaravnega razvoja. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 183 str.
55. Podatkovna zbirka Hidrolog. ARSO. 2017. (Citirano 28. 3. 2017).
56. Podatkovni portal SI-STAT. Statistični urad republike Slovenije. 2011. URL: <http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/statfile2.asp> (Citirano 24. 3. 2017).
57. Podatkovni portal SI-STAT. Statistični urad republike Slovenije. 2017. URL: <http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/statfile2.asp> (Citirano 24. 3. 2017).
58. Podzemne vode. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2017. URL: <http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/> (Citirano 8. 8. 2017).
59. Portal e-Tla. Kmetijski inštitut Slovenije. 2017. URL: [http://kis.si/KIS-WebGIS/#config=eTLA\\_JAVNI.xml&map\\_x=490227&map\\_y=105153.9&map\\_sc=914285](http://kis.si/KIS-WebGIS/#config=eTLA_JAVNI.xml&map_x=490227&map_y=105153.9&map_sc=914285) (Citirano 10. 4. 2017).
60. Povprečne mesečne vrednosti evapotranspiracije v obdobju 1971–2000. Meteo. ARSO. 2017. URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/period/etp/> (Citirano 18. 3. 2017).
61. Poslovna cona Ozare Slovenj Gradec. Finance. 2013. URL: <http://novice.najdi.si/predogled/novica/5f605cb27a79c3002460b5fd270b0bda/Finance-si/Gospodarstvo/Poslovna-cona-Ozare-Slovenj-Gradec> (Citirano 26. 3. 2017).
62. Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09 in 74/15. Pravno-informacijski sistem. 2015. URL: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3713#> (Citirano 17. 3. 2017).
63. Prometne obremenitve. Direkcija Republike Slovenije za Infrastrukturo. 2015. URL: [http://www.di.gov.si/si/delovna\\_podrocja\\_in\\_podatki/ceste\\_in\\_promet/podatki\\_o\\_prometu/](http://www.di.gov.si/si/delovna_podrocja_in_podatki/ceste_in_promet/podatki_o_prometu/) (Citirano 16. 3. 2017).
64. Radinja, D., 1979. Onesnaženost slovenskih rek in njene pokrajinske značilnosti. Geografski vestnik, 51, str. 3–18. URL: [http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski\\_vestnik/Pred1999/GV\\_51\\_003\\_018.pdf](http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_vestnik/Pred1999/GV_51_003_018.pdf)

- [sazu.si/Portals/8/Geografski\\_vestnik/Pred1999/GV\\_5101\\_003\\_018.pdf](http://sazu.si/Portals/8/Geografski_vestnik/Pred1999/GV_5101_003_018.pdf) (Citirano 1. 4. 2017).
65. Rajh, J., 2014. Pregled in ocena možnosti zaščite podtalnih virov pitne vode s pomočjo ekoremediacij. Diplomsko delo. Velenje, Visoka šola za varstvo okolja, 36 str.
  66. Register divjih odlagališč. Ekologi brez meja. 2017. URL: <http://register.ocistimo.si/RegisterDivjihOdlagalisc/> (Citirano 11. 4. 2017).
  67. Rejec Brancelj, I., Smrekar, A., Kladnik, D., Andjelov, M., Auersperger, P., Bat, M., Bračič, Železnik, B., Brancelj, A., Čenčur Curk, B., Frantar, P., Fridl, J., Jamnik, B., Janža, M., Kmecl, V., Krajnc, M., Kus, J., Mikulič, Z., Mori, N., Petek, F., Pintar, M., Prestor, J., Savič, V., Simončič, A., Sušin, J., Uhan, J., Urbanc, J., Žnidaršič-Pongrac, V., 2005. Podtalnica Ljubljanskega polja. Ljubljana, Založba ZRC, 123 str.
  68. Repe, B., 2010. Prepoznavanje osnovnih prsti slovenske klasifikacije. Dela, 34, str. 143–166. URL: <http://revije.ff.uni-lj.si/Dela/article/view/dela.34.8.143-166/1496> (Citirano 26. 3. 2017).
  69. Rose, S., Long, A., 1988. Monitoring Dissolved Oxygen in Ground water: Some Basic Considerations. Groundwater Monitoring & Remediation, 8,1, str. 94–97. URL: <https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUK-Ewj76tvUicjVAhWFthQKHa-vCgAQFgg8MAM&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffile.PostFileLoader.html%3Fid%3D55e700405f7f7111298b45bf%26assetKey%3DAS%253A273844449808422%25401442301012389&usg=AFQjCNFPYfty6x1QBZCKPPTtYpFDS9oCsQ> (Citirano 8. 8. 2017).
  70. Savič, V., 2017. Elaborati o podzemni vodi na območju vodonosnika ob Mislinji (osebni vir, 4. 8. 2017). Ljubljana.
  71. Slavič, M., 2017. Kanalizacijsko omrežje v občini Dravograd (osebni vir, 10. 4. 2017). Dravograd.
  72. Strojan, I., 2016. Hidrologija. Naše okolje – bilten Agencije RS za okolje, 23, 10, str. 46–61. URL: <http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%20C5%BEnica/mese%20C4%8Dni%20bilten/NASE%20OKOLJE%20-%20Oktober%202016.pdf> (Citirano 4. 4. 2017).
  73. Sulphate in Drinking-water. WHO. 2004. URL: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/sulfate.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/sulfate.pdf) (Citirano 1. 4. 2017).
  74. Šmartno pri Slovenj Gradcu. Klimatološka povprečja 1981–2010 (homogenizirane vrednosti). Meteo. ARSO. 2017. URL: [http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by\\_location/smartno-pri-slovenj-gradcu/climate-normals\\_81-10\\_Smartno-pri-Slovenj-Gradcu.pdf](http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/smartno-pri-slovenj-gradcu/climate-normals_81-10_Smartno-pri-Slovenj-Gradcu.pdf) (Citirano 4. 7. 2017).
  75. Šmartno pri Slovenj Gradcu. Klimatološka povprečja 1971–2000 (homogenizirane vrednosti). Meteo. ARSO. 2017. URL: [http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by\\_location/smartno-pri-slovenj-gradcu/climate-normals\\_71-00\\_smartno-pri-slovenj-gradcu.pdf](http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/smartno-pri-slovenj-gradcu/climate-normals_71-00_smartno-pri-slovenj-gradcu.pdf) (Citirano 4. 7. 2017).
  76. Špes, M., Cigale, D., Lampič, B., Natek, K., Plut, D., Smrekar, A., 2002. Študija ranljivosti okolja (metodologija in aplikacija). Geographica Slovenica 35, 1-2, 150 str.
  77. Trdota vode. Laboratorijski arhiv. 2017 (interni vir, 28. 3. 2017). Ljubljana
  78. Uhan, J., Kranjc, M., 2003. Podzemne vode. V: Uhan, J., Bat, M. (ur.). Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, str. 55–67.

79. Uredba o stanju podzemnih voda. Uradni list RS 25/09, 68/12 in 66/16. Pravno-informacijski sistem. 2016. URL: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5121> (Citirano 10. 4. 2017).
80. Visocolor eco chloride. Macherey nagel. URL: <http://www.mn-net.com/tabid/4788/default.aspx> (Citirano 27. 3. 2017).
81. Visocolor eco. Macherey nagel. URL: <http://www.mn-net.com/StartpageWaterAnalysisTesting/VISOCOLOR/VisocolorECO/tabid/4648/language/en-US/Default.aspx> (Citirano 27. 3. 2017).
82. Visocolor eco nitrate. Macherey nagel. URL: <http://www.mn-net.com/tabid/4800/default.aspx> (Citirano 27. 3. 2017).
83. Visocolor eco nitrite. Macherey nagel. URL: <http://www.mn-net.com/tabid/4801/default.aspx> (Citirano 27. 3. 2017).
84. Visocolor eco phosphate. Macherey nagel. 2017. URL: <http://www.mn-net.com/tabid/4803/default.aspx> (Citirano 27. 3. 2017).
85. Visocolor eco sulphate. Macherey nagel. URL: <http://www.mn-net.com/tabid/4954/Default.aspx> (Citirano 27. 3. 2017).
86. Welch, H. L., Kingsbury, J. A., Coupe, R. H., 2010. Occurrence of phosphorus in groundwater and surface water of northwestern Mississippi. 2010 Mississippi Water Resources Conference, str. 142–155. URL: <http://www.wrri.msstate.edu/pdf/welch10.pdf> (Citirano 11. 4. 2017).
87. Winter, T. C., Harvey, J. W., Franke, O. L., Alley, W. M., 1998. Groundwater and surface water a single resource: U.S. Geological Survey Circular. Denver, US Government printing office, 79 str.

## 12. SEZNAM SLIK IN PREGLEDNIC

### **Preglednice:**

|                                                                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Preglednica 1: Primeri uporabe izbranih onesnaževal po Fetter, 1999 .....</i>                                                    | <i>6</i>  |
| <i>Preglednica 2: Trdota vode in njena kvalitativna oznaka .....</i>                                                                | <i>13</i> |
| <i>Preglednica 3: Parametri za določanje stanja podzemnih voda .....</i>                                                            | <i>14</i> |
| <i>Preglednica 4: Izbrani parametri in mejne vrednosti po Pravilniku o pitni vodi .....</i>                                         | <i>15</i> |
| <i>Preglednica 5: Število prebivalcev in gostota poselitve po občinah v Mislinjski dolini (na dan 1. 7. 2016) .....</i>             | <i>57</i> |
| <i>Preglednica 6: Raba tal v porečju Mislinje in na območju vodonosnika ob Mislinji v letu 2016 .....</i>                           | <i>58</i> |
| <i>Preglednica 7: Kazalniki za kmetijstvo v občinah Dravograd, Mislinja in Slovenj Gradec .....</i>                                 | <i>58</i> |
| <i>Preglednica 8: Gostota cestnega javnega omrežja .....</i>                                                                        | <i>59</i> |
| <i>Preglednica 9: Razdalja od površja do gladine talne vode .....</i>                                                               | <i>65</i> |
| <i>Preglednica 10: Globina vodnjaka/vrtine .....</i>                                                                                | <i>65</i> |
| <i>Preglednica 11: Izbrani parametri – vonj, barva, motnost, okus .....</i>                                                         | <i>66</i> |
| <i>Preglednica 12: Izbrani parametri - temperatura, pH, nasičenost, BPK .....</i>                                                   | <i>75</i> |
| <i>Preglednica 13: Izbrani parametri – nitrati, nitriti, amonij, kloridi, fosfati, sulfati .....</i>                                | <i>82</i> |
| <i>Preglednica 14: Izbrani parametri – karbonatna trdota, skupna trdota, kalcijeva trdota, magnezijeva trdota, prevodnost .....</i> | <i>87</i> |

### **Slike:**

|                                                                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Slika 1: Tip vodonosnikov v Sloveniji .....</i>                                                                                      | <i>4</i>  |
| <i>Slika 2: Soodvisnost podtalnice in površinskih voda – napajanje podtalnice iz površinskih voda .....</i>                             | <i>4</i>  |
| <i>Slika 3: Soodvisnost podtalnice in površinskih voda – napajanje vodotoka iz talne vode .....</i>                                     | <i>5</i>  |
| <i>Slika 4: Delitev onesnaževalcev glede na aktivnost, obseg vnosa onesnaženja in dejavnost (sestava registra onesnaževalcev) .....</i> | <i>6</i>  |
| <i>Slika 5: Porečje Mislinje z vodonosnikom ob Mislinji in upravljavskimi občinami .....</i>                                            | <i>16</i> |
| <i>Slika 6: Povprečni srednji mesečni pretok na vodomerni postaji Dovže I (1970–2013). .....</i>                                        | <i>18</i> |
| <i>Slika 7: Povprečni srednji mesečni pretok na vodomerni postaji Otiški vrh I (1973–2014). .....</i>                                   | <i>18</i> |
| <i>Slika 8: Razdelitev Mislinje na zgornji, srednji in spodnji tok .....</i>                                                            | <i>19</i> |
| <i>Slika 9: Geološka zgradba porečja Mislinje .....</i>                                                                                 | <i>21</i> |
| <i>Slika 10: Prsti na območju vodonosnika ob Mislinji .....</i>                                                                         | <i>22</i> |

|                                                                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Slika 11: Povprečne mesečne temperature in povprečna višina padavin na meteorološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu (1981–2010).....</i> | <i>23</i> |
| <i>Slika 12: Povprečna mesečna evapotranspiracija na meteorološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu (1971–2000) .....</i>                     | <i>24</i> |
| <i>Slika 13: Ocena napajanja s padavinami na klimatološki postaji Šmartno pri Slovenj Gradcu (1971–2000).....</i>                              | <i>24</i> |
| <i>Slika 14: Hidrogeološka karta - Vzhodne Alpe. ....</i>                                                                                      | <i>26</i> |
| <i>Slika 15: Merjenje vsebnosti kisika na terenu .....</i>                                                                                     | <i>27</i> |
| <i>Slika 16: pH meter, oksimeter ter indikatorji Visocolor eco .....</i>                                                                       | <i>28</i> |
| <i>Slika 17: Shema delovanja indikatorjev .....</i>                                                                                            | <i>28</i> |
| <i>Slika 18: Določevanje vsebnosti fosfatov v vodi .....</i>                                                                                   | <i>30</i> |
| <i>Slika 19: Določevanje trdote .....</i>                                                                                                      | <i>31</i> |
| <i>Slika 20: Povprečne dnevne temperature in količina padavin v mesecu oktobru 2016 .....</i>                                                  | <i>32</i> |
| <i>Slika 21: Izbrane lokacije .....</i>                                                                                                        | <i>34</i> |
| <i>Slika 22: Raba tal v radiju 50 m od lokacije M1 .....</i>                                                                                   | <i>35</i> |
| <i>Slika 23: Raba tal v radiju 500 m od lokacije M1 .....</i>                                                                                  | <i>35</i> |
| <i>Slika 24: Lokacija M1 .....</i>                                                                                                             | <i>36</i> |
| <i>Slika 25: Raba tal v radiju 50 m od lokacije M2 .....</i>                                                                                   | <i>36</i> |
| <i>Slika 26: Raba tal v radiju 500 m od lokacije M2 .....</i>                                                                                  | <i>37</i> |
| <i>Slika 27: Lokacija M2 .....</i>                                                                                                             | <i>37</i> |
| <i>Slika 28: Raba tal v radiju 50 m od lokacije M3 .....</i>                                                                                   | <i>38</i> |
| <i>Slika 29: Raba tal v radiju 500 m od lokacije M3 .....</i>                                                                                  | <i>38</i> |
| <i>Slika 30: Lokacija M3 .....</i>                                                                                                             | <i>39</i> |
| <i>Slika 31: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P1 .....</i>                                                                                   | <i>40</i> |
| <i>Slika 32: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P1 .....</i>                                                                                  | <i>40</i> |
| <i>Slika 33: Lokacija P1 .....</i>                                                                                                             | <i>41</i> |
| <i>Slika 34: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P2 .....</i>                                                                                   | <i>42</i> |
| <i>Slika 35: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P2 .....</i>                                                                                  | <i>42</i> |
| <i>Slika 36: Lokacija P2 .....</i>                                                                                                             | <i>43</i> |
| <i>Slika 37: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P3 .....</i>                                                                                   | <i>44</i> |
| <i>Slika 38: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P3 .....</i>                                                                                  | <i>44</i> |
| <i>Slika 39: Lokacija P3 .....</i>                                                                                                             | <i>45</i> |



|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Slika 40: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P4.....</i>                | <i>46</i> |
| <i>Slika 41: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P4.....</i>               | <i>46</i> |
| <i>Slika 42: Lokacija P4 .....</i>                                         | <i>47</i> |
| <i>Slika 43: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P5.....</i>                | <i>48</i> |
| <i>Slika 44: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P5.....</i>               | <i>48</i> |
| <i>Slika 45: Lokacija P5 .....</i>                                         | <i>49</i> |
| <i>Slika 46: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P6.....</i>                | <i>50</i> |
| <i>Slika 47: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P6.....</i>               | <i>50</i> |
| <i>Slika 48: Lokacija P6 .....</i>                                         | <i>51</i> |
| <i>Slika 49: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P7.....</i>                | <i>52</i> |
| <i>Slika 50: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P7.....</i>               | <i>52</i> |
| <i>Slika 51: Lokacija P7 .....</i>                                         | <i>53</i> |
| <i>Slika 52: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P8.....</i>                | <i>54</i> |
| <i>Slika 53: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P8.....</i>               | <i>54</i> |
| <i>Slika 54: Raba tal v radiju 50 m od lokacije P9.....</i>                | <i>55</i> |
| <i>Slika 55: Raba tal v radiju 500 m od lokacije P9.....</i>               | <i>56</i> |
| <i>Slika 56: Lokacija P9 .....</i>                                         | <i>56</i> |
| <i>Slika 57: Vpliv divjega odlagališča na okolje .....</i>                 | <i>61</i> |
| <i>Slika 58: Divja odlagališča v porečju Mislinje .....</i>                | <i>62</i> |
| <i>Slika 59: Kanalizacijsko omrežje občine Dravograd .....</i>             | <i>63</i> |
| <i>Slika 60: Kanalizacijsko omrežje Mestne občine Slovenj Gradec .....</i> | <i>63</i> |
| <i>Slika 61: Kanalizacijsko omrežje občine Mislinja .....</i>              | <i>64</i> |
| <i>Slika 62: Temperatura talne vode .....</i>                              | <i>67</i> |
| <i>Slika 63: Temperatura vodotoka Mislinja .....</i>                       | <i>67</i> |
| <i>Slika 64: Temperatura.....</i>                                          | <i>68</i> |
| <i>Slika 65: pH talne vode .....</i>                                       | <i>69</i> |
| <i>Slika 66: pH vodotoka Mislinja.....</i>                                 | <i>69</i> |
| <i>Slika 67: pH.....</i>                                                   | <i>70</i> |
| <i>Slika 68: Nasičenost s kisikom v talni vodi .....</i>                   | <i>71</i> |
| <i>Slika 69: Nasičenost s kisikom v vodotoku Mislinja.....</i>             | <i>71</i> |
| <i>Slika 70: Nasičenost s kisikom .....</i>                                | <i>72</i> |

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Slika 71: Biokemijska potreba po kisiku v talni vodi.....</i>        | <i>73</i> |
| <i>Slika 72: Biokemijska potreba po kisiku v vodotoku Mislinja.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Slika 73: Biokemijska potreba po kisiku .....</i>                    | <i>74</i> |
| <i>Slika 74: Nitrati v talni vodi .....</i>                             | <i>76</i> |
| <i>Slika 75: Nitrati v vodotoku Mislinja .....</i>                      | <i>76</i> |
| <i>Slika 76: Nitrati .....</i>                                          | <i>77</i> |
| <i>Slika 77: Nitriti v talni vodi .....</i>                             | <i>77</i> |
| <i>Slika 78: Nitriti v vodotoku Mislinja .....</i>                      | <i>78</i> |
| <i>Slika 79: Nitriti.....</i>                                           | <i>78</i> |
| <i>Slika 80: Amonij v talni vodi .....</i>                              | <i>79</i> |
| <i>Slika 81: Kloridi v talni vodi .....</i>                             | <i>79</i> |
| <i>Slika 82: Kloridi v vodotoku Mislinja .....</i>                      | <i>80</i> |
| <i>Slika 83: Kloridi .....</i>                                          | <i>80</i> |
| <i>Slika 84: Fosfati v talni vodi .....</i>                             | <i>81</i> |
| <i>Slika 85: Fosfati .....</i>                                          | <i>81</i> |
| <i>Slika 86: Trdota vode .....</i>                                      | <i>83</i> |
| <i>Slika 87: Trdota vode (vzorci podtalnice) .....</i>                  | <i>83</i> |
| <i>Slika 88: Trdota vode (vzorci vodotoka Mislinja) .....</i>           | <i>84</i> |
| <i>Slika 89: Prevodnost talne vode .....</i>                            | <i>85</i> |
| <i>Slika 90: Prevodnost vodotoka Mislinja.....</i>                      | <i>85</i> |
| <i>Slika 91: Prevodnost .....</i>                                       | <i>86</i> |

### 13. PRILOGE

#### *Priloga 1: Popisni list*

|                                                                         |                             |                        |                      |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| Identifikacijska številka                                               | Popisovalec                 | Datum odvzema vzorca   | Datum analize vzorca |
| Koordinata X (Gauss Kruger)                                             | Koordinata Y (Gauss Kruger) | Št. vodnega dovoljenja | Nadmorska višina     |
| Kategorija - tip                                                        |                             |                        |                      |
| Tip vodonosnika                                                         |                             |                        |                      |
| napajanje                                                               |                             |                        |                      |
| Globina vodnjaka                                                        |                             |                        |                      |
| Razdalja med površjem do gladine vode                                   |                             |                        |                      |
| Oddaljenost od Mislinje                                                 |                             |                        |                      |
| Rednost uporabe                                                         |                             |                        |                      |
| Uporaba danes                                                           |                             |                        |                      |
| Uporaba nekoč                                                           |                             |                        |                      |
| Raba tal v neposredni okolici (radij 50 m) (deleži + prevladujoča raba) |                             |                        |                      |
| Raba tal v širši okolici (radij 500 m) (deleži + prevladujoča raba)     |                             |                        |                      |
| Pedološka sestava                                                       |                             |                        |                      |

|                                                                     |  |
|---------------------------------------------------------------------|--|
| Plasti (profili)<br>je bila v profilu, ki ste<br>ga izkopali glina? |  |
| Globina prsti                                                       |  |
| Litološka sestava                                                   |  |
| Vplivi na ožjem<br>vplivnem območju<br>(radij 50 m)                 |  |
| Vplivi na širšem<br>vplivnem območju<br>(radij 500 m)               |  |
| vonj                                                                |  |
| okus                                                                |  |
| Okoliščine popisa<br>Vreme<br>relief<br>ostalo                      |  |
| Opombe                                                              |  |
| Nitrati                                                             |  |
| Nitriti                                                             |  |
| Amonijak                                                            |  |
| pH                                                                  |  |
| Kloridi                                                             |  |
| Fosfati                                                             |  |
| Sulfati                                                             |  |

|                    |  |
|--------------------|--|
| Karbonatna trdota  |  |
| Skupna trdota      |  |
| Kalcijeva trdota   |  |
| Magnezijeva trdota |  |
| Kisik              |  |
| BPK                |  |
| prevodnost         |  |

### **Izjava o avtorstvu**

Izjavljam, da je zaključna seminarska naloga v celoti moje avtorsko delo ter da so uporabljeni viri in literatura navedeni v skladu z mednarodnimi standardi in veljavno zakonodajo.

Ljubljana, 3. september 2017

Jana Breznik