Hidrogeološke i hidrokemijske značajke varaždinskog vodonosnog sustava

Rončević, Mia

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:405766

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO – GEOLOŠKO – NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

HIDROGEOLOŠKE I HIDROKEMIJSKE ZNAČAJKE VARAŽDINSKOG VODONOSNOG SUSTAVA

Završni rad

Mia Rončević

GI2132

Zagreb 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Završni rad
Rudarsko – geološko – naftni fakultet

HIDROGEOLOŠKE I HIDROKEMIJSKE ZNAČAJKE VARAŽDINSKOG VODONOSNOG SUSTAVA

Mia Rončević

Završni rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Osnovni cilj završnoga rada je definiranje geoloških, hidrogeoloških i hidrokemijskih značajki varaždinskog vodonosnog sustava te ocjena ugroženosti podzemnih voda od potencijalnih izvora onečišćenja. Ocjena ugroženosti provedena je temeljem koncentracija kemijskih i fizikalno-kemijskih parametara u odnosu na granične vrijednosti kao i u odnosu na maksimalne dozvoljene koncentracije (MDK), utvrđene *Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17) . Analizom kemijskih parametara: nitrata, klorida, sulfata, željeza, mangana i natrija, utvrđena je kakvoća podzemne vode u priljevnim područjima tri vodocrpilišta Bartolovec, Varaždin, Vinokovščak za razdoblje od 2007. do 2017. godine.

Ključne riječi: varaždinski vodonosni sustav, podzemna voda, granična vrijednost, MDK vrijednost, Bartolovec, Varaždin, Vinokovščak

Završni rad sadrži: 25 stranica, 7 slika, 6 tablica

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Prof. dr. sc. Zoran Nakić

Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Zoran Nakić

Prof. dr. sc. Marta Mileusnić

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

Datum obrane: 22. rujna 2020.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

2. GEOLOŠKE ZNAČAJKE NA ŠIREM VARAŽDINSKOM PODRUČJU 3

3. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE VARAŽDINSKOG VODONOSNOG SUSTAVA 5

4. ZAKONSKA OSNOVA ZA OCJENU KAKVOĆE PODZEMNE VODE 8

5. ANALIZA KAKVOĆE PODZEMNE VODE VARAŽDINSKOG VODONOSNOG SUSTAVA 12

5.1. Rezultati dosadašnjih istraživanja 12

5.2. Izvori onečišćenja na širem području grada Varaždina 14

5.3. Kemijski, indikatorski i mikrobiološki pokazatelji kakvoće podzemne vode 15

5.4. Ocjena ugroženosti kakvoće podzemne vode 19

6. ZAKLJUČAK 22

7. LITERATURA 24

7.1. Objavljeni radovi 24

7.2. Studije, elaborati 24

7.3. Zakonski propisi 25

7.4. Mrežne stranice 25

POPIS SLIKA:

Slika 2-1. Karta ekvipotencijala (na dana 01.01.2004.) i položaj zdenaca (Bačani i Posavec, 2013) 3
Slika 3-1. 3D model varaždinskog vodonosnog sustava u presjeku zapad-istok (Bačani i Posavec, 2008.) 5
Slika 3-2. Hidrogeološke značajke grupiranoga vodnog tijela Varaždin (Nakić et al., 2016) 6
Slika 3-3. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Varaždin (Nakić et al.,2016) 7
slika 4-1. Provedba klasifikacijskih testova za ocjenu kemijskog stanja (CIS vodič br. 18, 2009.) (Nakić et al., 2018) 8
slika 4-2. Koraci provedbe testa Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora (Nakić et al., 2016) 10
slika 4-3. Koraci izvedbe Testa opće kakvoće (Nakić et al., 2016) 11

POPIS TABLICA:

Tablica 5-1. Klasifikacija mikrobioloških parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17)..... 16
Tablica 5-2. Klasifikacija kemijskih parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17)..... 17
Tablica 5-3 Klasifikacija indikatorskih parametara prema Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17)..... 18
Tablica 5-4. Statistički pokazatelji stanja podzemne vode u priljevnom području vodocrpilišta Bartolovec..... 19
Tablica 5-5. Statistički pokazatelji stanja podzemne vode u priljevnom području vodocrpilišta Varaždin..... 20
Tablica 5-6. Statistički pokazatelji stanja podzemne vode u priljevnom području vodocrpilišta Vinokovščak 21

1. UVOD

Područje istraživanja ovoga rada je varaždinski vodonosni sustav koji je smješten u sjeverozapadnoj Hrvatskoj uz rijeku Dravu. Zbog vrlo važnog zemljopisnog položaja grad Varaždin se naziva i „sjeverozapadnim vratima Hrvatske". Na užem području grada Varaždina obitava približno trideset i osam tisuća stanovnika, a zajedno s gradskim naseljima Varaždin ima približno četrdeset i sedam tisuća stanovnika. Zbog značajnog broja stanovnika potrebno je osigurati znatne količine pitke vode. Godine 1958. započinje izgradnja vodoopskrbnog sustava za potrebe grada Varaždina, da bi se zadovoljile potrebe grada,a voda se crpi s tri vodocrpilišta: Varaždin, Bartolovec i Vinokovščak. Na ta tri vodocrpilišta se crpi oko 700 l/s pitke vode za potrebe vodoopskrbe. (Novoselec, 2011)

Uzvodno od ušća rijeke Drave i Mure rasprostire se varaždinska ravnica gdje su se istaložile naslage šljunka i pijeska debljine preko 100 metara te je formiran vodonosnik važan za lokalnu i regionalnu vodoopskrbu (Nakić et al., 2016).

Varaždinski vodonosnik smješten je u krajnjem zapadnom rubu Dravske doline, na sjeveru je omeđen brežuljcima gornjeg Međimurja, na zapadu državnom granicom s Republikom Slovenijom i Viničkim gorjem dok je na jugu omeđen sjevernim obroncima Varaždinsko-topličkog gorja i Kalnika (Kovač, 2016).

Vodocrpilište „Varaždin“ izgrađeno je 1958. godine te je najstarije vodocrpilište na području grada Varaždina. Do 2002. godine bilo je glavno vodocrpilište za potrebe grada Varaždina i okolice s ukupnim kapacitetom crpljenja 750 l/s, no danas je rezervno vodocrpilište.

Vodocrpilište „Bartolovec“ izgrađeno je 1972. godine. Do danas je preuzelo ulogu glavnog vodocrpilišta za grad Varaždin, zbog pojave nitrata u vodi koja se zahvaća s vodocrpilišta „Varaždin“. Obuhvaća 9 zdenaca, dok istovremeno najčešće radi 5 zdenaca. Ovo vodocrpilište ima kapacitet crpljenja 600 l/s.

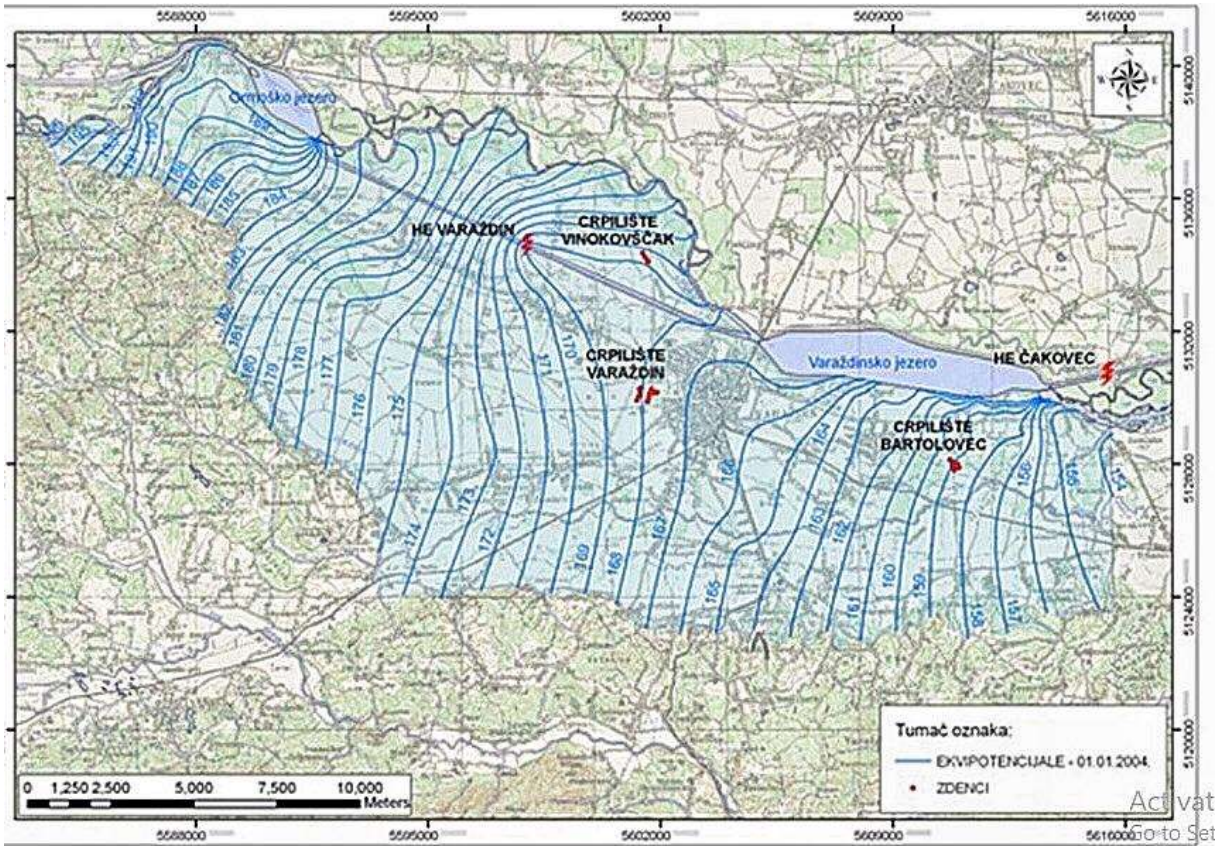
Gradnja vodocrpilišta „Vinkovščak“ odvijala se od 1996. do 2002. godine, te su u tom periodu izgrađena tri zdenca s kapacitetom crpljenja od 150 l/s. Istovremeno rade jedan ili dva zdenca (Sokol, 2017).

Cilj ovog rada je definiranje geoloških, hidrogeoloških i hidrokemijskih značajki varaždinskog vodonosnog sustava te ocjena ugroženosti kakvoće podzemnih voda od potencijalnih izvora onečišćenja na širem području grada Varaždina, temeljem standarda kakvoće podzemnih voda i graničnih vrijednosti koncentracija tvari te kemijskih, fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja kakvoće podzemne vode prema *Pravilniku o*

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

2. GEOLOŠKE ZNAČAJKE NA ŠIREM VARAŽDINSKOM PODRUČJU

Varaždinski vodonosnik smješten je u zapadnom dijelu Varaždinske depresije. Omeđen je na istoku granicom Kalnik-Legradski prag, na zapadu granica je antiklinala Ravne gore i Ormoški prag, na sjeveru granicu čini Ormoški rasjed te na jugu rubni rasjed Murske depresije (slika 2-1) (Novoselec, 2011).



Slika 2-1. Karta ekvipotencijala (na dana 01.01.2004.) i položaj zdenaca (Bačani i Posavec, 2013)

U varaždinskom bazenu u vrijeme kvartara, osobito gornjeg dijela kvartara, taloženi su uglavnom šljunci krupnih valutica s različitim udjelom pijeska, a debljina im prelazi 100 metara (Nakić et al.,2016).

U južnom dijelu prigorja na površini se nalaze najstarije naslage (mezozojsko-trijaski pješčenjaci, šejlovi, lapori, vapnenci, dolomiti i dolomitne breče). Taloženje u razdoblju kvartara odvija se u močvarnoj sredini uz konstantan donos fluvijalnog materijala (Urumović et al., 1990; Lisičak, 2018).

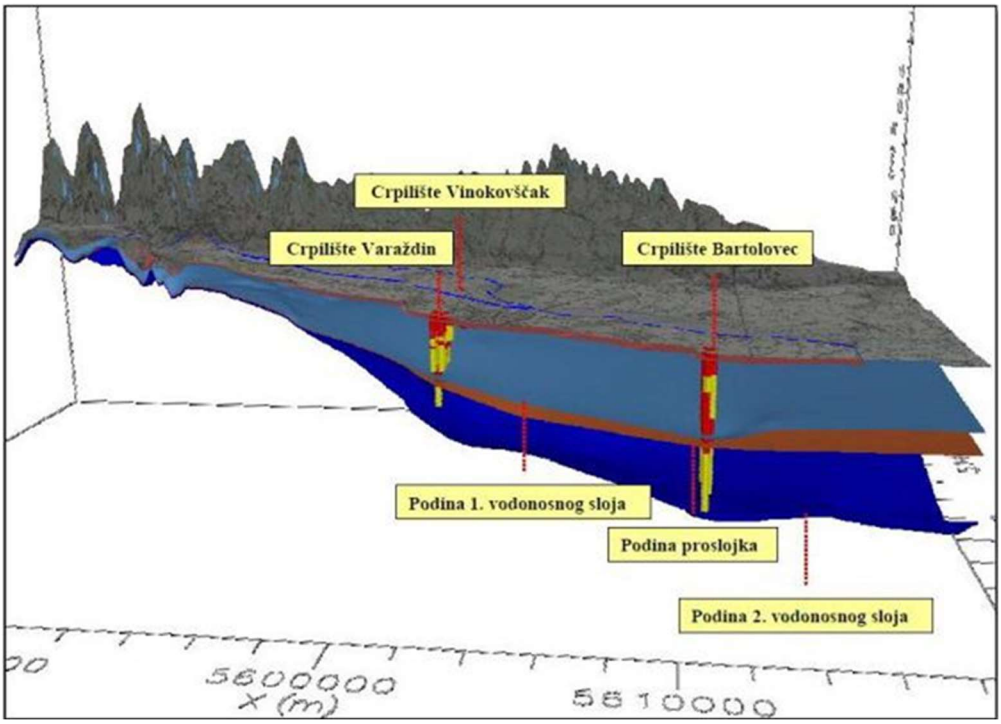
Pijesci i šljunci srednje i gornjopleistocenske te holocenske starosti izgrađuju Varaždinski vodonosnik. Debljina vodonosnika raste od zapada prema istoku, a vodonosnik je izdužen približno usporedno glavnom toku rijeke Drave. Sitnije frakcije, kao što su glina, prah i prahoviti pijesak, rijetko se nalaze u ovim šljunčanim naslagama, uglavnom u obliku tankih leća i proslojaka (Nakić et al., 2016).

Proslojci sitnijih frakcija dijele varaždinski vodonosni sustav na gornji i donji vodonosnik. Na lokaciji crpilišta Varaždin proslojak se nalazi na dubini od oko 40 metra, na lokaciji crpilišta Bartolovec nalazi se na približno 52 metra dubine, a na lokaciji crpilišta Vinokovščak nalazi se na 25 metara dubine (Bačani i Posavec, 2013; Lisičak, 2018).

Taloženje prahovitog pijeska, praha i gline obilježava završetak ciklusa sedimentacije. Ove naslage čine krovinu vodonosnika, a debljina krovine je uglavnom manja od 0,5 metara. Pokrovne naslage na crpilištu Bartolovec imaju debljinu od 0,3 do 2 metra, područje crpilišta Varaždin ima pokrovne naslage debljine od 0 do 1,6 metra, dok su na području Vinokovščak debljine od 0 do 2 metra. Moguće je da mjestimično nedostaju krovinske naslage pa se u tom slučaju pojavljuju valutice šljunka. Pokrovne naslage nisu veće od 5 metara, no rubni jugoistočni dijelovi predstavljaju iznimku budući da su pokrovne naslage debljine i preko 10 metara (Bačani i Posavec, 2013; Lisičak, 2018).

3. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE VARAŽDINSKOG VODONOSNOG SUSTAVA

Varaždinski vodonosnik je glinovitim slojem podijeljen na dva vodonosna sloja, a sastavljen je od šljunka i pijeska, čija debljina prelazi 100 metara (Slika 3-1). Gornji vodonosnik je otvorenog tipa, a prosječna hidraulička vodljivost mu je od 85 do 340 m/dan. On zaliježe do dubine od 27 metara kod vodocrpilišta Vinokovščak, zapadno od vodocrpilišta zaliježe do 20 metara dubine, dok jugoistočno zaliježe i preko 32 metra. Kod vodocrpilišta Varaždin ovaj sloj doseže do 42 metra dubine, a kod Bartolovca do 52 metra dubine (Nakić et al., 2018; Buškulić, 2019).



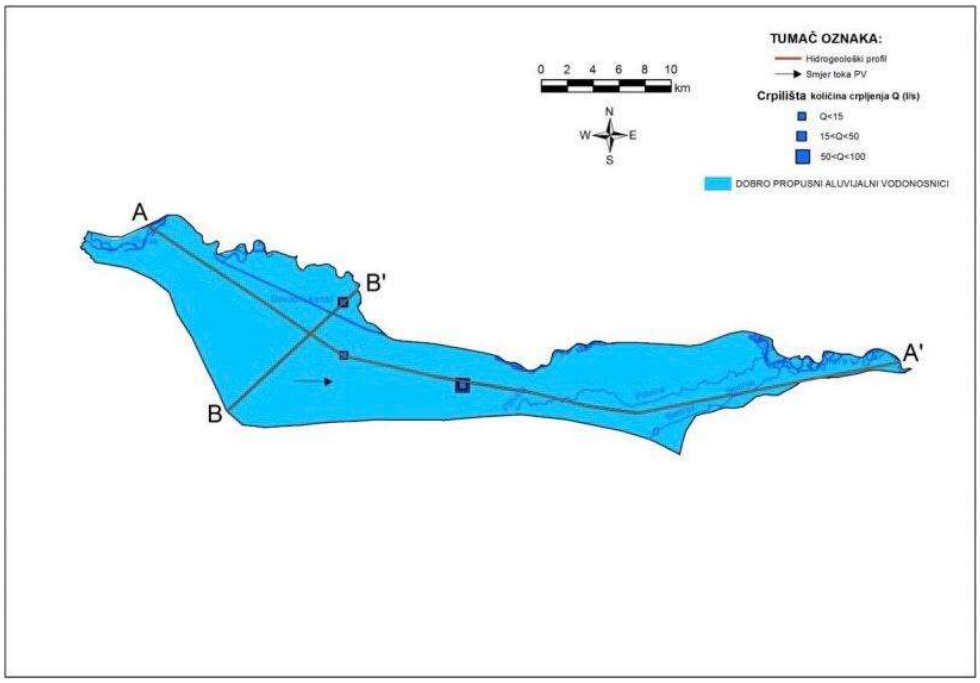
Slika 3-1. 3D model varaždinskog vodonosnog sustava u presjeku zapad-istok (Bačani i Posavec, 2008)

Donji vodonosnik je poluzatvorenog tipa s hidrauličkom vodljivosti do 85 m/dan te se pretežito sastoji od pjeskovitog materijala. Donji vodonosnik na području Bartolovca nalazi se na dubini od 55 do preko 100 metara, na vodocrpilištu Varaždin na dubini od 46 do 64 metra, a na vodocrpilištu Vinokovščak od 22 do mjestimično 50 metara dubine. (Nakić et al., 2018; Buškulić, 2019).

Hidraulička se vodljivost smanjuje, dok se debljina povećava od zapada prema istoku. Veći dio promatranog područja karakterizira odsutnost pokrovnih naslaga, budući da je

vodonosnik većim dijelom otvorenog tipa, a podzemne vode se obnavljaju infiltriranjem oborina. Kako izravan kontakt s vodonosnikom ima rijeka Drava, ona u prirodnim uvjetima drenira podzemne vode (Nakić et al., 2018; Buškulić, 2019).

Na slici 3-2. vidljiv je smjer kretanja toka od zapada prema istoku.

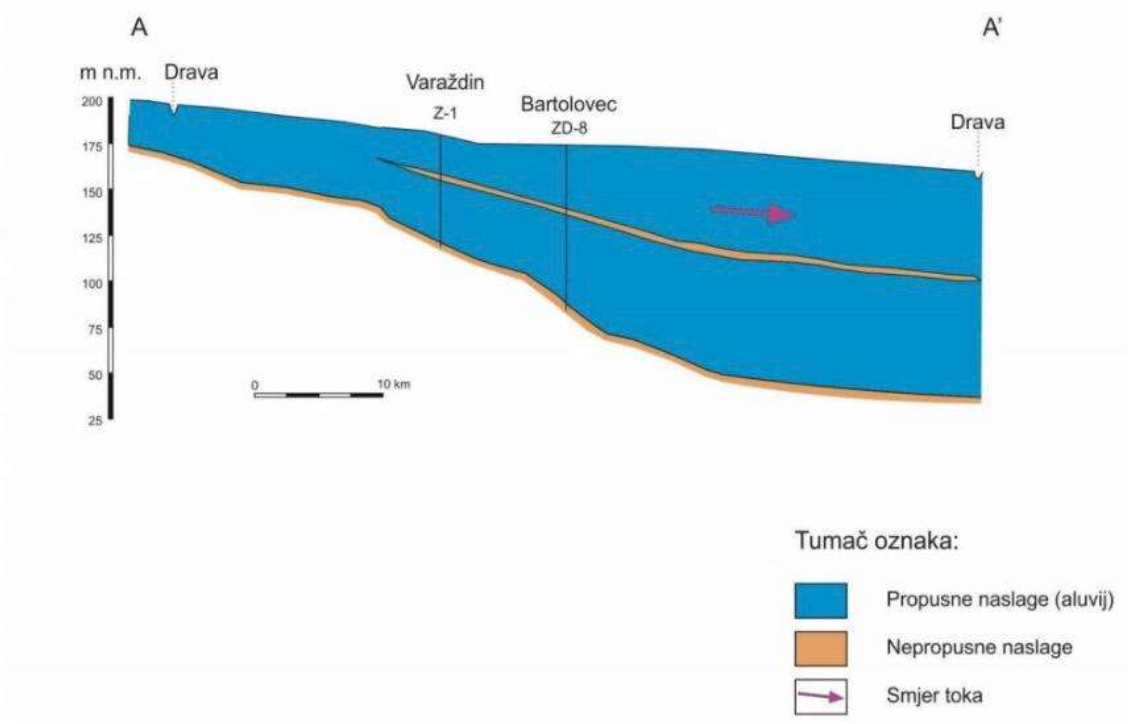


Slika 3-2. Hidrogeološke značajke grupiranoga vodnog tijela Varaždin (Nakić et al., 2016)

Slabo propusni sloj sastavljen je od praha, gline i prahovitog pijeska (Slika 3-3). Međusloj se nalazi na dubini od oko 20 metara kraj Svibovca, dok u smjeru istoka razmjerno tone, pa je na području Varaždina na 42 do 52 metara dubine. Debljina tog međusloja je oko 5 metara, a uklinjava na području Petrijanaca (Hlevnjak et al., 2015; Lisičak, 2018).

Pomoću edometra određena je hidraulička vodljivost na uzorcima prikupljenim iz bušotina u blizini hidroelektrana Čakovec i Dubrava te iznosi 10^{-4} do 10^{-6} m/dan (Bačani i Posavec, 2013; Lisičak, 2018).

Podina vodonosnog sloja sastavljena je od lapora, gline i praha (Bačani i Posavec, 2013; Lisičak, 2018).

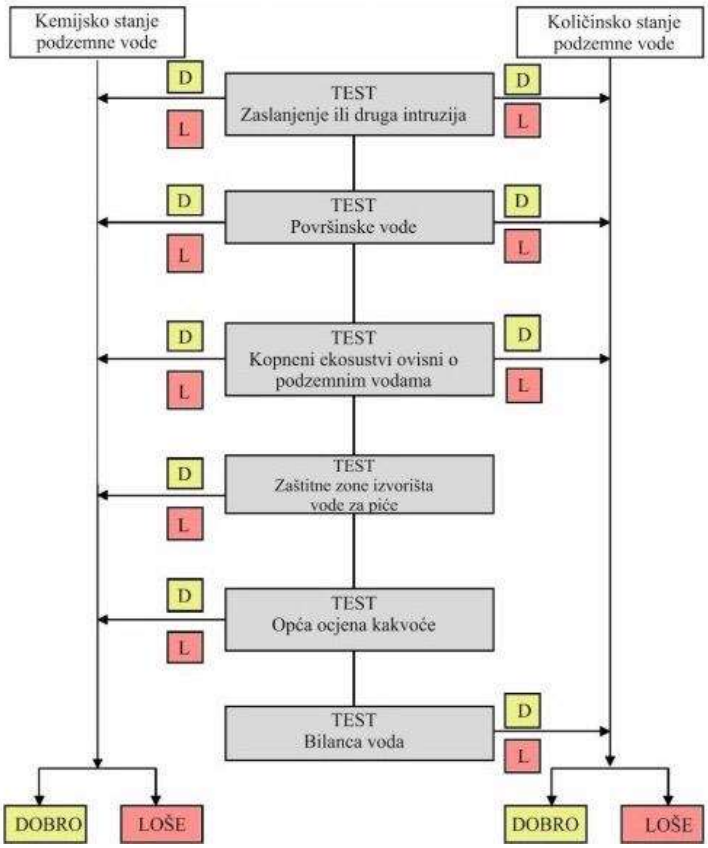


Slika 3-3. Uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Varaždin (Nakić et al.,2016)

4. ZAKONSKA OSNOVA ZA OCJENU KAKVOĆE PODZEMNE VODE

Prema uvjetima iz *Okvirne direktive o vodama (*ODV, 2000/60/EZ) te *Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće* (Direktiva o podzemnim vodama, DPV, 2006/118/EZ; 2014/80/EZ) kemijsko stanje podzemnih voda se ocjenjuje kao dobro ili kao loše.

Ocjenjivanje kemijskog stanja obavlja se pomoću klasifikacijskih testova sukladno pristupu iz *CIS vodiča broj 18 (*engl. Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment, 2009) (Slika 4-1.).



slika 4-1. Provedba klasifikacijskih testova za ocjenu kemijskog stanja (CIS vodič br. 18, 2009) (Nakić et al., 2018)

Od svih rezultata klasifikacijskih testova, najlošiji će se usvojiti za ukupno ocjenjivanje kemijskog stanja tijela podzemne vode.

*Direktiva o podzemnim vodama i Uredba o standardu kakvoće voda (*NN 73/13, 151/14, 78/15, 61/16, 80/18) koriste se za ocjenu kemijskog stanja tijela (grupe tijela) podzemnih voda. Također su važni parametri propisani *Uredbom o standardu kakvoće voda* te ih je nužno uzeti u obzir prilikom ocjene kemijskog stanja, međutim za te parametre nisu definirani standardi kakvoće podzemne vode. U njih se ubrajaju: sulfati, arsen, olovo, kadmij, kloridi, živa, nitriti, amonij, električna vodljivost, ukupni fosfor odnosno fosfati te zbroj trikloretana i tetrakloretana. Za sve parametre kojima nisu definirani standardi kakvoće voda, utvrđuju se granične vrijednosti koncentracija. (Nakić et al., 2016).

Pored parametara koji su određeni *Uredbom o standardu kakvoće voda*, za procjenu kemijskog stanja upotrebljavaju se i druge karakteristične onečišćujuće tvari, koje pridonose riziku podzemnih voda od nepostizanja ciljeva određenih *Direktivom o podzemnim vodama* i *Okvirnom direktivom o vodama.* Svi parametri koji pridonose riziku od nepostizanja dobrog stanja zovu se „kritični“ parametri (Nakić et al., 2016).

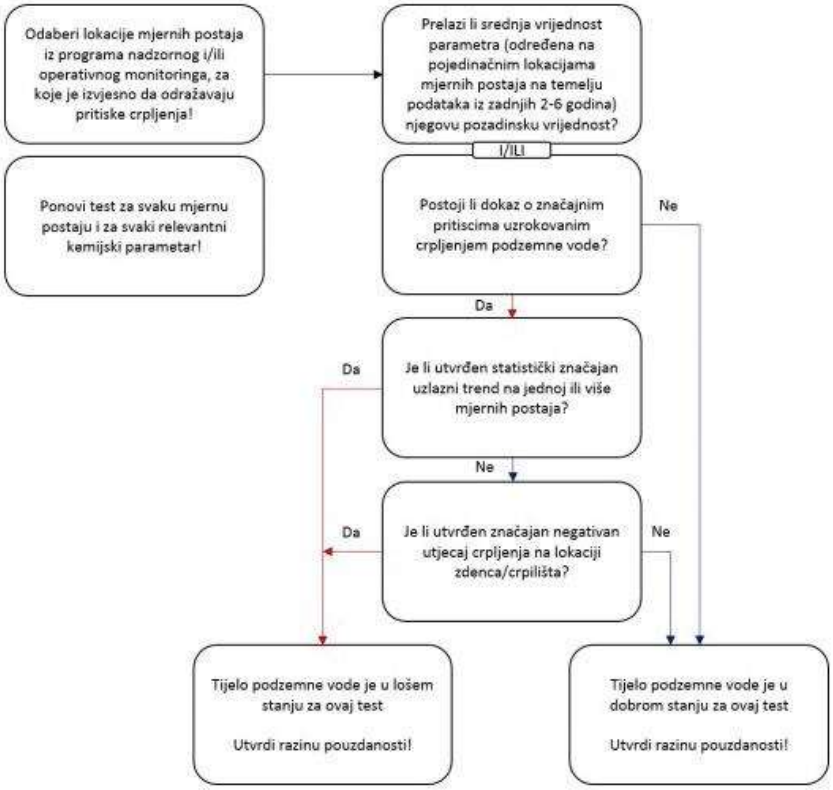
Procjena kemijskog stanja izvodi se u dva koraka. Prvo je potrebno utvrditi hoće li aritmetička sredina „kritičnih“ parametara prijeći granične vrijednosti koncentracija ili standarde kakvoće podzemne vode. Ukoliko ne prelaze niti jedan od ova dva faktora niti na jednoj postaji mjerenja, tada se donosi zaključak da je tijelo podzemne vode u dobrom kemijskom stanju. Zahvaljujući tomu ne moraju se provoditi klasifikacijski testovi za (tijela/grupe tijela) podzemne vode. Međutim, ako aritmetička sredina koncentracija premašuje jedan ili više standarda kakvoće podzemnih voda ili graničnu vrijednost parametara na jednoj odnosno više mjernih postaja, tada se, prema *Direktivi za podzemne vode* i CIS vodiču br. 18., provode testovi za procjenu kemijskog stanja, kako bi se odredilo utječe li prekoračenje jednog ili drugog faktora na loše stanje (tijela/grupe tijela) podzemne vode (Nakić et al., 2016).

Ocjena kemijskog stanja iskazuje se s obzirom na kvalitetu te raspoloživost podataka, a prikazuje se s visokom ili niskom pouzdanosti.

Određivanje graničnih vrijednosti svih tijela podzemne vode vrši se zbog provedbe testa *Ocjena opće kakvoće*. U slučaju vodocrpilišta koje služi za javnu vodoopskrbu unutar tijela podzemne vode definiraju se granične vrijednosti na mjerenim postajama za provedbu klasifikacijskih testova *Zaštićena područja za pitke vode* (engl. Drinking Water Protected Areas, DWPA test) te *Prodor slane vode ili drugih prodora* (Nakić et al., 2016).

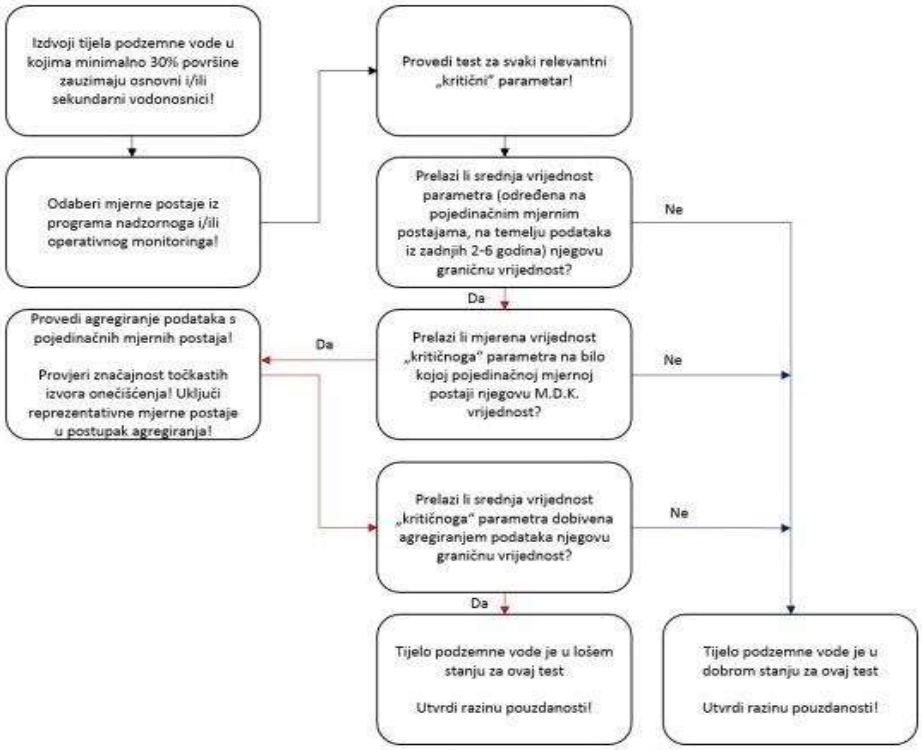
Kemijsko stanje podzemne vode može se ocijeniti i provedbom testa *Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora* (Slika 4-2.). Tijelo podzemne vode je u lošem stanju ako aritmetička sredina električne vodljivosti te drugih važnih parametara (pokazatelji prodora)

premašuje graničnu vrijednost te ako neki od parametara pokazuju trend rasta koncentracija na određenim postajama mjerenja (Nakić et al., 2016).



slika 4-2. Koraci provedbe testa Prodor slane vode ili drugih (prirodnih) prodora (Nakić et al., 2016)

Kemijsko stanje tijela (grupe tijela) podzemne vode može se procijeniti i testom *Ocjena opće kakvoće,* pomoću kojeg se nastoji utvrditi kolika je površina tijela ili grupe tijela gdje srednja vrijednost kritičnog parametra premašuje graničnu vrijednost (Slika 4-3.) (Nakić et al., 2016).



slika 4-3. Koraci izvedbe Testa opće kakvoće (Nakić et al., 2016)

Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analiza, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17), koji je usvojen temeljem *Zakona o vodi za ljudsku potrošnju* (NN 56/13) vrši se nadzor kakvoće sirove vode na vodocrpilištima. Sirova se voda mora prvo obraditi ili dezinficirati prije same distribucije potrošačima. Cilj monitoringa sirove vode je procijeniti kakvoću sirove vode te otkriti koje postupke je potrebno provesti da bi voda bila zdravstveno ispravna za piće. Ako je na izvorištu prisutno onečišćenje, monitoring pridonosi razumijevanju onečišćenja te promjenjivosti kakvoće vode. Zapravo je monitoring sirove vode nadopuna monitoringu kakvoće podzemne vode.

Osnovni cilj monitoringa kakvoće sirove vode je osigurati zdravstveno ispravnu vodu za piće (Nakić et al., 2018).

5. ANALIZA KAKVOĆE PODZEMNE VODE VARAŽDINSKOG VODONOSNOG SUSTAVA

Analiza kakvoće podzemne vode varaždinskog vodonosnika započeta je 1970-tih godina. U početcima, pokazatelji monitoringa nisu ukazivali na pogoršanje prirodnih uvjeta u Varaždinskom vodonosniku (Brkić et al., 2012).

Na kakvoću podzemnih voda Varaždinske županije najštetniji utjecaj imaju:

- odvodnja otpadnih voda u naselju (otpadne vode iz domaćinstva, industrija te obrtničkih radnji);
- odvodnja otpadnih voda s farmi;
- odlaganje otpada s farmi osobito s peradarskih farmi (izmet);
- neumjereno tretiranje obradivih površina (mineralnim gnojivima, pesticidima);
- protuzakonito odlaganje opasnog otpada (baterije, lijekovi, ulje, lakovi…);

Još jedan faktor koji nepovoljno utječe na kakvoću podzemnih voda su sve prometnice na kojima može doći do nesreća tijekom transporta opasnih tvari, te onečišćenja podzemnih voda.

5.1. Rezultati dosadašnjih istraživanja

Nitrati iz mineralnih gnojiva na obradivim površinama predstavljaju glavnog uzročnika lošeg stanja kakvoće podzemne vode. To je najviše zabilježeno na vodocrpilištu Varaždin gdje koncentracija nitrata izmjerena 1973. godine doseže tek 4,4 mg/l, samo godinu poslije (1974. godine) ta koncentracija iznosi 22 mg/l, dok dvije godine poslije (1976. godine) ta se brojka udvostručila i iznosi 44 mg/l, što je blizu maksimalno dopuštene koncentracije nitrata u pitkoj vodi. Koncentracija NO_3 svoj vrhunac doseže 1982. godine, kada iznosi 110 mg/l. U narednih pet godina stanje se poboljšalo pa se koncentracija nitrata kretala između 80 i 84 mg/l (Čevizović, 2018).

Na vodocrpilištu Bartolovec prekoračenje koncentracije javlja se krajem 1976. godine, u iznosu 44,3 mg/l. Najviše koncentracije pojavile su se krajem 1982. i u prvoj polovici 1983. godine (Grđan, 1991). Nakon toga slijedi trend pada do 2003. godine, kada su izmjerene koncentracije od približno 20 mg/l. Na crpilištu Vinokovščak koncentracije su niže od maksimalne dopuštene (Čevizović, 2018).

Povećanje nutrijenata u nesaturiranoj zoni uočeno je 2007. godine, posebice u zapadno od vodocrpilišta Varaždin. Također je uočena povišena koncentracija potencijalno toksičnih elemenata (krom, olovo, cink, nikal, arsen) (Marković et al., 2012).

Studijom *Ocjena stanja sirove vode na crpilištima koja se koriste za javnu vodoopskrbu u Republici Hrvatskoj* (Nakić i Dadić, 2015) izneseni su rezultati istraživanja na vodocrpilištima Vinokovščak, Varaždin i Bartolovec u razdoblju od 2009. do 2013. godine.

U razdoblju od 2009. do 2013. godine prikupljeno je 20 uzoraka vode iz vodocrpilišta Vinokovščak. Prikupljeni uzorci pokazuju da je voda Ca-Mg-HCO_3 tipa, rezultati testiranja prikazuju da je jedan uzorak od dvadeset bio mikrobiološki neispravan, dok su ostali uzorci (19) prema kemijskim i mikrobiološkim parametrima bili ispravni. Na vodocrpilištu Varaždin (od 2009. do 2013.) prikupljeno je 20 uzoraka, tip vode je Ca-Mg-HCO_3. Zbog nedopuštene koncentracije nitrata niti jedan uzorak nije bio ispravan, dok je jedan uzorak bio i mikrobiološki neispravan. Na vodocrpilištu Bartolovec (od 2009. do 2013. godine) prikupljen je 41 uzorak vode. Voda je kao i na prethodna dva crpilišta Ca-Mg-HCO_3 tipa. Kemijski i mikrobiološki ispravnih uzoraka na izvorištu Bartolovec bilo je četrdeset, dok je jedan neispravan zbog prisutnosti nikla (Nakić i Dadić, 2015).

Stanje podzemne vode za razdoblje od 2014. do 2017. godine izneseno je u *Izvješću o stanju okoliša Varaždinske županije*. U 2014. i 2015. godini podzemna voda je ispitivana s obzirom na specifične onečišćujuće tvari te aktivne tvari u pesticidima, prema tim parametrima voda je bila u dobrom stanju na svim ispitivanim postajama, no loše stanje je zabilježeno na tri postaje vodocrpilišta Varaždin zbog povišenih koncentracija nitrata. U periodu od 2015. do 2016. godine provedena su istraživanja zbog kojih su izbušena dva nova zdenca na crpilištu Varaždin, no u njima su zabilježene povećane koncentracije nitrata, stoga su neupotrebljivi u vodoopskrbi bez adekvatnog uređaja za denitrifikaciju.

U razdoblju od 2014. do 2017. godine u internom laboratoriju tvrtke Varkom d.d. testirano je 6.195 uzoraka vode iz mreža i vodospreme od čega su dva uzorka bila neispravna (bakterija, mutnoća). Uz ova ispitivanja u laboratoriju tvrtke Varkom d.d. ispituje se i kakvoća podzemne vode iz istraživačkih bušotina.

5.2. Izvori onečišćenja na širem području grada Varaždina

Potencijalni štetni utjecaj na kakvoću vode ili izdašnost izvorišta Bartolovec, Varaždin, Vinokovščak mogu imati 257 registriranih građevina te sadržaja (Bačani i Posavec, 2013).

Prisutnost velikog broja zdenaca (688 zdenaca) koji se upotrebljavaju isključivo za potrebe gospodarstva i/ili poljoprivrede nemaju izraženije štetan utjecaj na izdašnost izvorišta koji se koriste za javnu vodoopskrbu. Budući da se u blizini izvorišta Bartolovec i Vinokovščak koji se većinom koriste za javnu vodoopskrbu, nalazi mali broj zdenaca, dok se puno veći broj zdenaca nalazi u blizini izvorišta Varaždin. Premda se pretpostavlja da zdenci koji se koriste za potrebe poljoprivrede i gospodarstva nemaju izraženiji štetan utjecaj na kakvoću podzemne vode, to se može promijeniti u slučaju da se u njih ispuštaju tvari koje mogu imati izrazito nepovoljan utjecaj na kakvoću podzemne vode (Bačani i Posavec, 2013).

Desetak građevinskih objekata u blizini priljevnog područja vodocrpilišta Bartolovec imaju štetan utjecaj na kakvoću podzemne vode te izdašnost vodocrpilišta. Shodno tomu, zabilježeno je onečišćenje izvorišta Bartolovec tetrakloretenom, koji potječe iz metalne industrije te tvrtki koje se bave obradom kožnih proizvoda. U slučaju da je onečišćenje priljevnog područja, vodocrpilišta Bartolovec te u uzvodnijim dijelovima vodonosnika izraženije može se pretpostaviti onečišćenje vodocrpilišta tetrakloretenom. Onečišćenje tetrakloretenom također se može pretpostaviti u slučaju da pogoni i dalje ugrožavaju kakvoću podzemne vode (Bačani i Posavec, 2013).

Do onečišćenja dolazi zbog brze infiltracije štetnih tvari u podzemne vode kroz tlo, zbog nedovoljno debelih naslaga slabo propusnog materijala. Jedan od najvažnijih izvora onečišćenja podzemnih voda na području Varaždinske županije je upravo intenzivna poljoprivreda, zbog čega tretiranje obradivih površina zaštitnim sredstvima kao i umjetnim gnojivima predstavlja veliku opasnost za kakvoću podzemne vode. Rizik od onečišćenja tla, kao i podzemnih voda predstavlja i izgradnja stočarskih i peradarskih farmi smještenih izvan naselja, bez adekvatne kontrole, a uz ovaj problem usko je vezano i povećanje koncentracija nitrata u gornjem vodonosnom sloju uzrokovano odlaganjem peradarskog i stajskog gnojiva na obradive površine. Kakvoću podzemne vode narušava i odvodnja otpadnih voda koja postaje sve veći problem širenjem naselja, kao i komunalni i industrijski otpad bez adekvatnih odlagališta (Šebina, 2018).

Grad Varaždin ima sanitarnu mrežu uređenu prije nekoliko desetaka godina pa je samim time dotrajala i upitnog stanja. Utjecaj kanalizacije povećava koncentraciju nitrata u vodocrpilištu Varaždin. Također velik utjecaj kanalizacije vidi se i na vodocrpilištu Bartolovec

gdje građevinski (stambeni i industrijski) objekti nisu spojeni na kanalizaciju, već se koriste alternativne metode za odvodnju otpadnih voda. Još jedan faktor koji utječe na kakvoću podzemne vode i povećane koncentracije nitrata je groblje, koje svojom veličinom i blizinom vodocrpilištu narušava kakvoću podzemne vode (Šrajbek, 2011).

5.3. Kemijski, indikatorski i mikrobiološki pokazatelji kakvoće podzemne vode

Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17), propisuju se parametri kojima se ispituje ispravnost; indikatorski parametri (mikrobiološki i kemijski) te određivanje parametara radioaktivnih tvari u vodi namijenjenoj za ljudsku potrošnju. Također ovim pravilnikom propisuje se vrijednost parametara te učestalost prikupljanja uzoraka, kao i monitoring vode zdravstveno ispravne za ljudsku potrošnju te mnogi drugi parametri.

Monitoringom vode za ljudsku potrošnju prikupljaju se osnovni podatci o fizikalnim, mikrobiološkim parametrima te podatci o efikasnosti prerade, osobito dezinfekcije vode za ljudsku potrošnju.

Navedene su tablice (Tablica 5-1., Tablica 5-2., Tablica 5-3.) u kojima su parametri klasificirani na: mikrobiološke pokazatelje, kemijske pokazatelje, indikatorske parametre prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17).

Tablica 5-1. Klasifikacija mikrobioloških parametara prema Pravilniku (NN br. 125/17).

Pokazatelji	**Mjerna jedinica**	**M.D.K.**
Escherichia coli (E. Coli)	broj/100ml	0
Enterokoki	broj/100ml	0
Clostridium perfringens (uključujući spore)	broj/100ml	0
Enterovirusi	broj/100ml	0

Mikrobiološki pokazatelji određuju se ako voda potječe iz površinskih voda, ali i krških izvora. MDK vrijednost pokazatelja u tablici iznosi 0, što znači da ništa od ovih parametara ne smije biti prisutno u vodi.

Tablica 5-2. Klasifikacija kemijskih parametara prema Pravilniku (NN br. 125/17).

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

Tablica 5-3 Klasifikacija indikatorskih parametara prema Pravilniku (NN br. 125/17).

Pokazatelji	**Jedinice**	**M.D.K.**
Aluminij	µg/l	200
Amonij	mg/l	0,5
Barij	µg/l	700
Berilij	µg/l	
Boja	mg/PtCo skale	20
Cink	µg/l	3000
Detergenti anionski	µg/l	200
neionski	µg/l	200
Fenoli (ukupni)	µg/l	
Fosfati	µgP/l	300
Kalcij	mg/l	
Kalij	mg/l	12
Kloridi	mg/l	250
Kobalt	µg/l	
Koncentracija vodikovih iona	pH jedinica	6,5-9,5
Magnezij	mg/l	
Mangan	µg/l	50
Ugljikovodici	µg/l	50
Miris		bez
Mutnoća	NTU	4
Natrij	mg/l	200
Okus		bez
Silikati	mg/l	50
Slobodni rezidualni klor	mg/l	0,5
Srebro	µg/l	10
Sulfati	mg/l	250
TOC	mg/l	Bez značajnih promjena
Ukupna tvrdoća	$CaCO_3$	
Ukupne suspenzije	mg/l	10
Utrošak $KMnO_4$	O2 mg/l	5
Vanadij	V µg/l	5
Vodikov sulfid	mg/l	0,05
Vodljivost	µS/cm /20 °C	2500
Željezo	µg/l	200
Broj kolonija 22°C	Broj/1ml	100
Broj kolonija 36°C	Broj/1ml	100
Ukupni koliformi	Broj/100ml	0
Pseudomonas aeruginosa	Broj/100ml	0

Pokazatelji kojima je MDK vrijednost 0, ne smiju biti prisutni u podzemnoj vodi.

5.4. Ocjena ugroženosti kakvoće podzemne vode

Izabrani parametri korišteni u ovom radu, na temelju kojih se procjenjuje kemijsko stanje podzemne vode na tri vodocrpilišta Bartolovec, Varaždin te Vinokovščak su:

- Kemijski parametri: nitrati, kloridi
- Indikatorski: sulfati, željezo, mangan, natrij

Prikazane su tablice s vrijednostima pojedinih značajki odabranih parametara, koji su uzeti kao reprezentativni pokazatelji kemijskog stanja podzemne vode. Provedena je statistička analiza za vodocrpilišta Bartolovec (obrađeni piezometri: P2-G, P3-G, P3-D) (Tablica 5-4.), Varaždin (obrađeni piezometri: PDS-5, PDS-6, PDS-7) (Tablica 5-5.) te vodocrpilište Vinokovščak (obrađeni piezometri: PV-2, PV-4, PV-6) (Tablica 5-6.).

Statističkom analizom ustanovljeno je prelazi li koncentracija pojedinog parametra MDK vrijednosti te graničnu vrijednost.

Tablica 5-4. Statistički pokazatelji stanja podzemne vode u priljevnom području vodocrpilišta Bartolovec

Parametri	Mjerna jedinica	Ukupan broj analiziranih podataka	Srednja vrijednost (x)	Minimum (min)	Maksimum (max)	Std. Devijacija (S)	MDK	Granična vrijednost
Nitrati	$mgNO_3/l$	113	2,84	0,1	8	1,38	50	28,1
Kloridi	mg/l	113	12,88	2,2	24,5	5,22	250	140,6
Sulfati	mg/l	113	20,06	2,4	63,2	9,69	250	140,6
Željezo	µg/l	95	10,74	0,5	201	22,67	200	112,5
Mangan	µg/l	95	6,28	0,25	121	14,16	50	28,1
Natrij	mg/l	88	4,5	4,3	19	3,8	200	/

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

** Granična vrijednost prema planu upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021

Iz tablice 5-4. vidljivo je da neki reprezentativni parametri kakvoće podzemne vode iz piezometara koji se nalaze u priljevnom području (P2-G, P3-G, P3-D) vodocrpilišta Bartolovec,

čije su koncentracije izmjerene u periodu od 2007. do 2017. godine, nisu u skladu s odredbama iz *Pravilnika Pravilniku o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17). Maksimalne koncentracije željeza su neznatno više od MDK vrijednosti i granične vrijednosti, dok maksimalne koncentracije mangana izraženije prelaze obje referentne vrijednosti. Nagle promjene koncentracija željeza i mangana, pretpostavlja se da se javljaju zbog crpljenja podzemne vode na crpilištu Bartolovec, uslijed čega najvjerojatnije dolazi do otapanja željeznih i manganskih oksida i hidroksida, zbog promjene geokemijskih uvjeta u vodonosnoj sredini. Srednje vrijednosti kritičnih parametara ne prelaze granične vrijednosti.

Tablica 5-5. Statistički pokazatelji stanja podzemne vode u priljevnom području vodocrpilišta Varaždin

Parametri	Mjerna jedinica	Ukupan broj analiziranih podataka	Srednja vrijednost (x)	Minimum (min)	Maksimum (max)	Std. Devijacija (S)	MDK	Granična vrijednost
Nitrati	$mgNO_3/l$	113	18,14	1,72	25,5	4,57	50	28,1
Kloridi	mg/l	113	16,56	5,4	27,9	3,16	250	140,6
Sulfati	mg/l	113	28,82	11,9	50,5	4,3	250	140,6
Željezo	µg/l	91	19,48	0,5	176	32,06	200	112,5
Mangan	µg/l	91	4,72	0,25	126	13,6	50	28,1
Natrij	mg/l	89	6,16	2,06	9,7	1,44	200	/

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

** Granična vrijednost prema planu upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.

Iz tablice 5-5. vidljivo je da neki parametri kakvoće podzemne vode iz piezometara koji se nalaze u priljevnom području (PDS-5, PDS-6, PDS-7) vodocrpilišta Varaždin koji odražavaju stanje podzemne vode u periodu od 2007. do 2016. godine, nisu skladu s odredbama iz *Pravilnika o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17). Maksimalne koncentracije mangana više su od MDK vrijednosti i granične vrijednosti, dok srednje vrijednosti kritičnih parametara ne prelaze referentne vrijednosti. Nagle promjene koncentracija mangana, pretpostavlja se da su posljedica

promjenjivih geokemijskih uvjeta u vodonosnoj sredini, koji se javljaju zbog sezonskih promjena u dinamici tečenja podzemne vode.

Tablica 5-6. Statistički pokazatelji stanja podzemne vode u priljevnom području vodocrpilišta Vinokovščak

Parametri	Mjerna jedinica	Ukupan broj analiziranih podataka	Srednja vrijednost (x)	Minimum (min)	Maksimum (max)	Std. Devijacija (S)	MDK	Granična vrijednost
Nitrati	$mgNO_3/l$	114	1,65	0,1	9,42	1,58	50	28,1
Kloridi	mg/l	114	8,5	5	23,9	3,51	250	140,6
Sulfati	mg/l	114	55,29	7,7	173	47,18	250	140,6
Željezo	µg/l	96	32,49	0,5	811	108,01	200	112,5
Mangan	µg/l	96	141,34	0,25	678	217,09	50	28,1
Natrij	mg/l	99	4,54	2,8	14,5	1,81	200	/

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

** Granična vrijednost prema Planu upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.

Iz tablice 5-6. vidljivo je da neki parametri kakvoće podzemne vode iz piezometara u priljevnom području (PV-2, PV-4, PV-6 vodocrpilišta Vinokovščak, koji odražavaju stanje podzemne vode u periodu od 2007. do 2016., nisu u skladu s odredbama iz *Pravilnika o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17). Maksimalne koncentracije željeza i mangana znatno su više od MDK i granične vrijednosti, a srednja vrijednost koncentracije mangana također je viša od obje referentne vrijednosti. Visoke koncentracije željeza i mangana vjerojatno se javljaju zbog crpljenja podzemne vode na crpilištu Vinokovščak, uslijed čega, pretpostavlja se, dolazi do otapanja željeznih i manganskih oksida i hidroksida, zbog promjene geokemijskih uvjeta u vodonosnoj sredini.

6. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovoga završnog rada je definiranje geoloških, hidrogeoloških i hidrokemijskih značajki varaždinskog vodonosnog sustava te ocjena ugroženosti kakvoće podzemnih voda.

Varaždinski vodonosnik od iznimne je važnosti za Varaždin, ali i širu okolicu. Izgrađen je od šljunka i pijeska te podijeljen u dva vodonosna sloja. Potrebe stanovništva za vodom zadovoljava crpljenje s tri vodocrpilišta Bartolovec, Varaždin te Vinokovščak. Sva tri vodocrpilišta izložena su potencijalnim izvorima onečišćenja koji narušavaju kakvoću podzemne vode.

Radi utvrđivanja ugroženosti kakvoće podzemne vode provedena je statistička analiza za sva tri vodocrpilišta gdje su analizirane koncentracije sljedećih kemijskih i indikatorskih parametara: nitrata, klorida, sulfata, željeza, mangana te natrija.

Na vodocrpilištu Bartolovec utvrđeno je da su koncentracije mangana i željeza veće od maksimalne dopuštene koncentracije (MDK) i graničnih koncentracija (definiranih Uredbom o standardu kakvoće voda) najvjerojatnije kao posljedica promijenjenih geokemijskih uvjeta u vodonosnoj sredini zbog intenzivnoga crpljenja podzemne vode. Srednje vrijednosti željeza i mangana manje su od referentnih vrijednosti. Koncentracije nitrata u uzorcima vode iz razmatranih piezometara su znatno niže od referentnih vrijednosti.

Na vodocrpilištu Varaždin utvrđeno je da parametri nisu u skladu s uredbom iz *Pravilnika o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17) budući da je maksimalna koncentracija mangana veća je od MDK vrijednosti, pretpostavlja se uzrokovano intenzivnim crpljenjem pri čemu dolazi do promjene geokemijskih uvjeta, no može se reći da je na tom vodocrpilištu podzemna voda u dobrom kemijskom stanju zbog relativno niskih srednjih vrijednosti kritičnih parametar.

Na vodocrpilištu Vinokovščak vidljivo je odstupanje od *Pravilnika o parametrima suglasnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe* (NN br. 125/17). Koncentracije željeza i mangana su znatno veće od MDK zbog čega je narušena kakvoća podzemne vode, još jedan negativan faktor je znatno veća srednja vrijednost koncentracije mangana od granične vrijednosti. Povišene su koncentracije pretpostavlja se posljedica promjena geokemijskih uvjeta uzrokovano najvjerojatnije promjenom količine crpljena te promjena dinamike tečenja. Iako stanje podzemne vode na priljevnom području nije

u dobrom stanju, da bi se sa sigurnošću moglo reći utječe li prekoračenje srednje vrijednosti koncentracije mangana na loše kemijsko stanje podzemne vode potrebno je provesti dodatne testove prema *Direktivi za podzemne vode* i *CIS vodiča br. 18*.

Povišene koncentracije mangana i željeza u podzemnoj vodi u priljevnim područjima vodocrpilišta Bartolovec, Varaždin i Vinokovščak, pretpostavlja se da su posljedica crpljenja podzemne vode i promjene geokemijskih uvjeta u vodonosnoj sredini, najvjerojatnije zbog sezonskih promjena količina crpljenja na aktivnim vodocrpilištima, kao i promjena dinamike tečenja podzemne vode. Unatoč zabilježenim štetnim utjecajima u priljevnim područjima ova tri razmatrana vodocrpilišta, statistička analiza nije dokazala značajnije pogoršanje kakvoće podzemne vode zbog antropogenih utjecaja. U odnosu na razmatrane parametre kakvoće podzemne vode, može se reći da je podzemna voda na vodocrpilištima Bartolovec i Varaždin dobre kakvoće, dok je na vodocrpilištu Vinokovščak stanje podzemne vode narušeno, zbog visokih koncentracija željeza i mangana, te je na tom vodocrpilištu potrebna povećana kontrola i obrada podzemne vode kako bi ista bila upotrebljiva.

7. LITERATURA

7.1. Objavljeni radovi

Čevizović L., (2018): Analiza kvalitete podzemne vode Varaždinskog vodonosnika. Završni rad. Međimursko veleučilište, Čakovec. 55 str.

Hlevnjak B., Strelec S., Jug J.(2015); Hidrogeološki uvjeti pojave glinenog proslojka unutar varaždinskog vodonosnika, Inženjerstvo okoliša, str. 73-74.

Kovač, I. (2016): Komparativna analiza u gornjem i donjem sloju Varaždinskog vodonosnika. Izvorni znanstveni članak, str. 42. Geotehnički fakultet Varaždin, Sveučilište u Zagrebu.

Lisičak, A. (2018): Primjena Sintacs metode ranjivosti podzemnih voda na području Varaždinskog vodonosnika. Diplomski rad. Geotehnički fakultet Varaždin, Sveučilište u Zagrebu. 50 str.

Novoselec, I. (2011): Izrada geografskog informacijskog sustava vodnih objekata na području grada Varaždina. Diplomski rad. Geotehnički fakultet Varaždin, Sveučilište u Zagrebu. 39 str.

Sokol, M. (2017): Kontrola vode za piće na području Varaždinske županije. Završni rad. Stručni studij održivi razvoj, Međimursko veleučilište u Čakovcu. 48 str.

Šebina, A. (2018): Postupci identificiranja izvora opasnosti za onečišćenje podzemnih voda na području varaždinske županije, Završni rad, Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagreb. 25 str.

Šrajbek, M. (2011): Procjena utjecaja zagađivača na kvalitetu podzemne vode, diplomski rad, Varaždin, Sveučilište u Zagrebu. 49 str.

Urumović, K., Hlevnjak B., Prelogović E., Mayer D., (1990): Hidrogeološki uvjeti varaždinskog vodonosnika. Geol. Vjesnik, vol. 43, str. 149-150, Zagreb.

7.2. Studije, elaborati

Bačani A., Posavec K.(2013): Elaborat o zaštitnim zonama izvorišta Varaždin, Bartolovec i Vinokovščak : Elaborat : (pročišćeni tekst). Zagreb : Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Brkić Ž., Larva O., Marković T., Lukač Reberski J., Urumović K., Kolarić J., (2009): Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske, Zagreb. Stručni elaborat, Hrvatski geološki institut.

Brkić Ž., Marković T., Lavra O(2012) : Ekološko stanje vodonosnika, Varaždin. Stručni elaborat, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Nakić Z., Dadić Ž. (2015): Ocjena stanja sirove vode na crpilištima koja se koriste za javnu vodoopskrbu u Republici Hrvatskoj, Studija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

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

Nakić, Z., Parlov, J., Perković, D., Kovač, Z., Buškulić, P., Špoljarić, D., Ugrina, I., Stanek, D., (2018): Definiranje kriterija za određivanje pozadinskih koncentracija i graničnih vrijednosti onečišćujućih tvari u tijelima podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske, Studija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

7.3. Zakonski propisi

CIS vodič 18 (Vodič o ocjeni stanja i trendova podzemnih voda - 2009)

Direktiva o podzemnim vodama (DPV, 2006/118/EZ; 2014/80/EZ)

Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe

https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2017_12_125_2848.html

Okvirna direktiva o vodama (ODV, 2000/60/EZ)

Uredba o standardu kakvoće voda (NN 73/13, 151/14, 78/15, 61/16, 80/18)

Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13)

7.4. Mrežne stranice

IZVJEŠĆE O STANJU OKOLIŠA VARAŽDINSKE ŽUPANIJE za razdoblje od 2014. do 2017. godine (2018), Varaždin, preuzeto 15. svibnja 2020.:

http://www.varazdinska-zupanija.hr/repository/public/upravna-tijela/poljoprivreda/zastita-okolisa/dokumenti/2018/izvjesce-stanje-okolisa.pdf

VARAŽDIN, preuzeto 29. kolovoza 2020.:

https://varazdin.hr/varazdin-u-brojkama/

KLASA: 602-04/20-01/122
URBROJ: 251-70-03-20-2
U Zagrebu, 10.09.2020.

Mia Rončević, studentica

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM: 602-04/20-01/122, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 30.04.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

HIDROGEOLOŠKE I HIDROKEMIJSKE ZNAČAJKE VARAŽDINSKOG VODONOSNOG SUSTAVA

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Zoran Nakić, redoviti profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj

(potpis)

Prof. dr. sc. Zoran Nakić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)