Kakvoća podzemnih voda vodocrpilišta Koprivničko-križevačke županije

Bartolec, Vida

Master's thesis / Diplomski rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:305865

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Vida Bartolec

KAKVOĆA PODZEMNIH VODA VODOCRPILIŠTA KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKE ŽUPANIJE

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Vida Bartolec

KAKVOĆA PODZEMNIH VODA VODOCRPILIŠTA KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKE ŽUPANIJE

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2014.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za primijenjenu kemiju i ekologiju
Katedra za tehnologiju vode i ekologiju
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Tehnologija vode i obrada otpadnih voda
Tema rada je prihvaćena na VI. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 28. ožujka 2013.
Mentor: doc. dr. sc. Mirna Habuda-Stanić
Pomoć pri izradi: dr. sc. Jasna Nemčić-Jurec

KAKVOĆA PODZEMNIH VODA VODOCRPILIŠTA KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKE ŽUPANIJE

Vida Bartolec, 167-DI

Sažetak:
Cilj ovog rada bio je ispitati kakvoću podzemnih voda vodocrpilišta Koprivničko-križevačke županije koja se međusobno razlikuju geološkom građom i morfologijom terena, što ima značajan utjecaj na kakvoću podzemnih voda Opisane su i djelatnosti vezane uz vodne resurse, vodoopskrba, odvodnja otpadnih voda te zaštita vodocrpilišta od zagađenja.
Eksperimentalni dio rada čini monitoring odnosno kontrola zdravstvene ispravnosti sirove vode, koju provodi Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije, a također je prikazan postupak određivanja vodonosne zone na temelju odnosa dominantnih aniona i kationa na primjeru dva vodocrpilišta.

Ključne riječi: podzemna voda, sirova voda, izvorište, monitoring, vodonosne zone

Rad sadrži: 55 stranica
16 slika
9 tablica
0 priloga
23 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

1.	doc. dr. sc. *Dajana Gašo-Sokač*	predsjednik
2.	doc. dr. sc. *Mirna Habuda-Stanić*	član-mentor
3.	doc. dr. sc. *Maja Molnar*	član
4.	izv. prof. dr. sc. *Mirela Planinić*	zamjena člana

Datum obrane: **29. rujna 2014.**

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Applied Chemistry and Ecology
Subdepartment of Water Technology and Ecology
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Food technology
Course title: Technology of water and wastewater treatment
Thesis subject was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology at its session no. VI held on March 28, 2013.
Mentor: Doc. dr. sc. Mirna Habuda-Stanić
Technical assistance: Dr. sc. Jasna Nemčić-Jurec

THE QUALITY OF GROUNDWATER IN WATERWELLS OF THE KOPRIVNICA-KRIŽEVCI COUNTY

Vida Bartolec, 167-DI

Summary:
The aim of this thesis was to test the groundwater quality from waterwells in the Koprivnica-Križevci county. Those waterwells are different in the geological structure and terrain morphology, which has a significant impact on the groundwater quality. The activities related with water resources, water supply, wastewater disposal and water protection against pollution in the theoretical part are also described.
The experimental part of the thesis makes the monitoring or control of the health safety of raw water, which is conducted by the Institute of Public Health Koprivnica-Križevci County. The experimental section also shows a relationship between the dominant anions and cations on the example of two sources, which is the basis in determining the water-bearing zones.

Key words: groundwater, raw (untreated) water, source, monitoring, water-bearing zones

Thesis contains:
55 pages
16 figures
9 tables
0 supplements
23 references

Original in: Croatian

Defense committee:

1.	*Dajana Gašo-Sokač*, PhD, assistant prof.	chair person
2.	*Mirna Habuda-Stanić*, PhD, assistant prof.	supervisor
3.	*Maja Molnar*, PhD, assistant prof.	member
4.	*Mirela Planinić*, PhD, associate prof.	stand-in

Defense date: **September 29, 2014**.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Mirni Habuda-Stanić na predloženoj temi, stručnoj pomoći i uloženom trudu i vremenu.

Također se zahvaljujem dr. sc. Jasni Nemčić-Jurec sa Zavoda za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije na ugodnoj suradnji, pristupačnosti i stručnoj asistenciji.

Posebnu zahvalu upućujem svojoj obitelji koja me je podržavala i ohrabrivala svih godina studiranja.

Sadržaj

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 3

2.1. VODOOPSKRBA NEKAD I DANAS 4
2.2. KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKA ŽUPANIJA 5
2.2.1. Političko-teritorijalni ustroj županije 5
2.2.2. Položaj, značaj i posebnosti županijskog područja 6
2.2.3. Hidrografska obilježlja – podzemne vode 6
2.2.4. Djelatnosti vezane uz vodne resurse – vodoopskrba i odvodnja 7
2.2.4.1. Vodovod Koprivnica 8
2.2.4.2. Vodovod Križevci 8
2.2.4.3. Vodovod Đurđevac 9
2.2.5. Zaštita vode od zagađenja 9
2.3. CRPILIŠTA I IZVORIŠTA VODE NAMIJENJENE ZA LJUDSKU POTROŠNJU 10
2.3.1. Postojeća crpilišta koja opskrbljuju vodoopskrbne sustave na području Županije 10
2.3.1.1. “Ivanščak” 10
2.3.1.2. "Trstenik" 11
2.3.1.3. "Vratno" 11
2.3.1.4. "Đurđevac I i II" 11
2.3.2. Crpilište sa područja županije koje opskrbljuje vodoopskrbni sustav izvan nje 11
2.3.2.1. "Delovi" 11
2.3.3. Potencijalna crpilišta 12
2.3.3.1. "Lipovac" 12
2.3.3.2. "Osijek Vojakovački" 12

3. EKSPERIMENTALNI DIO 15

3.1. ZADATAK 16
3.2. MATERIJALI I METODE 16
3.2.1. Spektrometrija 19
3.2.2. Gravimetrijske metode 21
3.2.3. Titracijske metode 22
3.2.4. GC-ECD tehnika 22
3.2.5. Volumetrijske metode 23

4. REZULTATI 25

5. RASPRAVA 37

5.1. IZVORIŠTE „IVANŠČAK“ 44
5.2. IZVORIŠTE „VRATNO“ 44
5.3. IZVORIŠTE „TRSTENIK“ 45

5.4. IZVORIŠTE „ĐURĐEVAC“ 45
5.5. IZVORIŠTE „DELOVI“ 46
5.6. IZVORIŠTA LOK. VOD. HAMPOVICA, MIHOLJANEC, DEDINA, GAJNICE, ŠEMOVCI .. 47
5.7. PRIMJER IZRAČUNA PRIPADNOSTI IZVORIŠTA VODONOSNOJ ZONI 47
6. ZAKLJUČCI 51
7. LITERATURA 53

Popis oznaka, kratica i simbola

AAS	Atomska apsorpcijska spektrometrija
EDTA	Etilendiamintetraoctena kiselina
GC	Plinska kromatografija
IC	Ionska kromatografija
IR	Infracrvena (kromatografija)
LHU	Lako hlapivi halogen, UV
MDK	Maksimalna dozvoljena koncentracija
NTU	Nefelometrijska jedinica
OCP	Organoklorirani pesticidi
OFC	Organofosforni pesticidi
PAH	Policiklički aromatski ugljikovodici
RH	Republika Hrvatska
THM	Trihalometani
TOC	Ukupni organski ugljik

1. UVOD

Prije gotovo dvije tisuće godina Plinije je ustvrdio:

„Tales sunt aquae qualis est terra per quam fluunt“

(„Vode su takve kakva je zemlja kojom teku“)

sintetizirajući tako odnos između kemijskog sastava vode i kemijskog sastava stijena i tla kao posljedicu sposobnosti vode da otapa sve tvari s kojima dolazi u doticaj ovisno o stupnju njihove topljivosti, temperaturi, trajanju kontakta i nizu drugih čimbenika. (Gulić, 2000.)

Voda je osnovni uvjet održavanja života. Upravo je stoga važno utvrditi potrebe vode i načine njena iskorištavanja. Iskorištavanje vode od početka života na Zemlji može uputiti, između ostalog, i na razvoj ljudske kulture, odnosno na stupanj dosegnute kulturne razine. Kako je voda bila uvjet održavanja života, ljudi su od davnina činili velike napore da dođu do vode i da je sačuvaju prvenstveno za vodoopskrbu, a kasnije i za mnoge druge namjene. To je dovelo i do utvrđivanja vodnog prava, koje je prvi puta definirano u Rimu, ali je voda uzeta kao *res nulius*-ničija, odnosno svačija stvar. To je tada značilo da svaki čovjek ima pravo iskorištavati vodu, ne tražeći ni od koga odobrenje za to. Takav je odnos, dakako, zanemario potrebu očuvanja kakvoće vode, jer je vode u prirodi bilo u izobilju, pa se njome gospodarilo na mnoge neprihvatljive načine. Još i danas voda često služi kao prijamnik otpadnih voda bez prethodne obrade, ali i svekolikog drugog krutog i tekućeg otpada. Takav neprimjereni odnos prema očuvanju kakvoće vode, a time i njene uporabljivosti, doveo je do proglašenja 22. ožujka Svjetskim danom voda u nadi da će ljudi shvatiti potrebu očuvanja kakvoće vode, odnosno racionalnog gospodarenja tom izvanredno važnom sirovinom (Tušar, 2004.).

Podzemne vode nalaze se ispod površine zemlje i nastaju dijelom od infiltracije oborina, a dijelom od infiltracije površinskih vodenih tokova. Podzemna voda nalazi se u vodonosnim slojevima (slojevi od propusnog materijala). Vodonosni slojevi nastaju taloženjem pijeska i šljunka iz rijeka. Svaki vodonosni sloj mora imati na nekom mjestu dodir s površinom zemlje ili s nekim površinskim vodenim tokom. Na tom mjestu ulazi u vodonosni sloj površinska ili oborinska voda, polako se procjeđuje kroz vodonosni sloj i zaustavlja na nepropusnom sloju. Iako je podzemna voda duboko u zemlji i filtrira se prolaskom kroz propusne slojeve zemlje, i ona može biti zagađena raznim organskim i drugim kemijskim tvarima (Dermont, 1976.).

Cilj ovog rada bio je praćenje kakvoće podzemnih voda koja se nakon prerade koristi za opskrbu stanovništva Koprivničko-križevačke županije. Ispitivanja vode provedena su u Zavodu za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije, a na osnovu rezultata ispitivanja komentirana je kakvoća i zdravstvena ispravnost sirove vode, kao i potreba za uvođenjem mjera opreza i tretiranjem vode prije distribucije potrošačima.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. VODOOPSKRBA NEKAD I DANAS

Prvi umjetni objekti koji su služili dobivanju vode su bunari, kojih se gradnja spominje još oko tri tisuće godina prije naše ere. Najstariji su sumerski bunari, a prva organizirana vodoopskrba pučanstva zabilježena je u doba Rimskog carstva. Ponegdje se i dalje eksploatiraju dijelovi vodnog sustava građenog u ono doba (Tušar, 2004.).

Danas, kad je vodoopskrbna tehnika napredovala toliko da nije problem dopremiti vodu iz veoma velikih udaljenosti i isporučiti je svakom potrošaču u stan, pojedincima u saune, jacuzzi kade ili u privatne kućne bazene, omogućen je veoma visok utrošak vode, ali se pojavio posve drugi problem. Voda može sadržavati mnoge tvari koje u živom organizmu izazivaju nezgodne nuspojave; alergije, kancerozne promjene, genetske promjene, pa se stoga u mnogim dijelovima svijeta više ne preporučuje lako dostupna voda iz gradskog vodovoda, već je valja kupovati u trgovini, uz također upitno stanje njene kakvoće (Tušar, 2004.).

Sirova voda, odnosno voda koju preko vodozahvatnih objekata uzimamo za potrebe vodosnabdijevanja nikad nije apsolutno čista. Ona uvijek sadrži manje ili više različitih tvari u otopljenom ili suspendiranom obliku, koje su unesene iz okoline kroz koju prolazi (s površine litosfere, kroz hidrogeološki medij, kroz atmosferu) (Jahić, 1990.).

U vodi se također mogu naći i razne vrste zagađenja. Da bi se utvrdilo prisustvo pojedinih supstanci u sirovoj vodi, na propisano uzetim uzorcima provode se odgovarajuće analize, čiji se rezultati uspoređuju s važećim standardima vode za piće. Rezultati usporedbe govore da li i u kojoj mjeri treba provesti kondicioniranje vode (Jahić, 1990.).

Kondicioniranje vode za piće podrazumijeva korištenje različitih procesa i operacija kojima se uklanja određeni nedostatak sirove vode, ponekad čitav niz nedostataka, a ponekad se popravlja određeno svojstvo koje zahtijevaju potrošači, odnosno standardi. Metode za pripremu vode za piće obuhvaćaju niz glavnih i dopunskih procesa i operacija koji se kombiniraju u okviru tehnološkog postupka, često i s posebnim tretmanom, čija shema kondicioniranja može biti veoma jednostavna (npr. samo dezinfekcija vode), ali i krajnje kompleksna. U praksi pripreme vode za piće najčešće se koristi taloženje, koagulacija i flokulacija, filtriranje, dezinfekcija te posebne metode i procesi (Jahić, 1990.).

Uz postrojenje za tretman vode obično se nalaze i pumpne stanice koje potiskuju vodu kroz transportni cjevovod do rezervoara koji se nalaze na nekoj od dominantnih kota. Kapacitet rezervoara je određen u skladu sa potrebama za vodom konzumnog područja kojeg pokriva, uzimajući u obzir i količine vode za protupožarne potrebe (vodovodkd.net, 2013.).

Voda za piće se iz rezervoara gravitacionim putem dobavlja kroz distributivnu mrežu cjevovoda do krajnjih potrošača. Distributivna mreža prema tipu može biti razgranata, prstenasta i kombinirana. S aspekta sigurnosti snabdijevanja najpovoljnije su prstenaste distributivne mreže.

Ukoliko se neki potrošači ne mogu vodom snabdijevati na ovaj način iz razloga što se nalaze u zonama višim od kote rezervoara, tada se za te zone u distributivnoj mreži grade tzv. hidrostanice (pumpne stanice) čija je namjena da povise tlak vode u mreži kako bi vodu dobili i potrošači u tim tzv. visinskim zonama (vodovodkd.net, 2013.).

S druge strane, neke zone potrošača mogu biti priključene direktno na transportne ili potisne cjevovode. Pošto u tim cjevovodima vladaju veliki radni tlakovi, onda se u mjestima priključenja ugrađuju odgovarajući regulatori tlaka koji obaraju radni tlak u mreži na optimalne vrijednosti (vodovodkd.net, 2013.).

2.2. KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKA ŽUPANIJA

2.2.1. Političko-teritorijalni ustroj županije

Temeljem Zakona o područjima županija, gradova i općina u Republici Hrvatskoj (NN 10/97) iz 1997. godine i njegovih izmjena i dopuna, danas se u sastavu Koprivničko-križevačke županije nalazi 25 jedinica lokalne samouprave i to: 3 grada i 22 općine. To su :

- gradovi: Koprivnica, Križevci i Đurđevac;
- općine: Drnje, Đelekovec, Ferdinandovac, Gola, Gornja Rijeka, Hlebine, Kalinovac, Kalnik, Kloštar Podravski, Koprivnički Bregi, Koprivnički Ivanec, Legrad, Molve, Novigrad Podravski, Novo Virje, Peteranec, Podravske Sesvete, Rasinja, Sokolovac, Sveti Ivan Žabno, Sveti Petar Orehovec i Virje.

2.2.2. Položaj, značaj i posebnosti županijskog područja



Slika 1 : Položaj Koprivničko-križevačke županije u Europi

Koprivničko-križevačka županija smještena je u sjeverozapadnom dijelu Republike Hrvatske. Nalazi se u grupi županija središnje Hrvatske, zajedno sa Zagrebačkom, Krapinsko-zagorskom, Varaždinskom, Međimurskom, Bjelovarsko-bilogorskom, Sisačko-moslavačkom i Karlovačkom županijom. Koprivničko-križevačka županija graniči sa sljedećim županijama: Međimurskom, Varaždinskom, Zagrebačkom, Bjelovarsko-bilogorskom i Virovitičko-podravskom, a sa sjeveroistočne strane Koprivničko-križevačka županija graniči s Republikom Mađarskom.

S površinom od 1746 km² sedamnaesta je po veličini županija u Hrvatskoj, dok je po broju od 129.397 stanovnika, šesnaesta županija po veličini u RH. Prema prirodno-geografskoj regionalizaciji Republike Hrvatske, Koprivničko-križevačka županija pripada Panonskoj megaregiji, a unutar nje zavali sjeverozapadne Hrvatske. Prostor Koprivničko-križevačke županije izrazito je raznolik te uključuje nekoliko prostornih cjelina koje se međusobno razlikuju ne samo po prirodno-zemljopisnim, već i po gospodarskim, demografskim, prometnim i ostalim karakteristikama.

2.2.3. Hidrografska obilježlja – podzemne vode

Područje županije je raznoliko po svojoj geološkoj građi i morfologiji terena te, prema tome, varira i razina vodopropusnosti, od dobro propusnog šljunka i pijeska u ravničarskim

predjelima i karbonatnih stijena u brdovitim predjelima, do slabo ili relativno nepropusnih glinovito-laporovitih naslaga u ravničarskim predjelima i magmatsko-metamorfnih stijena u brdovitim predjelima.

Rasprostranjenost i strukturni odnos ovih stijena, kvaliteta podzemnih voda i odnos s površinskim vodama pojavljuje se u brojnim varijantama od kojih su najznačajnije aluvijalne naslage u području dravske ravnice, koje po starosti naslaga i složenosti građe pripadaju kvartaru.

Podaci o zalihama podzemnih voda na tom području pokazuju da postoje vrlo velike količine vode u vodonosnicima čije debljine variraju od desetak do nekoliko stotina metara, a iznose oko 110x109 m³, pa postoji velika mogućnost korištenja stalnih zaliha u deficitarnim razdobljima te dobre mogućnosti za ostvarenje induciranog napajanja. Zbog velike debljine propusnosti naslaga, prirodnog obnavljanja podzemnih voda infiltracijom padalina i mogućnosti ostvarenja induciranog napajanja podzemnih voda iz površinskih tokova, ovaj je složeni vodonosnik ne samo osnovica regionalne i lokalne vodoopskrbe u vodnom području Drave, nego i susjednih deficitarnih područja, kao potpora slabo izdašnim crpilištima glogovničkog odnosno savskog sliva u županiji, ali i izvan nje.

Na ovom vodnom području postoji niz crpilišta koja se koriste za organiziranu vodoopskrbu čija je izdašnost i režim korištenja različito istražen, a koja koriste samo mali dio raspoloživih količina podzemnih voda za vodoopskrbu.

U područjima gdje je najveća transmisivnost vodonosnika pojavljuje se opasnost od zagađenja podzemnih voda zbog nepostojanja efikasne zaštite tih područja, a dodatni je problem nekontrolirana izgradnja objekata na lokacijama koje su pogodne za izgradnju vodocrpilišta (Prostorni plan Koprivničko-križevačke županije, 2011.).

2.2.4. Djelatnosti vezane uz vodne resurse – vodoopskrba i odvodnja

Opskrba pučanstva vodom za ljudsku potrošnju dobro je organizirana u gradovima županije, dok se u ostalim naseljima vodoopskrba provodi individualno, korištenjem vlastitih zdenaca ili putem lokalnih vodovoda manjih kapaciteta. Regionalna vodoopskrbna mreža na razini županije tek u početnoj fazi izgradnje. Na magistralni vodovod Križevci-Vratno su priključena naselja: Žbirovec, Sveta Helena, Kalnik, Kamešnica, Borje, Dropkovec, Finčevec, Šopron, Kamenica, Podgajce, Mladine, Pesek i Cubinec, vodovod grada Đurđevca je proširen na naselja Virje, Molve, Molve Grede, Gornja Šuma i Budrovac. Naselje Novigrad Podravski je priključen na vodovod grada Bjelovara jer se crpilište bjelovarskog vodovoda nalazi u toj

Općini dok su Legrad i Podravska Selnica priključeni na vodoopskrbni sustav u Međimurju, odnosno iz crpilišta Prelog.

2.2.4.1. Vodovod Koprivnica

Javnim vodoopskrbnim sustavom grada Koprivnice pokriveno je područje grada, cjevovodima ukupne dužine 100 km. Za potrebe vodoopskrbe, voda se crpi iz crpilišta Ivanščak koje se nalazi na rubnom sjeverozapadnom dijelu grada, iz kojeg se godišnje crpi više od 3 000 000 m³ vode za potrebe 5920 domaćinstava, industrije (osim tvornica Bilokalnik i dijela Podravke koji vodu crpe iz vlastitih zdenaca) i ostalih ustanova i poslovnih objekata koje opskrbljuje. Voda je iz ovog crpilišta iznimne kakvoće, odnosno udovoljava zahtjevima Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) jer nije potrebno poduzimati mjere njenog kondicioniranja, osim postupka kloriranja.
Zbog ograničene izdašnosti vodocrpilišta Ivanščak, koja je procijenjena na Quk= 330 L/s, 1990. godine se je počelo s iznalaženjem novih lokacija za crpljenje vode. Pri tome je lokacija Lipovac, istočno od grada Koprivnice, pokazala najprihvatljivijom zbog dobre kakvoće vode koja se nalazi u dva vodonosna sloja.

2.2.4.2. Vodovod Križevci

Vodovod grada Križevaca je prvotno bio namijenjen samo opskrbi grada vodom s crpilišta Trstenik, a kasnije se gradi ogranak prema Kalniku i novom crpilištu Vratno, a svojim kapacitetom 60 L/s nadmašuje kapacitet crpilišta Trstenik sa 20 L/s, pa se nakon puštanja u rad tog crpilišta, vodovod proširuje te nastaje magistralni vodovod Križevci-Vratno u dužini od 10 km, koji nakon izgradnje i početka crpljenja vode iz dodatnog zdenca kapaciteta Q=15 L/s, opskrbljuje vodom dvadesetak naselja križevačkog Prigorja. Crpilišta Vratno i Trstenik zajedno, ukupnim kapacitetom vode od 100 L/s ne zadovoljavaju potrebe grada Križevaca i okolnih naselja priključenih na magistrani vodovod koje iznose 180 L/s.

1. Glavni je cjevovod profila Ø200 izrađen od lijevanog željeza. Voda udovoljava zahtjevima Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) iako je tijekom istražnih radova utvrđena povećana koncentracija željeza od propisane navedenim Pravilnikom, ali koja se je kasnije postupno počela smanjivati te je ušla u granicu dozvoljenog .

2.2.4.3. Vodovod Đurđevac

Ovaj se vodovod napaja na dvije crpne stanice, *Đurđevac I*, namijenjenog vodoopskrbi postrojenja INA-NAFTAPLIN-a i *Đurđevac II*, koji napaja vodovod grada Đurđevca i putem magistralnog vodovoda priključena naselja Virje i Molve. Crpilišta se nalaze u jugoistočnom prigradskom području Đurđevca, a oba imaju izdašnost od 40 L/s što će u budućnosti zajedno iznositi 80 L/s kada se zamijene crpke koje su manjeg kapaciteta te planiranim prestankom korištenja dijela crpilišta za potrebe INA-Naftaplin-a, na raspolaganju potrošačima će biti ukupno240 L/s. Iz postojećih vodocrpilišta se za grad Đurđevac osiguravaju dovoljne količine vode koja za 50 L/s premašuje trenutno potrebnu količinu od 190 L/s. Cjevovod đurđevačkog vodovoda je dimenzija 400 mm, magistralnog 250 mm, a ukupna im je dužina 45 km. Stupanj opskrbljenosti vodom područja županije iznosi 36%, što je u odnosu na državni prosjek od 63%, vrlo nizak postotak.

Studija koncepcije razvoja vodoopskrbe Koprivničko-križevačke županije nudi rješenje koje zadovoljava zahtjev za proširenjem postojećih sustava i njihovim povezivanjem, a temelji se na pretpostavkama povećanja potrebnih količina vode u sljedećem periodu. Kako bi se porast potreba za vodom uspješno riješio, neophodno je prvo otkloniti visoke gubitke vode u postojećim sustavima.

Odvodnja je na području županije slabije organizirana te je postotak domaćinstava priključenih na kanalizacijsku mrežu samo u Koprivnici i Križevcima veći od 50%, dok u Đurđevcu u fragmentima izvedena kanalizacijska mreža služi najvećim dijelom samo za odvodnju oborinskih voda. Pokrivenost kanalizacijakom mrežom se odnosi samo na uža područja ovih gradova dok u široj okolici i u većini ostalih naselja pravilno izvedeni odvodni sustavi ne postoje.

2.2.5. Zaštita vode od zagađenja

Zaštita velikih podzemnih i nadzemnih vodnih resursa od zagađenja, od velike je važnosti za županiju i mnogo širu regiju. Rijeka Drava i njeni najveći pritoci prema „Uredbi o kategorizaciji vodotoka“ (NN 15/81) imaju kakvoću II. kategorije, no ispitivanja pokazuju da navedeni vodotokovi pripadaju III. ili čak IV. kategoriji, uslijed povećanih koncentracija slobodnog amonijaka, nitrita, željeza i mangana. Rezultat je to nekontrolirane primjene umjetnih gnojiva i zaštitnih sredstava te još uvijek neriješenih problema akutnih zagađivača INE-naftaplina i HŽ-ove praonice vagona u Botovu, a naročito dotoka komunalnih i industrijskih otpadnih voda grada Koprivnice. Rijeka Glogovnica najvažniji je prirodni recipijent otpadnih voda grada Križevaca na što ukazuju i rezultati analiza kakvoće vode koja je uzvodno od Križevaca I. klase boniteta, a nizvodno II. klase.

Veliku opasnost od zagađenja crpilišta križevačkog vodovoda Trstenik predstavlja potok Glogovnica koji teče njegovom vodozaštitnom zonom, a u koji se ulijeva i voda iz potoka Koruške i Vrtlina, a koji su otvoreni kolektori križevačke gradske kanalizacije.
Podzemne vode navedenih crpilišta dobre su kakvoće. Izvješća državnih institucija ukazuju da je resurs pitke vode značajan u širem (srednjoeuropskom) kontekstu, što je dovoljan argument za opredjeljenje Koprivničko-križevačke županije da zaštita voda od zagađenja bude na prvom mjestu u svim društveno-političkim nastojanjima (Prostorni plan Koprivničko-križevačke županije, 2011.).

2.3. CRPILIŠTA I IZVORIŠTA VODE NAMIJENJENE ZA LJUDSKU POTROŠNJU

Crpilišta vode namijenjene za ljudsku potrošnju koja se nalaze na području Koprivničko-križevačke županije mogu se prema svojoj namjeni podijeliti na:

- postojeća crpilišta koja opskrbljuju vodoopskrbne sustave na području županije;
- potencijalna crpilišta koja bi trebala opskrbljivati vodoopskrbne sustave na području županije;
- crpilišta na području županije koja opskrbljuju vodoopskrbni sustav izvan županije.

2.3.1. Postojeća crpilišta koja opskrbljuju vodoopskrbne sustave na području Županije

2.3.1.1.“Ivanščak”

Crpilište „Ivanšćak“ služi za napajanje vodom vodoopskrbnog sustava Koprivnice i nalazi se na sjeverozapadnom dijelu grada Koprivnice, a sastoji se od 6 bušenih zdenaca od kojih je 5 osposobljeno za eksploataciju. Zdenci su dubine 36 do 40 m, s promjerom zacrvljenja 820 i 600 mm. Izdašnost crpilišta varira po pojedinim zdencima, a ukupni eksploatacijski kapacitet zdenaca pri istovremenom radu iznosi 330 L/s. Iz ovog se crpilišnog sustava godišnje koristi preko 3x106 m³ vode s mjesečnim rasponom korištenih količina od 250 000 do 350 000 m³ i dnevnim 7000 do 15000 m³, što znači da je minimalni crpni kapacitet 81 L/s, a maksimalni 174 L/s. Odluku o zaštitnim zonama crpilišta „Ivanščak“ donijela je Županijska skupština Koprivničko-križevačke županije u Koprivnici 8. lipnja 1998. godine, a po odredbi članka 41. stavka 2 Zakona o vodama (''Narodne novine'' broj 107/95).

2.3.1.2. "Trstenik"

Crpilište "Trstenik", uz crpilište „Vratno“, služi za opskrbu vodom grada Križevaca, a nalazi se na jugoistočnom dijelu grada, na lokaciji omeđenoj željezničkim prugama "Zagreb-Koprivnica-Križevci" i "Križevci-Bjelovar", cestom Križevci-Sveti Ivan Žabno i otvorenim vodotocima Koruška, Vrtlin i Glogovnica. Na crpilištu je izbušeno 5 zdenaca s profilom bušenja i zacrvljenja 500 mm, dubine 25 m. Kapacitet crpilišta je 25 L/s, a zahvaćena voda se transportira putem podvodnih bunarskih crpki u rezervoar "Bukovje" volumena 2000 m³ smještenim na koti H = + 191,3 m.n.v.

2.3.1.3."Vratno"

Prvi je zdenac na crpilištu „Vratno“ izbušen 1984. godine, a prva su ispitivanja pokazala da se radi o arteškom zdencu s termalnom vodom temperature 22°C. Ovaj zdenac karakterizira velika starost, što je dovelo u pitanje stalnost eksploatacijskog kapaciteta (procjenjenih 60 L/s) u odnosu na mogućnosti obnavljanja. Probno crpljenje je pokazalo kontinuirano sniženje razine vode u zdencu te se planira da će ona s godinama iznositi 20-25 m uslijed čega se prišlo smanjenom kapacitetu korištenja ovog zdenca. Drugi zdenac, iskopan 5 godina kasnije, kaptira gornji vodonosnik infiltrirajuće vode potoka Kamešnica, a kapaciteta je 15 L/s. Odluku o zaštiti vodozaštitnog područja crpilištu „Vratno“ donijela je Županijska skupština 30.9.1999. godine.

2.3.1.4. "Đurđevac I i II"

Crpilišta „Đurđevac I i II“ se nalaze na jugoistočnom rubu grada Križevaca, a služe za vodoopskrbu grada Đurđevca i postrojenja INA-NAFTAPLIN-a. Kompleks se sastoji od 6 eksploatacijskih zdenaca koji su položeni u dva pravca na udaljenosti od oko 100 m, dok je njihova međusobna udaljenost 100 do 150 m, a ukupni kapacitet 240 L/s. Količina vode koja se godišnje crpi je 500 000 m³, a crpilište i vodozaštitne zone oko njega, su zaštićene odlukom Županijske skupštine Koprivničko-križevačke županije 12. lipnja 1998. godine.

2.3.2. Crpilište sa područja županije koje opskrbljuje vodoopskrbni sustav izvan nje

2.3.2.1. "Delovi"

Crpilište "Delovi" se nalazi južno od istoimenog naselja u Općini Novigrad Podravski, a koristi se za snabdijevanje vodom grada Bjelovara te lokalnog vodovoda naselja Novigrad Podravski. Sastoji se od 5 bušenih zdenaca, od kojih su tri starija promjera 1200/800 mm, dubine 40 m, s izdašnošću od po 60 L/s. Povećana koncentracija željeza uvjetovala je

izgradnju uređaja za deferizaciju koji je lociran u blizini naselja Javorovac. Da bi se postigla bolja kakvoća crpljene vode, 1985. godine su izbušena dva novija zdenca na većim dubinama: 88 odnosno 87 m pojedinačnih kapaciteta približno 100 L/s, odnosno, pri paralelnom radu prosječno 90 L/s. Voda iz ovih zdenaca sadrži promjenjivu koncentraciju željeza koja varira oko maksimalno dozvoljene koncentracije od 200 µg/L te se kondicioniranje vode provodi kontinuirano. Ukupno se godišnje iz ovog crpilišta vadi oko 3 500 000 m³ vode.

2.3.3. Potencijalna crpilišta

2.3.3.1. "Lipovac"

Crpilište „Lipovac“ se nalazi zapadno od naselja Koprivnički Bregi. S istražnim radovima radi ekspoatacije ovog crpilišta se počelo 1990. godine kada je utvrđeno da je voda u dubljim slojevima bolje kakvoće. Crpljenjem vode na crpilištu „Lipovac“ trebao bi se nadoknaditi manjak vode za potrebe vodoopskrbnog sustava Koprivnice koji se danas snabdijeva vodom isključivo s crpilišta „Ivanščak“.

2.3.3.2. "Osijek Vojakovački"

Izvorište "Osijek Vojakovački" se nalazi na lokaciji oko 2 km jugoistočno od izvorišta Vratno uz naselje Osijek Vojakovački. Hidrološka istraživanja koja su provedena na toj lokaciji su pokazala da se voda može zahvaćati iz dubljih vodonosnika u količini od 60 L/s. Crpilište bi trebalo nadomjestiti sadašnji manjak vode za potrebe vodovoda Križevci, odnosno budućeg magistralnog vodovoda.

Uz navedena crpilišta, postoji i crpilište Apatovac koje se nekada koristilo, no danas više nije u uporabi jer je potencijal ovog vodocrpilišta, zbog iznimne kakvoće vode, iskorišten za izgradnju punionice vode i već se niz godina kroz različite tvrtke voda s ovog crpilišta pokušava popularizirati na tržištu. Trenutno je ovo izvorište u vlasništvu Atlantic grupe, a prirodna izvorska voda puni se pod nazivom „Kala“.

Državnim planom za zaštitu voda (NN 8/99) utvrđeni su osnovni ciljevi zaštite voda od kojih je najvažnije saniranje i uklanjanje onečišćenja zbog kojih dolazi do ugrožavanja ili onečišćenja vode na postojećim ili planiranim izvorištima. Kako bi se to postiglo, potrebno je provesti zaštitu postojećih vodocrpilišta i zona u njihovoj blizini te odrediti zone budućih vodocrpilišta (Prostorni plan Koprivničko-križevačke županije, 2011.).

Najznačajniji čimenici koji mogu ugroziti kakvoću vode na vodocrpilištima su:

- Ivanščak – kanalizacija stambene izgradnje kojom je izvorište okruženo te deponij otpada Pustakovec;
- Trstenik – neposredna blizina grada, mnogo industrijskih postrojenja te ispust otpadnih voda grada u recipijent Glogovnicu;
- Đurđevac – meliorativna odvodnja, željeznička infrastruktura te podzemni cjevovodi za ugljikovodike;
- Delovi – crpilište je dobro zaštićeno jer se nalazi u neurbaniziranom području (Prostorni plan Koprivničko-križevačke županije (SG 8/01)).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

2. Zadatak ovog rada bio je tijekom dvogodišnjeg razdoblja (2011. i 2012. godine) analizirati kakvoću podzemnih voda s vodocrpilištata gradskih vodoopskrbnih sustava na području Koprivničko-križevačke županije te pomoću dobivenih rezultata prikazati postupak izračuna pomoću kojeg se određuju vodonosne zone. Pri tome određene su vrijednosti sljedećih pokazatelja sukladno Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013), u nastavku teksta „Pravilnik“:

- fizikalno-kemijski pokazatelji: temperatura, boja, mutnoća, miris, okus, pH vrijednost, vodljivost, isparni ostatak (105°C), ukupne suspenzije, utrošak $KMnO_4$, ukupna tvrdoća te koncentracija vodikova sulfida;
- hranjive tvari: koncentracije amonija, nitrita i nitrata;
- ioni: hidrogenkarbonat, fluoridi, kalcij, kalij, natrij, magnezij, fosfati, kloridi, sulfati, cijanidi, silikati;
- metali: koncentracije olova, kadmija, arsena, cinka, željeza, nikla, kroma, mangana, bakra, žive, selena, aluminija i kobalta;
- organska tvar: TOC;
- organski spojevi: koncentracije fenola, mineralnih ulja, anionskih deterdženata, organokloriranih pesticida, delta-HCH, endosulfana te PAH-a;
- mikrobiološki: broj ukupnih koliforma, *E.coli*, broj aerobnih bakterija (37°C), broj aerobnih bakterija (22°C), enterokoka, *Pseudomonas aeruginosa i Clostridium perfrigens.*

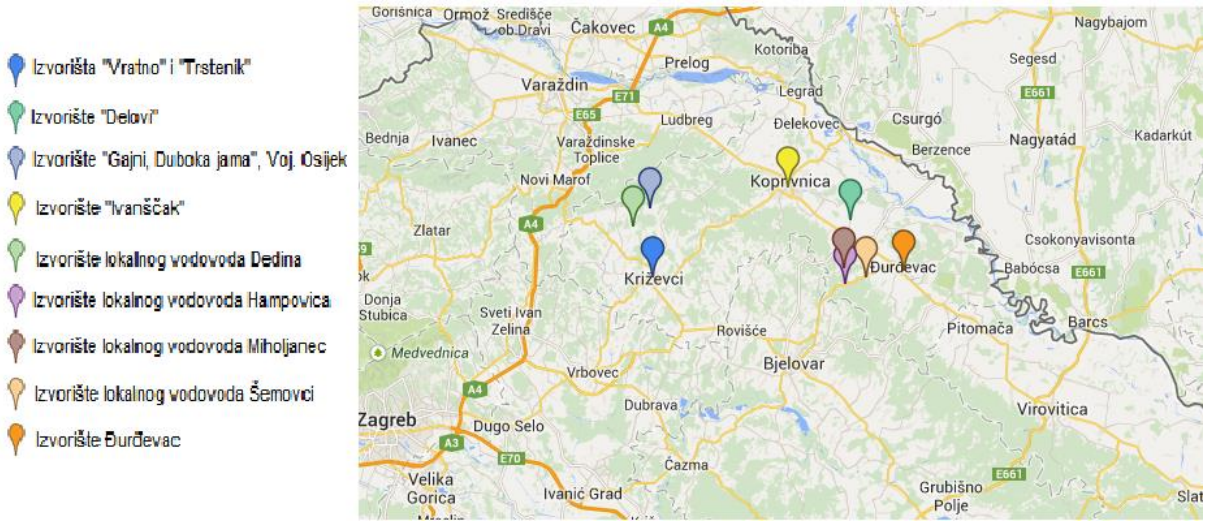
Utvrđivanje pripadnosti vode vodonosnoj zoni provedeno je pomoću rezultata fizikalno-kemijskih analiza pri čemu su izvorišta vode podijeljena u dvije zone ukoliko rezultati pokazuju veću razliku od 15% u sastavu dominantnih aniona (hidrogenkarbonat, klorid, nitrat, sulfat) i kationa (natrij, kalij, magnezij i kalcij). U slučajevima kada nema potpunih podataka o vrijednostima navedenih pokazatelja, vode se dijele u zone s obzirom na razliku u vrijednostima vodljivosti. Tablično je prikazana usporedba dominantnih aniona i kationa na promatranim izvorištima, a uzorci su u svima uzeti istog datuma (**Tablica 9**).

3.2. MATERIJALI I METODE

U ovom radu su ispitani uzorci podzeminh voda sa sljedećih vodocrpilišta:

- vodocrpilište „Ivanščak“ koje eksploatira komunalno poduzeće Komunalac d.o.o. Koprivnica, Mosna 15;

- vodocrpilište „Vratno“ i „Trstenik“ koje eksploatira komunalno poduzeće Križevci, Drage Grdenića 7;
- vodocrpilište „Đurđevac“ koje eksploatira komunalije d.o.o. Đurđevac, Radnička cesta 61;
- vodocrpilište „Delovi“ koje eksploatira Komunalac d.o.o. Bjelovar, Ferde Livadića 14a;
- vodocrpilište lokalnog vodovoda Šemovci, općina Virje, Đure Sudete 10;
- vodocrpilište lokalnog vodovoda Hampovica, Vodovodna udruga, Hampovica, Đurđevac;
- vodocrpilište lokalnog vodovoda Miholjanec, Vodovodna udruga, A. Mihanovića bb, Miholjanec;
- vodocrpilište lokalnog vodovoda Dedina, Mjesni odbor, Dedina 35, Kalnik;
- vodocrpilište „Gajni, Duboka jama“ lokalnog vodovoda Vojakovački Osijek, Mjesni odbor, Voj. Osijek 34, Križevci.



Slika 2 Lokacije promatranih izvorišta

U **Tablici 1** prikazan je popis fizikalno-kemijskih pokazatelja koji su određivani u podzemnim vodama analiziranih crpilišta, naziv norme te tehnika kojom je pojedini parametar određen, dok se u **Tablici 2** nalazi popis tehnike određivanja mikrobiološke ispravnosti vode za ljudsku potrošnju.

Tablica 1 Metode određivanja pokazatelja kakvoće sirove vode

FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI	OZNAKA NORME / STANDARDA	TEHNIKA
pH vrijednost	HRN EN ISO 10523:2012	Elektrometrija
Vodljivost	HRN EN 27888:2008	Elektrometrija
Mutnoća	HRN EN ISO 7027:2001	Turbidimetrija

Kationi (natrij, amonijak, kalij, kalcij, magnezij)	HRN EN ISO 14911:2001	Ionska tekućinska kromatografija
Anioni (fluoridi, kloridi, nitriti, nitrati, ortofosfati, sulfati)	HRN EN ISO 10304-1:2009/ Ispr. 1.:2012.	Ionska tekućinska kromatografija
Miris	SM 20th Edition, 1998.	Organoleptika
Okus	SM 20th Edition, 1998.	Organoleptika
Boja	MERCK	Kolorimetrija (aquaquant komparator)
Temperatura	SM 20th Edition, 1998.	Termometrija
Slobodni i ukupni klor	HRN EN ISO 7393-2:2001	Fotometrija
Utrošak $KMnO_4$	HRN EN ISO 8467:2001	Titrimetrija
Otopljeni kisik	HRN EN ISO 25813:2003	Jodometrija
Zasićenost kisikom	SM 20th Edition, 1998.	Računski
KPK (kemijska potrošnja kisika)	HRN ISO 6060:2003	Titrimetrija
BPK (petodnevna biokemijska potrošnja kisika BPK5)	HRN ISO 5815:1998	Winkler
BPK5 – mjerni sistem OxiTop	WTW-OxiTop	Titrimetrija
Ukupni organski ugljik (TOC)	HRN EN 1484:2002	TOC/TN analizator
Ukupni dušik	SHIMADZU	TOC/TN analizator
Ukupni fosfor	HRN ISO 6878:2001	Spektrofotometrija
Ukupni fenoli	HRN EN ISO 6439:1998	Spektrofotometrija
Suspendirana tvar	HRN EN 872:2008	Gravimetrija
Deterdženti – kationski	MERCK	Spektrofotometrija
Deterdženti – anionski	HRN EN 903:2002	Spektrofotometrija
Masti i ulja	SM 20th Edition, 1998, No. 5520	Gravimetrija
Masti i ulja	H18 DIN 38 409	IR spektrofotometrija
Mineralna ulja	H18 DIN 38 409	IR spektrofotometrija
Elementi u tragovima (Al, As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Se)	HRN EN ISO 15586:2008	Grafitna AAS
Cink i željezo	HRN ISO 8288:1998	Plamena AAS
Živa	LECO AMA 254	Bezplamena AAS, AMA-analizator
PAU (PAH) (policiklički aromatski ugljikovodici)	EPA Method 550.1	HPLC-FLD
OCP (ostaci organokloriranih pesticida)	HRN EN ISO 6468:2002	GC-ECD
PCB	EPA Method 617	GC-ECD
Trihalometani	HRN ISO 10301:2002	GC-ECD
Alkalitet – ukupni i pojedinačni	HRN EN ISO 9963-1:1998	Titrimetrija
Slobodni CO2	SM 20th Edition, 1998	Titrimetrija
Tvrdoća – karbonatna, nekarbonatna i ukupna	SM 20th Edition, 1998	Titrimetrija
Hidrogenkarbonat	SM 20th Edition, 1998	Titrimetrija
Ukupne otopljene tvari	SM 20th Edition, 1998	Gravimetrija
Ukupna sušena tvar (isparni ostatak na 105°C)	SM 20th Edition, 1998	Gravimetrija
Ukupna žarena tvar (žareni ostatak na 550°C)	SM 20th Edition, 1998	Gravimetrija
Ukupna taloživa tvar	SM 20th Edition, 1998	Volumetrija (lijevak po Inhofu)
Cijanidi	MERCK	Spektrofotometrija (SQ 118 spektrofotometar)
Silikati	MERCK	Spektrofotometrija (SQ 118 spektrofotometar)
Vodikov sulfid	MERCK	Spektrofotometrija (SQ 118 spektrofotometar)

Tablica 2 Tehnike određivanja mikrobiološke ispravnosti vode za ljudsku potrošnju

MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI	OZNAKA NORME/STANDARDA	TEHNIKA
Broj kolonija na 22°C (nacijepljenih na hranjivi agar)	HRN EN ISO 6222:2000	Membranska Filtracija
Broj kolonija na 37°C (nacijepljenih na hranjivi agar)	HRN EN ISO 6222:2000	
Enterokoki	HRN EN ISO 7899-2:2000	
Ukupni koliformi	HRN EN ISO 9308-1:2000/Ispr. 1:2008.	
Escherichia coli	HRN EN ISO 9308-1:2000/Ispr. 1:2008.	
Fekalni koliformi	SM 20th Edition, 1998	
Pseudomonas aeruginosa	HRN EN12780:2005	
Clostridium perfringens	Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) (Council Directive 98/83/EC)	
Sulfitoreducirajuće klostridije	HRN ISO 6461-2:2000	
Ukupni kolifromi i Escherichia coli	APHA, AWWA, WEF, SM 20th Edition, 1998, No. 9223	Enzimatika (Colilert metoda)

3.2.1. Spektrometrija

U ovom radu korištene su sljedeće spektrometrijske metode: IR spektrometrija, plamena AAS tehnika, AAS tehnika bez plamena i SQ spektrometrija, pomoću kojih su određene vrijednosti sljedećih parametara: ukupne masti i ulja, mineralna ulja, cink, željezo, živa, silikati, sumporovodik i cijanidi.

IR spektrofotometrijom određene su ukupne masti i ulja te mineralna ulja u uzorcima vode pri čemu su ulja iz vode ekstrahirana dodatkom tetrakloruglјika (CCl_4). Mjerenjem je kvantitativno određena absorpcija karakterističnih grupa CH_3-, CH_2-, CH- u infracrvenom valnom području od 3100 do 2800 cm^{-1}, a istovremeno su ekstrahirana ulja i spojevi koji nisu ugljikovodici koji su uklanjeni filtriranjem kroz pripremljen Na_2SO_4 za ukupna ulja i masti. Količina mineralnih ulja mjerena su u filtratu dobivenom propuštanjem uzorka preko žarenog aluminijevog oksida.



Slika 3 IR spektrometar

Plamenom AAS tehnikom određena je koncentracija cinka i željeza. Metoda plamene atomske apsorpcijske spektrometrije primjenjena je za određivanje koncentracija cinka u granicama od 0,05 do 2 mg/L i željeza od 0,01 do 3 mg/L. Princip metode zasniva se na uvlačenju zakiseljenih, filtriranih uzoraka direktno u plamen AAS-a. Uzorci vode su nakon uzorkovanja konzervirani kiselinama, a prije neposrednog mjerenja uzorci se filtriraju i dodaju kiseline ili se razgrađuju kiselinama. Koncentracija elementa u uzorku određena je usporedbom apsorbancije u uzorku s apsorbancijom standardne kalibracijske otopine uporabom spektrofotometra s kontinuiranom pozadinskom korekcijom. Rezultati određivanja izražavaju se kao masa analita po litri vode (µg/L ili mg/L).



Slika 4 AAS spektrometar, plamena tehnika

AAS tehnikom bez plamena određena je koncentracija žive u uzorcima podzemnih voda. Analizator žive AMA 254 jednostavan je i vrlo učinkovit atomski apsorpcijski

spektrofotometar. Namijenjen je direktnom određivanju žive kod valne duljine 253,65 nm, u krutim i tekućim uzorcima bez potrebe prethodne kemijske obrade i pripreme uzoraka. Bezplamenom tehnikom stvaranja živinih para postiže se iznimno visoka osjetljivost, neovisno o strukturi uzorka. Metoda je primjenjena za određivanje koncentracija Hg u ng/µg (ppm). Granica detekcije instrumenta iznosi 0,01 ng/Hg.

Vrijednost koncentracije analita u pojedinom ispitanom uzorku direktno su očitane iz aplikacijskog programa. Ako je potrebno, rezultati su korigirani faktorom razrjeđenja. Za uzorke kod kojih nema mjerljivog odaziva signala, rezultati su izraženi kao „manje od granice detekcije“ (<LD).

Pomoću *SQ 118 spektrofotometra* u uzorcima vode određene su koncentracije silikata, sumporovodika i cijanida.



Slika 5 AAS spektrometar, grafitna tehnika

3.2.2. Gravimetrijske metode

Gravimetrijskim metodama su određeni sljedeći parametri: isparni ostatak na 105°C i žareni ostatak.

Isparni ostatak je masa u vodi sadržanih čestica koje ostaju u posudici nakon isparavanja na 105°C. Određuje se vaganjem nakon sušenja pri 105°C do konstantne odvage. Određen isparni ostatak izražen je u mg/L.

Žareni ostatak je masa u vodi sadržanih čestica koje ostaju u posudici nakon žarenja u mufolnoj peći na 550°C i isparavanja na 100°C. Određen je vaganjem nakon jednosatnog sušenja na temperaturi od 105°C i jednosatnog sušenja u mufolnoj peći na 550° do konstantne odvage. Žareni ostatak izražen je u mg/L.

3.2.3. Titracijske metode

U ovom radu su titracijskim metodama određeni sljedeći parametri: agresivni CO_2, utrošak $KMnO_4$, određivanje ukupne, kacijeve i magnezijeve tvrdoće te alkaliteta.

Otopljeni CO_2 ima sanitarnu važnost. Vodama na površini zemlje ili plitkim podzemnim vodama važan je pokazatelj zagađenja, a posljedica je razlaganja organskih tvari. Jedan dio otopljenog CO_2 je tzv. agresivni CO_2, koji otapa metale vodovodnih cijevi (cink, olovo) te može izazvati trovanje.

Određivanje utroška $KMnO_4$ (permanganatni indeks) u vodama predstavlja mjeru onečišćenja voda organskom tvari. Princip metode se temelji na grijanju uzorka s poznatom količinom kalij permaganata i sumpornom kiselinom kroz određeno vrijeme. Redukcija dijela permanganata oksidirajućom tvari iz uzorka određuje se iz utrošenog permanganata dodavanjem prekomjerne količine otopine oksalata i titracijom s permanganatom.

Određivanje ukupne (kalcijeve i magnezijeve) tvrdoće provedeno je titracijskom metodom koja se zasniva na kompleksiranju ovih iona s titracijskim sredstvom EDTA u prisustvu eriokrom crno T-indikatora. Ova metoda se primjenjuje za vode kod kojih je konc. ukupne tvrdoće 1-1000 mg/L.

Alkalitet je određen titracijom uzorka vode otopinom klorovodične kiseline ili otopinom sumporne kiseline uz indikatore metil oranž i fenolftalein. Alkalitet je izražen kao sadržaj $CaCO_3$ u mg/L vode.

3.2.4. GC-ECD tehnika

Ovom analitičkom tehnikom određeni su ostaci organokloriranih pesticida u vodi. Sadržaj ostataka pesticida je ostatak dobiven u uvjetima metode, a izražava se u mg pojedinog ostatka pesticida u litri uzorka. Uzorak vode je ekstrahiran sa smjesom 15% diklormetana u heksanu. Sadržaj ostataka organokloriranih pesticida u koncentritranom filtratu određen je na plinskom kromatografu. U plinski kromatograf je injektiran 1 µl uzorka te i ista količina slijepog uzorka. Iz dobivenih kromatograma, metodom vanjskog standarda, izračunata je koncentracija pesticida uspoređivanjem retencijskih vremena i površine pikova iz standardne otopine i otopina uzorka. Dobivene koncentracije ostataka pesticida uspoređene su s maksimalno dozvoljenim količinama ostataka pesticida.



Slika 6 GC/EC plinski kromatograf

3.2.5. Volumetrijske metode

Primjenom volumetrijskih metoda u ovom radu određene su taložive tvari, na način da se 1L uzorka vode koja se ispituje ulije se u lijevak po Inhoffu i ostavila mirovati 1 ili 2 sata. Poslije 1 ili 2 sata očitana je količina sedimenta te rezultat izražen kao ml/L poslije 1 ili 2 sata.

4. REZULTATI

Tablice 3, 4, 5, 6, i 7 prikazuju rezultate analize sirove vode provedene u Zavodu za javno zdravstvo Koprivničko.križevačke županije. Vrijednosti pokazatelja su izmjerene tijekom 2011. i 2012. godine, svake godine 4 puta. U tablicama su istaknute i tzv. maksimalno dopuštene koncentracije (MDK) za svaki pojedini parametar ukoliko je isti definiran Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (125/2013), u daljnjem tekstu „Pravilnik“.

Na izvorištu Đurđevac analize su rađene tek od ožujka 2012., što se vidi u **Tablici 6**.

Tablica 3 Rezultati monitoringa vodocrpilišta „Ivanščak“ provedenog u razdoblju od ožujka 2011. do prosinca 2012. godine

POKAZATELJI	03/2011.	06/2011.	09/2011.	11/2011.	03/2012.	07/2012.	09/2012.	12/2012.	MDK
FIZIKALNO-KEMIJSKI									
Temperatura (°C)	12,7	13,4	13,9	12,8	12,6	13,1	13,5	12,8	25
Vodikov sulfid (mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	bez
Boja (mg/L Pt/Co skale)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	20
Mutnoća (NTU)	0,20	0,24	0,19	0,23	0,23	0,24	0,15	0,26	4
Miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
Okus	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
pH vrijednost	8,38	7,58	7,11	7,47	7,97	6,81	6,78	6,88	6,5-9,5
Vodljivost ($\mu S/cm$)	488	545	598	474	505	536	536	569	2500
Isparni ostatak na 105°C	402	340	480	322	352	348	357	448	<1000
Ukupne suspenzije (mg/L)	5	8	4	7	2	2	4	6	10
Utrošak $KMnO_4$ (mg/L)	0,55	0,65	0,71	1,01	0,85	0,37	2,14	0,55	5,0
Ukupna tvrdoća (mg/L)	236	241	272	260	260	277	290	273	
HRANJIVE TVARI									
Amonij (mg/L)	0,0	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,5
Nitriti (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5
Nitrati (mg/L)	26,8	29,9	28,0	22,0	20	25	29	30	50,0
IONI									
Hidrogenkarbonat (mg/L)	125	139	150	121	122	126	125	124	

Fluoridi (µg/L)	104	13	15	169	238	259	281	168	1500
Ukupni cijanidi (µg/L)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	50,0
Kalcij (mg/L)	64,6	62,5	75,0	71,0	70	76	62	62	
Kalij(mg/L)	1,0	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	1,01	1,05	12
Natrij (mg/L)	14,3	18,1	12,6	12,0	12	13	14	18	200
Magnezij (mg/L)	22,6	26,3	30,0	22,0	22	25	22	22	
Fosfati (µg/L)	0	0	0	<0,1	<0,1	82	<0,1	<0,1	300
Reaktivni silikati (mg/L)	15,0	11,0	16,0	15,5	8,5	19	13,0	12,5	50
Kloridi (mg/L)	13,0	19,7	25,7	22,0	13	15	17	20	250,0
Sulfati (mg/L)	22,6	29,0	22,8	22,0	14	25	31	27	250,0
METALI – UKUPNI									
Aluminij (µg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2
Antimon (µg/L)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5		5,0
Barij (µg/L)	75,2	71,2	64,4	43,5	45,9	55,9	66,3		700
Berilij (µg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Kobalt (µg/L)	<1,0	<0,1	<1,0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Srebro (µg/L)	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4		10,0
Vanadij (µg/L)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2		5,0
Arsen (µg/L)	1,90	<0,1	2,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<o,1	10,0
Bakar (µg/L)	<0,10	<0,10	<1	<1	<1	4	6	4	2000
Cink (µg/L)	40,9	<0,1	10,2	8,7	16	17	23	7	3000
Kadmij (µg/L)	<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	5,0
Krom (µg/L)	1,05	7,7	0,6	0,2	0,3	<0,1	<0,1	1,5	50,0
Mangan (µg/L)	1,01	1,1	10,2	8,2	2,3	0,2	<0,1	2,5	50,0
Nikal (µg/L)	<0,10	17,0	1,1	<0,1	<0,1	1,3	4,1	<0,1	20,0
Olovo (µg/L)	<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,3	<0,1	1,0	25,0
Selen (µg/L)	0,36	<0,1	1,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	10,0
Željezo (µg/L)	45,4	40,2	44	45,7	43,3	20,9	25,9	31,2	200,0
Živa (µg/L)	0,1	<0,1	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0
ORGANSKA TVAR									
Ukupni organski ugljik (TOC)(mg/L)	1,1	1,3	0,9	1,0	2,1	1,6	0,94	1,18	
ORGANSKI SPOJEVI									
Fenoli (µg/L)	0	0	0	0	0	0,01	0,00	0,00	
Mineralna ulja (µg/L)	6,0	14,1	11,9	1,3	1,7	<2,0	<2,0	18,0	20
Anionski detergent	0	0	0	0	28	1	0,0	5,0	200
Neionski detergent	<60	<60	<60	<60	<50	<50	<50		200
Lakohlapivi halogen. UV									

Trihalometani – ukupni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	100
ORGANOKLORIRANI PESTICIDI									
OCP – ukupni (µg/L)	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,5
Delta – HCH (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Endosulfan (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
ORGANOFOSFORNI PESTICIDI									
Atrazin (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01		0,1
Simazin (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,1
PAHovi – ukupni (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,10	<0,01	0,1
MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI									
Ukupni koliformi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Broj aerobnih bakterija u 37°C/48h	0	0	0	0	0	0	0	3	20
Broj aerobnih bakterija u 22°C/72h	0	10	10	0	10	0	50	0	100
Enterokoki	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clostridium perfringens	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablica 4 Rezultati monitoringa vodocrpilišta „Vratno“ provedenog u razdoblju od ožujka 2011. do prosinca 2012. godine

POKAZATELJI	03/2011.	06/2011.	09/2011.	11/2011.	03/2012.	07/2012.	09/2012.	12/2012.	MDK
FIZIKALNO-KEMIJSKI									
Temperatura (°C)	21,1	21,3	21,5	20,7	21,5	22,1	22,4	20,9	25
Vodikov sulfid (mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	bez
Boja (mg/l Pt/Co skale)		0,24				<5			20
Mutnoća (NTU)	0,30	0,24	0,2	0,21	0,22	0,23	0,19	0,38	4
Miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
Okus		bez				bez			bez
pH vrijednost	8,18	7,03	7,32	7,65	8,04	7,33	7,18	7,40	6,5-9,5
Vodljivost ($\mu S/cm$)	829	483	564	507	496	541	566	567	2500
Isparni ostatak na 105°C		332				324			<1000
Ukupne suspenzije (mg/L)		2				3			10
Utrošak $KMnO_4$ (mg/L)	2,99	0,46	0,62	1,50	0,98	0,33	0,39	0,48	5,0
Ukupna tvrdoća (mg/L)		245,6				316,8			
HRANJIVE TVARI									
Amonij (mg/L)	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,5
Nitriti (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5
Nitrati (mg/L)	2,9	2,7	4,2	3,5	3,5	2,8	2,6	6,3	50,0

IONI									
Hidrogenkarbonat (mg/L)	150	129	155	130	141	151	156	143	
Fluoridi (µg/L)		120	160	116	156	89	167	137	1500
Ukupni cijanidi (µg/L)		<10				<10			50
Kalcij (mg/L)	80,4	87,0	91,2	94,0		91	86	78	
Kalij(mg/L)	1,1	0,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,23	1,12	12
Natrij (mg/L)	3,0	1,4	2,8	2,5	3,5	3,1	2,65	3,43	200
Magnezij (mg/L)	20,8	23,5	24,8	20,0	18	19	19	17	
Fosfati (µg/L)	0	0	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	300
Reaktivni silikati (mg/L)	7,0	3,0	12,0	14,5	3	7	5,5	4,5	50
Kloridi (mg/L)	2,5	2,5	2,7	3,3	1,8	3,2	2,9	2,2	250,0
Sulfati (mg/L)	38,8	34,4	40,0	38,0	32	37	40	34	250,0
METALI – UKUPNI									
Aluminij (µg/L)		<0,1				<0,1			0,2
Antimon (µg/L)		<5				<5			5,0
Barij (µg/L)		49,2				12,3			700
Berilij (µg/L)		<0,1				<0,1			
Kobalt (µg/L)		0,9				<0,1			
Srebro (µg/L)		<4				<4			10
Vanadij (µg/L)		<2				<2			5,0
Arsen (µg/L)	4,2	<0,1	3,9	35,4	<0,1	12,9	16,7	19,9	50,0
Bakar (µg/L)		<0,1				9			2000
Cink (µg/L)		<0,1				14			3000
Kadmij (µg/L)		<0,1				<0,1			5,0
Krom (µg/L)		9,8				<0,1	50,0		
Mangan (µg/L)	<0,1	29,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	<0,7	50,0
Nikal (µg/L)		14,4				1,6			20,0
Olovo (µg/L)		<0,1				0,1			25
Selen (µg/L)		<0,1				<0,1			10,0
Željezo (µg/L)	25,9	42,4	40,7	64,5	60,0	15,4	13,8	40,9	200
Živa (µg/L)		<0,1				0,1			1
ORGANSKA TVAR									
Ukupni organski ugljik (TOC)(mg/L)		1,1				1,6			
ORGANSKI SPOJEVI									
Fenoli (µg/L)		0				0,02			
Mineralna ulja (µg/L)		9,9				<2,0			20
Anionski detergent	0	0	0	0		0			200

Neionski detergent		<60				<50			200
Lakohlapivi halogen. UV									
Trihalometani – ukupni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	100
ORGANOKLORIRANI PESTICIDI									
OCP – ukupni (µg/L)		0,01				<0,01			0,5
Delta – HCH (µg/L)		<0,01				<0,01			
Endosulfan (µg/L)		<0,01				<0,01			
ORGANOFOSFORNI PESTICIDI									
Atrazin (µg/L)		<0,01				<0,01			0,1
Simazin (µg/L)		<0,01				<0,01			0,1
PAHovi – ukupni (µg/L)		<0,01				<0,01			0,1
MIKROBIOLOŠKI									
Ukupni koliformi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Broj aerobnih bakterija u 37°C/48h	0	20	0	0	0	20	20	18	20
Broj aerobnih bakterija u 22°C/72h	0	60	50	0	20	30	40	0	100
Enterokoki	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa		0				0			0
Clostridium perfringens	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablica 5 Rezultati monitoringa vodocrpilišta „Trstenik“ provedenog u razdoblju od ožujka 2011. do prosinca 2012. godine

POKAZATELJI	03/2011.	06/2011.	09/2011.	11/2011.	03/2012.	07/2012.	09/2012.	12/2012.	MDK
FIZIKALNO-KEMIJSKI									
Temperatura (°C)	12,3	12,9	12,7	12,0	12,4	13,1	14,9	12,3	25
Vodikov sulfid (mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	bez
Boja (mg/L Pt/Co skale)		<5				<5			20
Mutnoća (NTU)	0,17	0,17	0,19	0,18	0,17	0,19	0,15	0,18	4
Miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
Okus		bez				bez			bez
pH vrijednost	7,99	8,28	6,86	7,32	7,76	6,5	6,79	6,86	6,5-9,5
Vodljivost ($\mu S/cm$)	430	452	556	609	458	454	466	524	2500
Isparni ostatak na 105°C		308				296			<1000
Ukupne suspenzije (mg/L)		2				1			10
Utrošak $KMnO_4$ (mg/L)	0,92	0,56	0,70	1,54	1,03	0,36	0,17	0,58	5,0
Ukupna tvrdoća (mg/L)		260,8				236			
HRANJIVE TVARI									

Amonij (mg/L)	0,0	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,5
Nitriti (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5
Nitrati (mg/L)	13,6	14,8	16,0	13,0	12	13	14	16	50,0
IONI									
Hidrogenkarbonat (mg/L)	98	105	174	115	114	114	109	111	
Fluoridi (µg/L)	150	150	200	205	226	225	261,9	200,6	1500
Ukupni cijanidi (µg/L)		<0,10			<10				50,0
Kalcij (mg/L)	75,6	56,2	57,0	59,0	62	56	55	51	
Kalij(mg/L)	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,51	0,47	12
Natrij (mg/L)	11	12	12	11	13	12	12	12	200
Magnezij (mg/L)	19,2	22,1	22,0	19,0	19	18	17	20	
Fosfati (µg/L)	0	0	0	<0,1	<0,1	90	<0,1	<0,1	300
Reaktivni silikati (mg/L)	8,5	4,0	12,0	15,5		19,5	14,0	17,0	50
Kloridi (mg/L)	14,7	15,5	18,0	16,0	14	16	16	17	250,0
Sulfati (mg/L)	25,1	26,5	30,0	31,0	27	27	28	28	250,0
METALI – UKUPNI									
Aluminij (µg/L)		<0,1				<0,1			0,2
Antimon (µg/L)		<5				<5			5,0
Barij (µg/L)		21,4				21,1			700
Berilij (µg/L)		<0,1				<0,1			
Kobalt (µg/L)		<0,1				<0,1			
Srebro (µg/L)		<4				<4			10
Vanadij (µg/L)		<2				<2			5,0
Arsen (µg/L)	1,5	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	10,0
Bakar (µg/L)		<0,1				11			2000
Cink (µg/L)		<0,1				4			3000
Kadmij (µg/L)		<0,1				<0,1			5,0
Krom (µg/L)		8,9				<0,1			50,0
Mangan (µg/L)	31,9	36,2	20,1	22,7	13,9	<0,1	12,9	9,4	50,0
Nikal (µg/L)		17				0,1			20,0
Olovo (µg/L)		<0,1				1,3			25
Selen (µg/L)		<0,1				<0,1			10
Željezo (µg/L)	84,7	64,8	69,1	83,3	96,9	16,8	45,7	49,8	200,0
Živa (µg/L)		<0,1				0,2			1,0
ORGANSKA TVAR									
Ukupni organski ugljik (TOC)(mg/L)		1,0				1,4			
ORGANSKI SPOJEVI									

Fenoli (µg/L)		0				0,01			
Mineralna ulja (µg/L)		1,7				<2,0			20
Anionski detergent (µg/L)	4,0	0	0	0		0			200
Neionski detergent (µg/L)		<60				<50			200
Lakohlapivi halogen. UV									
Trihalometani – ukupni	<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	100
ORGANOKLORIRANI PESTICIDI									
OCP – ukupni (µg/L)		<0,01				<0,01			0,5
Delta – HCH (µg/L)		<0,01				<0,01			
Endosulfan (µg/L)		<0,01				<0,01			
ORGANOFOSFORNI PESTICIDI									
Atrazin (µg/L)		<0,01				<0,10			0,1
Simazin (µg/L)		<0,01				<0,01			0,1
PAHovi – ukupni (µg/L)		<0,01				<0,01			
MIKROBIOLOŠKI									
Ukupni koliformi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Broj aerobnih bakterija u 37°C/48h	0	60	0	20	0	20	0	0	20
Broj aerobnih bakterija u 22°C/72h	0	300	80	50	0	50	0	6	100
Enterokoki	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa		0				0			0
Clostridium perfringens	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablica 6 Rezultati monitoringa vodocrpilišta „Đurđevac" provedenog u razdoblju od ožujka do prosinca 2012. godine

POKAZATELJI	03/2012.	07/2012.	09/2012.	12/2012.	MDK
FIZIKALNO-KEMIJSKI					
Temperatura (°C)	13,7	13,2	13,5	11,4	25
Vodikov sulfid (mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	Bez
Boja				<5	20
Mutnoća (NTU)	0,19	0,37	0,19	0,19	4
Miris	bez	bez	bez	bez	bez
Okus				bez	bez
pH vrijednost	8,16	8,26	6,94	7,08	6,5-9,5
Vodljivost ($\mu S/cm$)	386	452	399	418	2500
Isparni ostatak na 105°C				293,0	<1000
Ukupne suspenzije (mg/L)				6,0	10

Utrošak $KMnO_4$ (mg/L)	2,55	1,21	0,19	0,12	5,0
Ukupna tvrdoća (mg/L)				217,6	
HRANJIVE TVARI					
Amonij (mg/L)	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,5
Nitriti (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5
Nitrati (mg/L)	18	20	18	21	50,0
IONI					
Hidrogenkarbonat (mg/L)	89	115	106	106	
Fluoridi (µg/L)			245	174,4	1500
Ukupni cijanidi (µg/L)				<10	50,0
Kalcij (mg/L)	60	72	57	51	
Kalij(mg/L)	0,7	0,71	0,60	0,65	12
Natrij (mg/L)	5,6	5,9	5,3	5,0	200
Magnezij (mg/L)	15	17	15	14	
Fosfati (µg/L)	<0,1	<0,1	78	<0,1	300
Reaktivni silikati (mg/L)	7,5	8,0	16,0	11,0	50
Kloridi (mg/L)	4,7	5,1	5,9	5,6	250,0
Sulfati (mg/L)	8	11	10	9	250,0
METALI – UKUPNI					
Aluminij (µg/L)				<0,1	0,2
Antimon (µg/L)				<5	5,0
Barij (µg/L)				<12	700
Berilij (µg/L)				<0,1	
Kobalt (µg/L)				<0,1	
Srebro (µg/L)				<4	10
Vanadij (µg/L)				<2	5,0
Arsen (µg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	10,0
Bakar (µg/L)				4	2000
Cink (µg/L)				4	3000
Kadmij (µg/L)				<0,1	5,0
Krom (µg/L)				0,4	50,0
Mangan (µg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	50,0
Nikal (µg/L)				<0,1	20,0
Olovo (µg/L)				<0,1	25
Selen (µg/L)				0,3	10,0
Željezo (µg/L)	54,5	72,6	19,6	18,6	200,0
Živa (µg/L)				0,3	1,0

ORGANSKA TVAR					
Ukupni organski ugljik (TOC)(mg/L)				1,01	
ORGANSKI SPOJEVI					
Fenoli (µg/L)				0,00	
Mineralna ulja (µg/L)				<2,0	20
Anionski detergent	0,0	115,9	1,0	0,0	200
Neionski detergent				<50	200
Lakohlapivi halogen. UV					
Trihalometani – ukupni			<0,1	<0,1	100
ORGANOKLORIRANI PESTICIDI					
OCP – ukupni (µg/L)				<0,01	0,5
Delta – HCH (µg/L)				<0,01	
Endosulfan (µg/L)				<0,01	
ORGANOFOSFORNI PESTICIDI					
Atrazin (µg/L)				<0,01	
Simazin (µg/L)				<0,01	0,1
PAHovi – ukupni (µg/L)					
MIKROBIOLOŠKI					
Ukupni koliformi			0	0	0
Escherichia coli			0	0	0
Broj aerobnih bakterija u 37°C/48h			10	0	20
Broj aerobnih bakterija u 22°C/72h			0	0	100
Enterokoki			0	0	0
Pseudomonas aeruginosa					0
Clostridium perfringens			0	0	0

Tablica 7 Rezultati monitoringa vodocrpilišta „Delovi“ provedenog u razdoblju od ožujka 2011. do prosinca 2012. godine

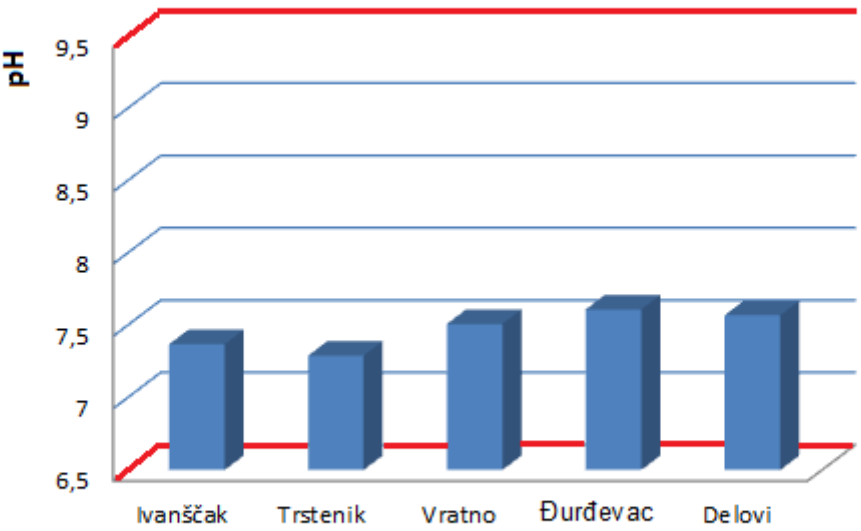
POKAZATELJI	03/2011.	06/2011.	09/2011.	11/2011.	03/2012.	07/2012.	09/2012.	12/2012.	MDK
FIZIKALNO-KEMIJSKI									
Temperatura (°C)	11,8	12,6	11,9	11,6	12,1	11,9	12,6	12,5	25
Vodikov sulfid (mg/L)	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	bez
Boja (mg/l Pt/Co skale)	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	20
Mutnoća (NTU)	2,8	0,3	0,48	0,4	0,75	30	0,65	0,90	4
Miris	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez
Okus	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez	bez

pH vrijednost	8,33	8,03	7,14	7,55	8,05	7,05	7,07	7,38	6,5-9,5
Vodljivost ($\mu S/cm$)	429	479	466	435	449	471	452	496	2500
Isparni ostatak na 105°C	268	256	318	268	280	284	278,0	273	<1000
Ukupne suspenzije (mg/L)	7	6	7	7	6	4	8,0	8,0	10
Utrošak $KMnO_4$ (mg/L)	1,2	0,74	0,66	1,44	1,01	0,42	0,13	0,64	5,0
Ukupna tvrdoća (mg/L)	232	261,2	294	244,8	264	268,4	270,0	260,8	
HRANJIVE TVARI									
Amonij (mg/L)	0	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,5
Nitriti (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5
Nitrati (mg/L)	0,59	1,49	1,5	2,6	0,97	1,7	1,9	2,1	50,0
IONI									
Hidrogenkarbonat (mg/L)	143	148	156	152	135	151	141	145	
Fluoridi (µg/L)	128	12	0	175	209	151	185	215,5	1500
Ukupni cijanidi (µg/L)	<10	<10	<10	<10	<10	8	<10	<10	50,0
Kalcij (mg/L)	61,2	64,7	65,0	72,0	69	67	56	68	
Kalij(mg/L)	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,87	0,87	12
Natrij (mg/L)	7,5	6,9	6,8	5,7	7,1	7,3	6,81	6,80	200
Magnezij (mg/L)	19,9	24,4	23	21	21	20	19	19	
Fosfati (µg/L)	0	0	0	<0,1	<0,1	98	<0,1	<0,1	300
Reaktivni silikati (mg/L)	9	9	14,5	13	7	14	11	10	50
Kloridi (mg/L)	4	4,8	6	4,1	3,8	4,3	3,74	4,76	250,0
Sulfati (mg/L)	5,6	7,2	9,1	6,2	7,1	6,2	6,6	7,7	250,0
METALI – UKUPNI									
Aluminij (µg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2
Antimon (µg/L)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5		5,0
Barij (µg/L)	16,7	<12	<12	12,5	<12	<12	<12		700
Berilij (µg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Kobalt (µg/L)	<1	<0,1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Srebro (µg/L)	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4		10
Vanadij (µg/L)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2		5,0
Arsen (µg/L)	<1	<0,1	6,9	1,9	<0,1	2,4	<0,1	2,3	10,0
Bakar (µg/L)	<1	<0,1	<1	<1	<1	2	4	1	2000
Cink (µg/L)	15,28	<0,1	<0,1	<0,5	<0,1	10	21	4	3000
Kadmij (µg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	5,0
Krom (µg/L)	0,34	1,2	7,6	<0,5	1,6	<0,1	<0,1	<0,1	50,0
Mangan (µg/L)	141	22,7	32,1	50	22,3	11,7	8,3	20,1	50,0
Nikal (µg/L)	<0,1	7,7	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	4,5	<0,1	20,0

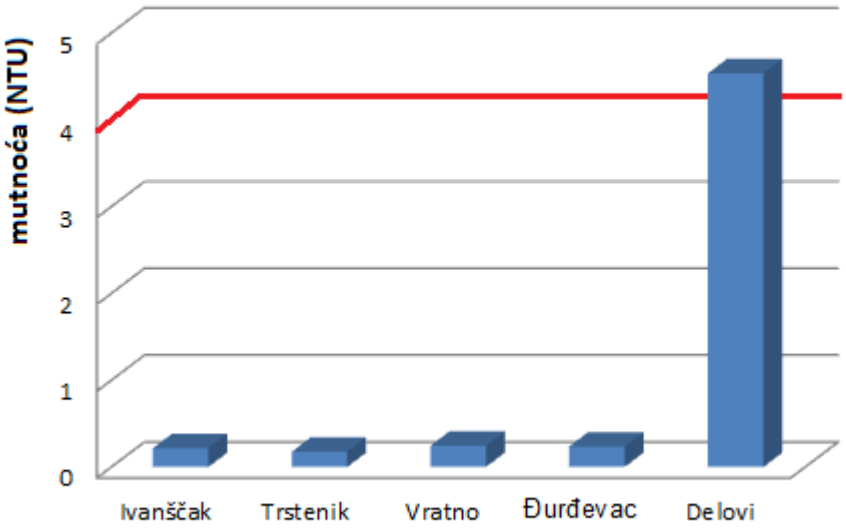
Olovo (µg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,5	1,7	<0,1	0,6	25
Selen (µg/L)	0,1	<0,1	<1	<1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	10,0
Željezo (µg/L)	1620	292,7	509,5	188,2	278,5	1406,2	55,4	204,9	200,0
Živa (µg/L)	0,18	<0,1	0,4	0,7	0,2	0,1	0,2	0,3	1,0
ORGANSKA TVAR									
Ukupni organski ugljik (TOC)(mg/L)	1,3	1,3	1,3	1,0	1,8	1,3	0,86	1,14	
ORGANSKI SPOJEVI									
Fenoli (µg/L)	0	0	10	0	0	0,01	0,0	0,0	
Mineralna ulja (µg/L)	2,5	13	18,4	14,8	17,4	<2,0	<2,0	17,5	20
Anionski detergent	0	0	0	0	0	7	2,0	3	200
Neionski detergent	<60	<60	<60	<60	<50	<50	<50		200
Lakohlapivi halogen. UV									
Trihalometani – ukupni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	100
ORGANOKLORIRANI PESTICIDI									
OCP – ukupni (µg/L)	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,5
Delta – HCH (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Endosulfan (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
ORGANOFOSFORNI PESTICIDI									
Atrazin (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Simazin (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,1
PAHovi – ukupni (µg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
MIKROBIOLOŠKI									
Ukupni koliformi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Broj aerobnih bakterija u 37°C/48h	0	0	0	0	0	10	0	0	20
Broj aerobnih bakterija u 22°C/72h	20	0	20	0	0	0	70	0	100
Enterokoki	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clostridium perfringens	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5. RASPRAVA

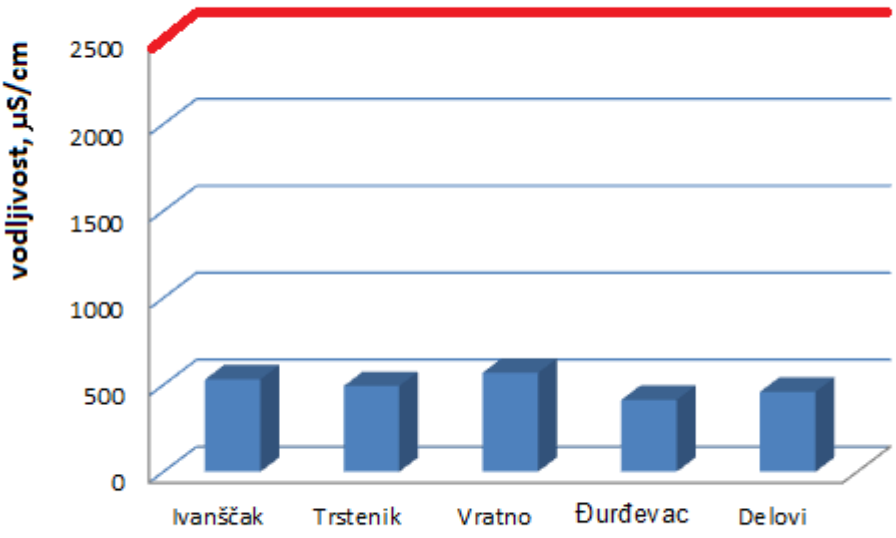
U nastavku su grafički prikazani parametri koji su obavezni u redovitom monitoringu podzemnih voda. Rezultati ispitivanja uspoređivani su s MDK Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju iz Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/2013). U navedenom Pravilniku u Prilogu 2 (Parametri, učestalost uzimanja uzoraka te vrste i opseg analize uzoraka vode za ljudsku potrošnju za provedbu monitoringa) dana je tablica obaveznih parametara ispitivanja u redovitom monitoringu. Obavezni fizikalno-kemijski i kemijski pokazatelji su: aluminij, amonij, boja, vodljivost, pH vrijednost, miris, mutnoća, nitriti, okus, željezo, kloridi, nitrati, utrošak $KMnO_4$, temperatura. Obavezni mikrobiološki pokazatelji su: *Escherichia coli*, ukupni koliformi, enterokoki, broj kolonija na 22°C, broj kolonija na 37°C, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa*. Nakon grafičkih prikaza slijedi rasprava o podzemnoj vodi svakog pojedinog izvorišta te kratak osvrt na izvorišta lokalnih vodovoda.



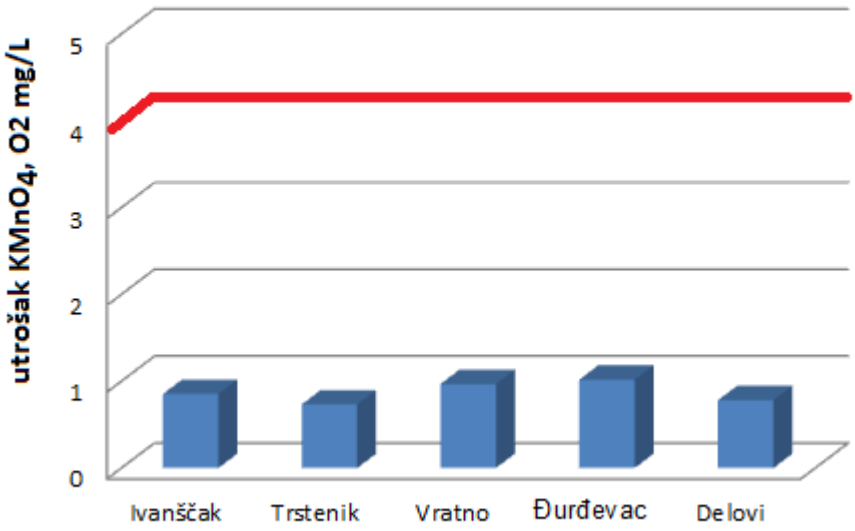
Slika 7 Grafički prikaz srednjih pH vrijednosti uzoraka vode sa pojedinih izvorišta, uz istaknutu MDK vrijednost



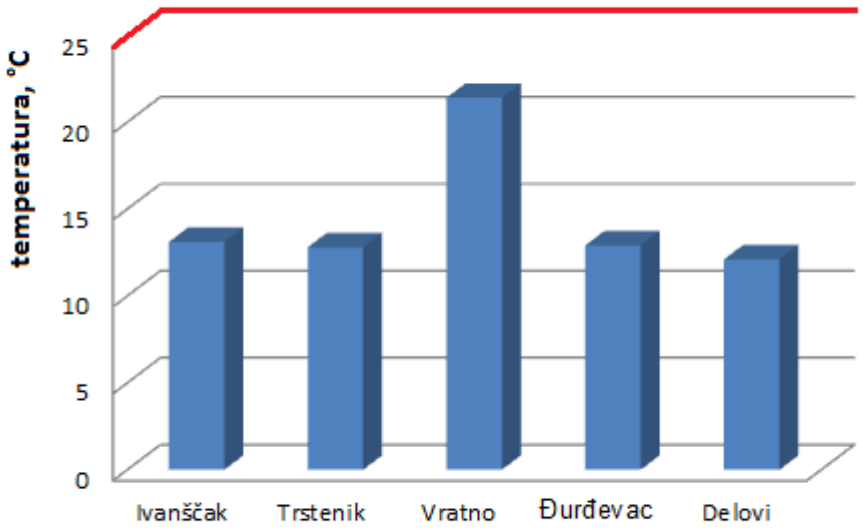
Slika 8 Grafički prikaz srednjih vrijednosti mutnoće uzoraka vode sa pojedinih izvorišta, uz istaknutu MDK vrijednost



Slika 9 Grafički prikaz srednjih vrijednosti vodljivosti uzoraka vode na pojedinim izvorištima, uz istaknutu MDK vrijednost



Slika 10 Grafički prikaz srednjih vrijednosti utroška $KMnO_4$ uzoraka vode na pojedinim izvorištima, uz istaknutu MDK vrijednost



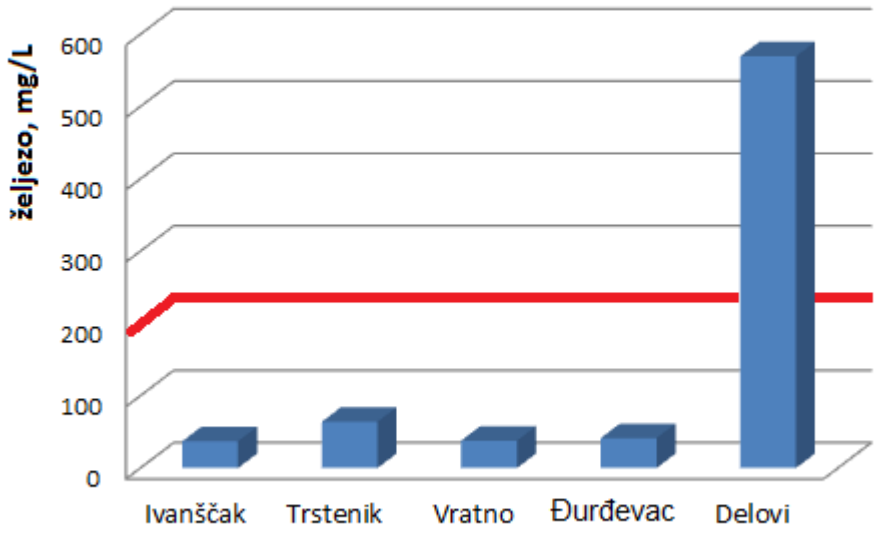
Slika 11 Grafički prikaz srednjih vrijednosti temperature vode na pojedinim izvorištima, uz istaknutu MDK vrijednost



Slika 12 Grafički prikaz srednjih vrijednosti nitrata u uzorcima vode na pojedinim izvorištima, uz istaknutu MDK vrijednost



Slika 13 Grafički prikaz srednjih vrijednosti klorida u uzorcima vode na pojedinim izvorištima, uz istaknutu MDK vrijednost



Slika 14 Grafički prikaz srednjih vrijednosti željeza u uzorcima vode na pojedinim izvorištima, uz istaknutu MDK vrijednost



Slika 15 Grafički prikaz srednjih vrijednosti broja kolonija na 22°C u uzorcima vode iz pojedinih izvorišta, uz istaknutu MDK vrijednost



Slika 16 Grafički prikaz srednjih vrijednosti broja kolonija na 37°C u uzorcima vode iz pojedinih izvorišta, uz istaknutu MDK vrijednost

MDK vrijednosti prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) su sljedeće:

- za pH vrijednost: 6,5 – 9,5;
- za boju: 20 mg/L Pt/Co skale;
- za miris: bez;
- za okus: bez;
- za mutnoću: 4 NTU;
- za vodljivost: 2500 µS/cm;
- za utrošak $KMnO_4$: 5,0 mg/L;
- za amonij: 0,5 mg/L;
- za nitrite: 0,5 mg/L;
- za nitrate: 50,0 mg/L;
- za broj aerobnih bakterija na 37°C/48h: 20;
- za broj aerobnih bakterija na 22°C/72h: 100.

5.1. IZVORIŠTE „IVANŠČAK“

Rezultati ispitivanja uzoraka s izvorišta „Ivanščak“ prikazani su u **Tablici 3**.

U svim ispitanim uzorcima vrijednosti pojedinih izmjerenih pokazatelja su ujednačene te nema većih odstupanja u pojedinim mjerenjima. Voda je neutralna, pH je oko 7,0 (vidljivo na **Slici 7**), voda je bez boje i mirisa te zadovoljavajuće mutnoće (0,15 – 0,26 NTU), što je vidljivo na **Slici 8**. Vodljivost se kretala od 4,74 do 5,98 µS/cm (**Slika 9**), a utrošak $KMnO_4$ od 0,37 do 2,14 mg/L (**Slika 10**). Amonijak i nitriti nisu nađeni, a nitrati se kreću u granicama od 20 do 30 mg/L (**Slika 12**). Kloridi su također nađeni ispod vrijednosti MDK (**Slika 13**). Željezo se kreće u rasponu od 20,9 do 45,7 µg/L (**Slika 14**).

U uzorcima iz izvorišta nisu nađene bakterije: ukupni koliformi, *E.coli*, enterokoki, *Pseudomonas aeruginosa, Clostridium perfringens.* Broj aerobnih bakterija na 37°C (**Slika 16**) te broj aerobnih bakterija na 22°C (**Slika 15**) nađen je u uzorcima ispod MDK.

Na temelju svih rezultata može se reći da voda iz izvorišta “Ivanščak” zadovoljava uvjete propisane Pravilnikom te je zdravstveno ispravna. Za sada se ne očekuje onečišćenje izvorišta koje snabdijeva vodoopskrbni sustav grada Koprivnice i okolnih naselja.

5.2. IZVORIŠTE „VRATNO“

Rezultati ispitivanja uzoraka s izvorišta „Vratno“ prikazani su u **Tablici 4**.

U svim ispitanim uzorcima vrijednosti pojedinih izmjerenih pokazatelja su ujednačene te nema većih odstupanja u pojedinim mjerenjima. Voda je neutralna, pH je od 7,03 do 8,18 (vidljivo na **Slici 7**), voda je bez boje i mirisa te zadovoljavajuće mutnoće (0,19 – 0,38 NTU), što je vidljivo na **Slici 8**. Na **Slici 11** vidljivo je da se temperatura podzemne vode na ovom izvorištu kreće u rasponu od 20,7°C do 22,1°C, što je i dalje ispod MDK Pravilnika, no znatno viša temperatura u odnosu na ostala promatrana izvorišta. Vodljivost se kretala od 483 do 829 µS/cm (**Slika 9**), a organsko onečišćenje, odnosno utrošak $KMnO_4$ od 0,33 do 2,99 mg/L (**Slika 10**). Amonijak i nitriti nisu nađeni, a nitrati se kreću u granicama od 2,6 do 6,3 mg/L (**Slika 12**). Kloridi su također nađeni ispod vrijednosti MDK (**Slika 13**). Željezo se kreće u rasponu od 13,8 do 64,5 µg/L (**Slika 14**).

U uzorcima iz izvorišta nisu nađene bakterije: ukupni koliformi, *E.coli*, enterokoki, *Pseudomonas aeruginosa, Clostridium perfringens.* Broj aerobnih bakterija na 37°C (**Slika 16**) te broj aerobnih bakterija na 22°C (**Slika 15**) nađen je u uzorcima ispod MDK.

Na temelju svih rezultata može se reći da voda iz izvorišta “Vratno” zadovoljava uvjete propisane Pravilnikom te je zdravstveno ispravna. Za sada se ne očekuje onečišćenje izvorišta koje snabdijeva vodoopskrbni sustav grada Križevaca i okolnih naselja.

5.3. IZVORIŠTE „TRSTENIK“

Rezultati ispitivanja uzoraka s izvorišta „Trstenik“ prikazani su u **Tablici 5**.

U svim ispitanim uzorcima vrijednosti pojedinih izmjerenih pokazatelja su ujednačene te nema većih odstupanja u pojedinim mjerenjima. Voda je neutralna, pH je od 6,5 do 8,28 (vidljivo na **Slici 7**), voda je bez boje i mirisa te zadovoljavajuće mutnoće (0,15 – 0,19 NTU), što je vidljivo na **Slici 8**. Vodljivost se kretala od 430 do 609 µS/cm (**Slika 9**), a organsko onečišćenje, odnosno utrošak $KMnO_4$ od 0,56 do 1,54 mg/L (**Slika 10**). Amonijak i nitriti nisu nađeni, a nitrati se kreću u granicama od 12 do 16 mg/L (**Slika 12**). Kloridi su također nađeni ispod vrijednosti MDK (**Slika 13**). Željezo se kreće u rasponu od 16,8 do 45,7 µg/L (**Slika 14**).

U uzorcima iz izvorišta nisu nađene bakterije: ukupni koliformi, *E.coli*, enterokoki, *Pseudomonas aeruginosa, Clostridium perfringens.* Broj aerobnih bakterija na 37°C (**Slika 16**) te broj aerobnih bakterija na 22°C (**Slika 15**) nađen je u uzorcima ispod MDK.

Na temelju svih rezultata može se reći da voda iz izvorišta “Trstenik” zadovoljava uvjete propisane Pravilnikom te je zdravstveno ispravna. Za sada se ne očekuje onečišćenje izvorišta koje snabdijeva vodoopskrbni sustav grada Križevaca i okolnih naselja, a voda s izvorišta se dezinficira, nakon čega se distribuira do potrošača.

5.4. IZVORIŠTE „ĐURĐEVAC“

Rezultati ispitivanja uzoraka s izvorišta „Đurđevac“ prikazani su u **Tablici 6**.

U svim ispitanim uzorcima vrijednosti pojedinih izmjerenih pokazatelja su ujednačene te nema većih odstupanja u pojedinim mjerenjima. Voda je neutralna, pH je od 6,94 do 8,26 (vidljivo na **Slici 7**), voda je bez boje i mirisa te zadovoljavajuće mutnoće (0,19 – 0,37 NTU), što je vidljivo na **Slici 8**. Vodljivost se kretala od 386 do 452 µS/cm (**Slika 9**), a organsko onečišćenje, odnosno utrošak $KMnO_4$ od 0,19 do 2,55 mg/L (**Slika 10**). Amonijak i nitriti nisu nađeni, a nitrati se kreću u granicama od 18 do 21 mg/L (**Slika 12**). Kloridi su također nađeni

ispod vrijednosti MDK (**Slika 13**). Željezo se kreće u rasponu od 18,6 do 72,6 µg/L (**Slika 14**).

U uzorcima iz izvorišta nisu nađene bakterije: ukupni koliformi, *E.coli*, enterokoki, *Pseudomonas aeruginosa, Clostridium perfringens.* Broj aerobnih bakterija na 37°C (**Slika 16**) te broj aerobnih bakterija na 22°C (**Slika 15**) nađen je u uzorcima ispod MDK.

Na temelju svih rezultata može se reći da voda iz izvorišta "Đurđevac" zadovoljava uvjete propisane Pravilnikom te je zdravstveno ispravna. Za sada se ne očekuje onečišćenje izvorišta koje snabdijeva vodoopskrbni sustav grada Đurđevca i okolnih naselja, a voda s izvorišta se dezinficira, nakon čega se distribuira do potrošača.

5.5. IZVORIŠTE „DELOVI"

Rezultati ispitivanja uzoraka s izvorišta „Delovi" prikazani su u **Tablici 7**.

U svim ispitanim uzorcima vrijednosti pojedinih izmjerenih pokazatelja su ujednačene te nema većih odstupanja u pojedinim mjerenjima. Voda je neutralna, pH je od 7,05 do 8,33 (vidljivo na **Slici 7**), voda je bez boje i mirisa te zadovoljavajuće mutnoće (0,3 – 30 NTU), što je vidljivo na **Slici 8**. Vodljivost se kretala od 429 do 496 µS/cm (**Slika 9**), a organsko onečišćenje, odnosno utrošak $KMnO_4$ od 0,13 do 1,44 mg/L (**Slika 10**). Amonijak i nitriti nisu nađeni, a nitrati se kreću u granicama od 0,59 do 2,6 mg/L (**Slika 12**). Kloridi su također nađeni ispod vrijednosti MDK (**Slika 13**). Željezo se kreće u rasponu od 55,4 do 1620 µg/L (**Slika 14**).

U uzorcima iz izvorišta nisu nađene bakterije: ukupni koliformi, *E.coli*, enterokoki, *Pseudomonas aeruginosa, Clostridium perfringens.* Broj aerobnih bakterija na 37°C (**Slika 16**) te broj aerobnih bakterija na 22°C (**Slika 15**) nađen je u uzorcima ispod MDK.

Na temelju svih rezultata može se reći da voda iz izvorišta "Delovi" ne zadovoljava odredbe propisane Pravilnikom. Željezo je u većini uzoraka iznad MDK Pravilnika, no prije distribucije u vodoopskrbni sustav, voda se obrađuje deferizacijom. Time je osigurano da se do potrošača distribuira zdravstveno ispravna voda. Stoga se smatra da ovaj pokazatelj ne predstavlja rizik za zdravlje populacije koja koristi vodu iz izvorišta "Delovi", a nju čine stanovnici grada Bjelovara i okolnih naselja te općine Novigrad Podravski.

5.6. IZVORIŠTA LOKALNIH VODOVODA HAMPOVICA, MIHOLJANEC, DEDINA, GAJNICE, ŠEMOVCI

U **Tablici 8** dan je kratak osvrt na izvorišta lokalnih vodovoda, kod kojih je povremeno prisutna zdravstvena neispravnost zbog nezadovoljavanja mikrobioloških uvjeta.

Tablica 8 Kratak osvrt na lokalna izvorišta

IZVORIŠTE	JESU LI ZADOVOLJENI UVJETI ZRAVSTVENE ISPRAVNOSTI	RJEŠENJE U SLUČAJU NEZADOVOLJAVANJA UVJETA
Hampovica	Povremeno mikrobiološki ne zadovoljava uvjete	Dezinfekcija prije distribucije
Miholjanec	Zdravstveno ispravno	-
Dedina	Zdravstveno ispravno	-
Gajnice, Duboka jama	Mikrobiološki ne zadovoljava uvjete	Dezinfekcija prije distribucije
Šemovci	Zdravstveno ispravno	-

Na temelju analiza može se reći da voda iz izvorišta lokalnog vodovoda „Hampovica“, koje snabdijeva naselje Hampovica, povremeno ne zadovoljava uvjete propisane Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju. Budući da je voda s ovog izvorišta povremeno zdravstveno neispravna, prije distribucije do potrošača potrebna je dezinfekcija vode. Uzrok zdravstvene neispravnosti vode su mikrobiološka onečišćenja, ukupni koliformi, ukupan broj aerobnih bakterija na 37°C, broj aerobnih bakterija na 22°C te enterokoki.

Izvorište Gajnice, Duboka jama, lokalnog vodovoda „Vojakovački Osijek“ također mikrobiološki odstupa od uvjeta propisanih Pravilnikom. Preporučena je dezinfekcija ove zdravstveno neispravne vode iz izvorišta koje snabdijeva naselje Vojakovački Osijek. Voda ne zadovoljava MDK Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) jer su nađeni ukupni koliformi, E.coli, enterokoki, broj aerobnih bakterija na 37°C i broj aerobnih bakterija na 22°C iznad MDK.

5.7. PRIMJER IZRAČUNA PRIPADNOSTI IZVORIŠTA VODONOSNOJ ZONI

Uzorci podzemne vode uzeti su iz izvorišta „Ivanščak“, „Vratno“, „Trstenik“, „Đurđevac“ i „Delovi“. Uzeti uzorci su analizirani te korišteni za određivanje vodonosnih zona na području Koprivničko-križevačke županije. Primjer određivanja pripadnosti izvorišta istoj, odnosno

različitoj vodonosnoj zoni dan je u **Tablici 9**. Ako je razlika u sastavu dominantnih aniona i kationa u uzorku vode veća od 15%, tada uspoređivana izvorišta pripadaju različitim vodonosnim zonama. Svi su uzorci uzeti u istom vremenskom periodu.

Tablica 9 Usporedba izvorišta prema sastavu dominantnih aniona i kationa za određivanje pripadnosti izvorišta vodonosnoj zoni

	IVANŠČAK 3.7.2012.	**VRATNO 3.7.2012.**	**RAZLIKA U SASTAVU ANIONA/KATIONA**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	126	151	16,56%
KLORID	15	3,2	78,67%
NITRAT	25	2,8	88,8%
SULFAT	25	37	32,43%
KATIONI			
NATRIJ	13	3,1	76,15%
KALIJ	0,8	1,1	27,27%
MAGNEZIJ	25	19	24%
KALCIJ	76	91	16,48%
	IVANŠČAK	**TRSTENIK**	**RAZLIKA U SASTAVU**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	126	114	9,52%
KLORID	15	16	6,52%
NITRAT	25	13	48%
SULFAT	25	27	7,41%
KATIONI			
NATRIJ	13	12	7,69%
KALIJ	0,8	0,4	50%
MAGNEZIJ	25	18	28%
KALCIJ	76	56	26,32%
	IVANŠČAK	**ĐURĐEVAC**	**RAZLIKA U SASTAVU**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	126	115	8,73%
KLORID	15	5,1	66%
NITRAT	25	20	20%
SULFAT	25	11	56%
KATIONI			
NATRIJ	13	5,9	54,62%
KALIJ	0,8	0,71	11,25%
MAGNEZIJ	25	17	32%
KALCIJ	76	72	5,26%
	IVANŠČAK	**DELOVI**	**RAZLIKA U SASTAVU**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	126	151	16,55%
KLORID	15	4,3	71,33%
NITRAT	25	1,7	93,2%
SULFAT	25	6,2	75,2%
KATIONI			
NATRIJ	13	7,3	43,85%
KALIJ	0,8	0,8	=
MAGNEZIJ	25	20	20%
KALCIJ	76	67	11,84%
	VRATNO	**TRSTENIK**	**RAZLIKA U SASTAVU**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	151	114	24,5%
KLORID	3,2	16	80%

NITRAT	2,8	13	78,46%
SULFAT	37	27	27,03%
KATIONI			
NATRIJ	3,1	12	74,17%
KALIJ	1,1	0,4	90,91%
MAGNEZIJ	19	18	5,26%
KALCIJ	91	56	38,46%
	VRATNO	**ĐURĐEVAC**	**RAZLIKA U SASTAVU**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	151	115	23,84%
KLORID	3,2	5,1	37,25%
NITRAT	2,8	20	86%
SULFAT	37	11	70,27%
KATIONI			
NATRIJ	3,1	5,9	47,46%
KALIJ	1,1	0,71	35,45%
MAGNEZIJ	19	17	10,53%
KALCIJ	91	72	20,88%
	VRATNO	**DELOVI**	**RAZLIKA U SASTAVU**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	151	151	=
KLORID	3,2	4,3	25,58%
NITRAT	2,8	1,7	39,29%
SULFAT	37	6,2	83,24%
KATIONI			
NATRIJ	3,1	7,3	57,53%
KALIJ	1,1	0,8	27,27%
MAGNEZIJ	19	20	5%
KALCIJ	91	67	26,37%
	TRSTENIK	**ĐURĐEVAC**	**RAZLIKA U SASTAVU**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	114	115	0,87%
KLORID	16	5,1	68,13%
NITRAT	13	20	35%
SULFAT	27	11	59,26%
KATIONI			
NATRIJ	12	5,9	50,83%
KALIJ	0,4	0,71	43,66%
MAGNEZIJ	18	17	5,56%
KALCIJ	56	72	22,22%
	TRSTENIK	**DELOVI**	**RAZLIKA U SASTAVU**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	114	151	24,5%
KLORID	16	4,3	73,13%
NITRAT	13	1,7	86,92%
SULFAT	27	6,2	77,04%
KATIONI			
NATRIJ	12	7,3	39,17%
KALIJ	0,4	0,8	50%
MAGNEZIJ	18	20	10%
KALCIJ	56	67	16,43%
	ĐURĐEVAC	**DELOVI**	**RAZLIKA U SASTAVU**
ANIONI			
HIDROGENKARBONAT	115	151	23,84%
KLORID	5,1	4,3	15,69%
NITRAT	20	1,7	91,5%
SULFAT	11	6,2	43,64%
KATIONI			

NATRIJ	5,9	7,3	19,18%
KALIJ	0,71	0,8	11,25%
MAGNEZIJ	17	20	15%
KALCIJ	72	67	6,94%

6. ZAKLJUČCI

- Podzemna voda s izvorišta „Ivanščak“ zdravstveno ispravna i visoke kakvoće te u potpunosti udovoljava odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013)
- Podzemna voda s izvorišta „Vratno“ zdravstveno je ispravna i visoke kakvoće te u potpunosti udovoljava odredbama Pravilnika
- Podzemna voda s crpilišta „Đurđevac“ zdravstveno je ispravna, visoke kakvoće i u potpunosti udovoljava odredbama Pravilnika
- Podzemne vode sa izvorišta lokalnih vodovoda Miholjanec, Dedina, Vojakovački Osijek i Šemovci zdravstveno su ispravne i visoke su kakvoće
- U izvorištu „Vratno“ izmjerene temperature podzemne vode odstupaju od prosječnih temperatura ostalih uzorkovanih vodocrpilišta, što potvrđuje rezultate prijašnjih ispitivanja ovog crpilišta provedena osamdesetih godina prošlog stoljeća koja su pokazala da se radi o arteškom zdencu s termalnom vodom
- Na svim ispitanim vodocrpilištima kao mjera predustrožnosti iki kao neophodan tehnološki postupak, provodi se dezinfekcija plinovitim klorom
- Kao posljedica geološke strukture tla, u podzemnoj vodi s izvorišta „Delovi“ koncentracija željeza je iznad propisane MDK (NN 125/2013) te voda nije u skladu s Pravilnikom. Zbog toga ju je prije distribucije do potrošača potrebno deferizirati kako bi do potrošača stigla kao zdravstveno ispravna
- Rezultati ovog rada ukazuju da se radi o županiji u kojoj su vode s izvorišta uglavnom visoke kakvoće i zadovoljavaju uvjete Pravilnika (NN 125/2013) i bez obrade
- Usporedbom dobivenih rezultata uočava se da se ispitana vodocrpilšta na području Koprivničko-križevačke županije nalaze u pet vodonosnih zona s obzirom na razlike u sastavu dominantnih aniona i kationa u uzorcima podzemne vode, odnosno ispitana vodocrpilišta pripadaju različitim vodonosnim zonama

7. LITERATURA

Gulić I: *Opskrba vodom*. Hrvatski savez građevinskih inženjera, Zagreb, 2000.

Tušar B: Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode sa zakonskom regulativom. Croatiaknjiga, Zagreb, 2004.

Jahić B. M: *Snabdevenje vodom i zaštita voda.* Udruženje za tehnologiju vode, Beograd, 1984.

Degremont G: *Tehnika prečišćavanja voda*. Građevinska knjiga, Beograd, 1976.

vodovodkd.net (2013): *Kako se distribuira voda?.* Dostupno 22.09.2014. na: http://vodovodkd.net/enciklopedia4.html

Zakon o područjima županija, gradova i općina u Republici Hrvatskoj (NN 45/13).

Zavod za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije: *Prostorni plan Koprivničko-križevačke županij*e (SG 8/01), 2011.

Zakon o vodama (NN 153/2009).

Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/2013).

Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013).

Državni plan za zaštitu voda (NN 8/1999).

Uredba o kategorizaciji vodotoka (NN 15/1981).

Clesceri L, Greenberg A, Eaton A: Standard methods for the Examination of Water and Wastewater (20th Edition), APHA, AWWA, WEF, 1998.

Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije: Izvješće o zdravstvenoj ispravnosti vode iz izvorišta na području Koprivničko-križevačke županije, 2012.

Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije: Izvješće o zdravstvenoj ispravnosti vode iz izvorišta na području Koprivničko-križevačke županije, 2013.

Hrvatski zavod za norme: Kvaliteta vode - Određivanje pH vrijednosti. ISO 10523:2008; EN ISO 10523:2012

Hrvatski zavod za norme: Kakvoća vode - Određivanje mutnoće . ISO 7027:1999; EN ISO 7027:1999

Hrvatski zavod za norme:Kakvoća vode - Određivanje otopljenih aniona ionskom tekućinskom kromatografijom - 1. dio: Određivanje bromida, klorida, fluorida, nitrata, nitrita, fosfata i sulfata. ISO 10304-1:2007; EN ISO 10304-1:2009

Hrvatski zavod za norme: Kakvoća vode - Određivanje slobodnoga i ukupnoga klora -- 2. dio: Kolorimetrijska metoda s N,N-dietil-1,4-fenildiaminom u svrhu rutinske kontrole . ISO 7393-2:1985; EN ISO 7393-2:2000

Hrvatski zavod za norme: Kakvoća vode - Određivanje permanganatnog indeksa. ISO 8467:1993; EN ISO 8467:1995

Barbič F, Savić I, Koković D: Mogućnost i značaj modeliranja bioloških faktora u izdanim podzemne pijače vode. *Zbornik II jugoslavenski simpozij mikrobne biologije*. Zagreb, 1990.

Block JC, Bois FY, Reasoner D, Dutang M, Mathieu L, Paquin JL, Maillard J: Disinfection of drinking water distribution systems. *Water Supply* 13:1-11, 1995.

Gulić I: *Kondicioniranje vode*. Hrvatski savez građevinskih inženjera, Zagreb, 2003.