Kvaliteta vode za ljudsku potrošnju lokalnih vodovoda Požeško-slavonske županije

Cvjetojević, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:109:008326

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Kristina Cvjetojević

KVALITETA VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU LOKALNIH VODOVODA POŽEŠKO-SLAVONSKE ŽUPANIJE

DIPLOMSKI RAD

Osijek, srpanj 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

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

Diplomski sveučilišni studij Znanost o hrani i nutricionizam

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Tehnologija vode i obrada otpadnih voda
Tema rada je prihvaćena na VII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2022./2023. održanoj dana 2. svibnja 2023.
Mentor: prof. dr. sc *Mirna Habuda-Stanić*
Pomoć pri izradi: *Ariana Penava,* mag. nutr.

Kvaliteta vode za ljudsku potrošnju lokalnih vodovoda Požeško-slavonske županije

Kristina Cvjetojević, 0285003512

Sažetak:
Voda za ljudsku potrošnju mora biti odgovarajuće kvalitete i zdravstveno ispravna te je , stoga, nužan njen kontinuirani nadzor i obvezna redovita kontrola kvalitete. Parametri koji određuju kvalitetu vode definirani su Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18, 16/20) i 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 125/17, 39/20). Zadatak ovog diplomskog rada bilo je uzorkovanje i analiza vode za ljudsku potrošnju iz dva lokana vodovoda putem kojeg se vodom snabdijevaju stanovnici općine Velika i Kutjevo u Požeško-slavonskoj županiji. Uzorkovanje i analize su provedene u cilju utvrđivanja kvalitete i zdravstvene ispravnosti vode te praćenja trenda promjena tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. - 2022. godine). Kvaliteta vode određena je praćenjem sljedećih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja: pH, vodljivost, koncentracija željeza, koncentracija mangana i koncentracija organskih tvari (utrošak $KMnO_4$) te ukupni broj koliforma, *Escherichia coli* (*E. coli*), broj kolonija na 22 °C i 36 °C i enterokoki.

Ključne riječi: kvaliteta vode, lokalni vodovodi, Požeško-slavonska županija

Rad sadrži: 58 stranica
19 slika
4 tablice
0 priloga
31 literaturnu referencu

Jezik izvornika: Hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

1. prof. dr. sc. *Dajana Gašo-Sokač* — predsjednik
2. prof. dr. sc. *Mirna Habuda-Stanić* — član-mentor
3. izv. prof. dr. sc. *Lidija Lenart Dujmović* — član
4. doc. dr. sc. *Valentina Bušić* — zamjena člana

Datum obrane: 14. srpanj 2023.

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 Ecology and Toxicology
Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program Food science and nutrition

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Food technology
Course title: Water technology and wastewater treatments
Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. VII held on 2nd May 2023.
Mentor: *Mirna Habuda-Stanić*, PhD, full professor
Technical assistance: *Ariana Penava*, mag. nutr.

The quality of water for human consumption at the local waterworks of the Požega-Slavonia County

Kristina Cvjetojević, 0285003512

Summary:
Water for human consumption must be of appropriate quality and healthy, because of that quality of drinking water must be controlled. Parameters that determine water quality are defined by Law on the Water for human consumption (NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18, 16/20) and Regulations of parameters compliance and analysis methods of water for human consumption (NN 125/17, 39/20). Part of the population Požega-Slavonia County is supplied with water through the local water supply systems. The thesis assignment is to examine the quality and healthy water with sampling and analysis of water from the two local water supply systems (township Velika and Kutjevo), obtained results compared with Croatian regulations and results of analysis over the past four-year period (2019.-2022.). Water quality will be determined by monitoring physicochemical and microbiological indicators: pH value, conductivity, iron concentration, manganese concentration, the concentration of organic substances ($KMnO_4$ consumption), total coliforms, *Escherichia coli* (*E. coli*), colony count at 22 °C and 36 °C and enterococci.

Key words: water quality, local water supply systems, Požega-Slavonia County

Thesis contains: 58 pages
19 figures
4 tables
0 supplements
31 references

Original in: Croatian

Defense committee:

1. *Dajana Gašo-Sokač*, PhD, full professor — Chair person
2. *Mirna Habuda-Stanić*, PhD, full professor — Supervisor
3. *Lidija Lenart Dujmović*, PhD, associate professor — Member
4. *Valentina Bušić*, PhD, assistant professor — Stand-in

Defense date: July, 14th, 2023.

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

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. sc. Mirni Habuda-Stanić na odvojenom vremenu i pomoći pri izradi diplomskog rada, kao i komentorici i kolegici mag. nutr. Ariani Penava.

Veliko hvala mojoj najvećoj podršci, mom suprugu Branimiru,

te mojoj najvećoj motivaciji, mojoj djeci, Janu i Emi.

Diplomski rad posvećujem svojoj mami...

SADRŽAJ

1. UVOD 2
2. TEORIJSKI DIO 6
   2.1. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU IZ LOKALNIH VODOVODA U REPUBLICI HRVATSKOJ 2018. GODINE 8
   2.2. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU IZ LOKALNIH VODOVODA U REPUBLICI HRVATSKOJ 2019. GODINE 10
   2.3. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU IZ LOKALNIH VODOVODA U REPUBLICI HRVATSKOJ 2020. GODINE 12
   2.4. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU IZ LOKALNIH VODOVODA U REPUBLICI HRVATSKOJ 2021. GODINE 13
   2.5. VODOOPSKRBA POŽEŠKO-SLAVONSKE ŽUPANIJE 14
3. EKSPERIMENTALNI DIO 18
   3.1. ZADATAK 18
   3.2. MATERIJAL I METODE 18
      3.2.1. ODREĐIVANJE ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI VODE 19
      3.2.2. ODREĐIVANJE pH-VRIJEDNOSTI VODE 20
      3.2.3. ODREĐIVANJE UTROŠKA KALIJEVOG PERMANGANATA ($KMnO_4$) 21
      3.2.4. ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE UKUPNOG ŽELJEZA 23
      3.2.5. ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE MANGANA 24
      3.2.6. ODREĐIVANJE PRISUTNOSTI *ESCHERICHIA COLI* I KOLIFORMNIH BAKTERIJA 24
      3.2.7. ODREĐIVANJE BROJA KOLONIJA NA 22 °C I 36 °C 27
      3.2.8. ODREĐIVANJE ENTEROKOKA 28
4. REZULTATI I RASPRAVA 32
   4.1. ODREĐIVANJE FIZIKALNO-KEMIJSKIH I KEMIJSKIH POKAZATELJA KVALITETE VODE 32
   4.2. ODREĐIVANJE MIKROBIOLOŠKIH POKAZATELJA KVALITETE VODE 33
   4.3. ANALIZA KVALITETE VODE KROZ PETOGODIŠNJE RAZDOBLJE 34
      4.3.1. FIZIKALNO-KEMIJSKE I KEMIJSKE ANALIZE UZORAKA VODE 34
      4.3.2. MIKROBIOLOŠKE ANALIZE UZORAKA VODE 42
5. ZAKLJUČCI 51
6. LITERATURA 56

Popis oznaka, kratica i simbola

PTF	Prehrambeno-tehnološki fakultet (Osijek)
RH	Republika Hrvatska
ZO	Zona opskrbe
ZO LV	Zona opskrbe lokalnih vodovoda
NN	Narodne novine
HZN	Hrvatski zavod za norme
HZJZ	Hrvatski zavod za javno zdravstvo
ZJZ	Zavod za javno zdravstvo
PSŽ	Požeško-slavonska županija
MDK	Maksimalno dozvoljena koncentracija

1. UVOD

Požeško-slavonska županija je županija smještena u zapadnom dijelu Slavonije, površine 1823 km², a sastoji se od 5 gradova, od kojih je Požega središte županije. te 5 općina i 277 naselja. Prema popisu stanovništva iz 2021. godine, županija ima 64 420 stanovnika (1.66 % ukupnog stanovništva Hrvatske), a prosječna gustoća naseljenosti je 35,34 stanovnika/km². Požeška kotlina je okružena s 5 gorja, a to su Psunj (izvorište rijeke Orljave), Papuk (Park prirode Papuk), Krndija, Dilj i Požeška gora. Glavne rijeke Požeško-slavonske županije su Orljava (protječe Požegom), Londža, Pakra i Bijela, a pripadaju Savskom porječju (www.pszupanija.hr, 2023.).

Voda je najvažnija komponenta ljudskog organizma i čini 60-70 % ukupne mase odrasle osobe, što ukazuje na to da bez vode nema života. Voda je medij u kojem se odvijaju svi metabolički procesi te ima važnu ulogu u detoksikaciji organizma. Vrlo je važno unijeti dovoljne dnevne količine vode u organizam. Nutricionisti preporučuju da dnevni unos vode iznosi 0,3 dL vode po kilogramu tjelesne mase dnevno (otprilike 6-8 čaša). Pri tome treba imati na umu da se voda u organizam unosi i u drugim oblicima (primjerice putem voća i povrća, juha, sokova, čajeva, alkohola itd.). Smanjenje količine vode u tijelu od samo 2 % može uzrokovati znakove dehidracije, pa čak i kratkotrajni gubitak pamćenja i poteškoće u koncentraciji (Omerdić, 2020.).

Voda je jedan od temeljnih preduvjeta postojanja i održavanja života. Bez hrane čovjek može preživjeti i nekoliko tjedana, ali bez vode samo nekoliko dana. Potreba za vodom je opća, a opskrba zdravstveno ispravnom vodom jedna je od temeljnih uvjeta i načela društva. Međutim, vodom se mogu prenijeti i mnogi uzročnici zaraznih bolesti (najčešće crijevne zarazne bolesti). Riječ je o mikroorganizmima fekalnog podrijetla (ljudskog i životinjskog), koji dospiju u vodu pri ulasku fekalnog sadržaja u vodoopskrbni sustav. Ukoliko se radi o javnim vodovodima, tada su moguće velike epidemije. Rizik prijenosa hidričnih bolesti putem vode ovisi o karakteristikama uzročnika, broju korisnika vodoopskrbnog sustava i osjetljivosti populacije. Neadekvatna sanitacija, ispuštanje otpadnih u površinske vode, nepostojanje javne vodoopskrbe (ili neadekvatni vodoopskrbni sustavi), gnojenje vrta ljudskim i/ili životinjskim izmetom te slični nehigijenski uvjeti i dalje su važan problem javnog zdravstva u mnogim zemljama. U nekim dijelovima svijeta do 80 % svih oboljenja i oko 1/3 svih smrti vezano je za uporabu zdravstveno neispravne vode. U Europi čak oko 120 milijuna ljudi nema dostupne dovoljne količine zdravstveno ispravne vode. Dezinfekcijom i filtracijom vode znatno se smanjuje opasnost od patogenih organizma (Puntarić i sur., 2012.).

Pročišćavanje (kondicioniranje) vode za piće se obavlja s ciljem poboljšanja fizikalnih, kemijskih i mikrobioloških karakteristika vode, a to podrazumijeva uklanjanje nepoželjnih tvari i dodavanje nekih drugih tvari za poboljšanje kvalitete vode. Metode kondicioniranja vode su sedimentacija bez koagulacije, sedimentacija s koagulacijom, taloženje, filtracija i dezinfekcija, te, zavisno o kvaliteti vode, može se provoditi mekšanje vode, uklanjanje željeza i mangana te radioaktivnih tvari. Pod dezinfekcijom vode se podrazumijeva uništavanje patogenih koliformnih bakterija u vodi (za razliku od sterilizacije kojom se uništavaju svi oblici živih organizama prisutnih u vodi). Dezinfekcija vode provodi se primjenom fizikalnih ili kemijskih metoda, kao što je prokuhavanje vode pri dezinfekciji manjih količina vode ili primjenom UV zračenja, ozonizacije ili doziranjem klornih preparata. Kloriranje vode za piće trenutno je najčešće korištena metoda dezinfekcije, a prvi put je primijenjena još 1908. godine.

Lokalni vodovodi nisu u sustavu javne vodoopskrbe jer su najčešće izgrađeni inicijativom stanovnika koji ih koriste, a koji se o njima i skrbe. grupe građana ili lokalne zajednice. U takvim vodovodima voda se redovno kontrolira, ali je često zdravstveno neispravna, pa ju je stoga potrebno dodatno obraditi (npr. prokuhati) prije konzumacije (Jusupović i sur., 2012.).

Vodom iz sustava javne vodoopskrbe snabdijeva se oko 92% stanovništva Požeštine. Regionalni vodoopskrbni sustav Požeštine kombiniranog je tipa, gravitacijski i tlačni. Čine ga tri crpilišta, dva izvorišta i jedan površinski zahvat. Uz regionalni vodoopskrbni sustav, postoji niz malih samostalnih lokalnih vodovodnih sustava. Samostalni vodoopskrbni sustavi su dugoročno planirani kao dio regionalnog sustava. Osnovni problem većine od tih samostalnih zahvata je neadekvatna izgradnja zahvatnih građevina i zamućenje kod obilnijih padalina. Stoga je, u navedenim okolnostima, nužno primijeniti tehnološki proces obrade vode pri čemu je najznačajnija primjena sustava za dezinfekciju vode te povezivanje na regionalni sustav vodoopskrbe Požeštine (Tekija.hr, 2023.).

Voda za ljudsku potrošnju mora biti odgovarajuće kvalitete i zdravstveno ispravna, stoga je nužna kontinuirana i obavezna kontrola kvalitete vode za ljudsku potrošnju. Parametri koji određuju kvalitetu vode definirani su Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18, 16/20) i 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 125/17, 39/20).

Laboratoriji koji provode analize za ispitivanje kvalitete vode za ljudsku potrošnju moraju biti akreditirani prema normi HRN EN ISO/IEC 17025:2017 (Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija). Akreditacija laboratorija osigurava postizanje međunarodnih standarda u pogledu tehničke kompetencije, kao i pouzdanost u kvalitetu rezultata (HZN, 2017.). Također je važno da uzorkovanje provode educirane i stručne osobe, a pribor i oprema za uzorkovanje mora biti čista i sterilna, dok uzorak koji se uzorkuje mora biti reprezentativan. Važno je uzeti dostatnu količinu uzorka koja je dovoljna za provedbu analiza. Transport uzoraka od mjesta uzorkovanja do laboratorija i početka analize mora se provesti u što kraćem vremenu i uz poštivanje temperaturnog režima (Furmeg i sur., 2021.).

Cilj diplomskog rada je ispitati kvalitetu vode za ljudsku potrošnju u dva lokalna vodovoda Požeško-slavonske županije te dobivene rezultate usporediti s rezultatima analiza Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije kroz proteklo četverogodišnje razdoblje, od 2019. do 2022. godine.

2. TEORIJSKI DIO

Voda za ljudsku potrošnju kvalitetom mora biti u sukladnosti s 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 125/17, 39/20).

Navedeni Pravilnik propisuje način i obim monitoringa (praćenja) zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju na razini Republike Hrvatske. Plan monitoring donosi ministar nadležan za zdravstvo na prijedlog Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (HZJZ), a provedbu Plana monitoringa koordinira HZJZ, dok analize provode zavodi za javno zdravstvo županija, odnosno Grada Zagreba na području svoje mjesne nadležnosti u dijelu za koji su odgovorni, a prema financijskim sredstvima koja za tu svrhu osiguravaju županije, odnosno Grad Zagreb.

Pravna osoba koja obavlja djelatnost javne vodoopskrbe obvezna je osigurati isporuku korisnicima/potrošačima vodu za ljudsku potrošnju koja je u pogledu svih parametara kvalitete sukladna s navedenim Pravilnikom (NN 125/17, 39/20).

Lokalni vodovodi nisu bili pod službenim nadzorom, odnosno nisu bili dio monitoringa vode za ljudsku potrošnju sve do 2013. godine i donošenja Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/2013). Od 2014. godine, lokalni vodovodi koji opskrbljuju > 50 stanovnika obuhvaćeni su Planom monitoringa, a od 2017. godine, Planom monitoringa obuhvaćeni su i lokalni vodovodi koji opskrbljuju < 50 stanovnika.

Hrvatski zavod za javno zdravstvo svake godine objavljuje Izvještaj o zdravstvenoj ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj koji je javno dostupan na njegovim internetskim stranicama. Izvještaj se radi nakon 3. mjeseca (ožujka) tekuće godine za prethodnu godinu.

U Republici Hrvatskoj je u 2021. godini definirano ukupno 495 zona vodoopskrbe, od čega 280 pripada javnoj vodoopskrbi i 215 lokalnoj vodoopskrbi. U lokalnoj vodoopskrbi veći je broj zona vodoopskrbe koje opskrbljuju više od 50 stanovnika (160 zona vodoopskrbe) nego broj zona vodoopskrbe koje opskrbljuju < od 50 stanovnika (55 zona vodoopskrbe).

Od 2017. godine na razini cijele Republike Hrvatske pristupilo se procesu aglomeracije, odnosno objedinjavanja sustava vodoopskrbe s ciljem unaprjeđenja vodnokomunalne infrastrukture, poboljšanja i zaštite kakvoće voda te usklađivanja strategije upravljanja vodama s direktivama Europske komisije.

Stoga se dotadašnji podatci o lokalnim vodovodima ne mogu uspoređivati s današnjim. Navedene promjene rezultirale su smanjenjem broja lokalnih vodovoda te se od 2017. godine njihov broj smanjuje uslijed spajanja lokalnih vodovoda u sustav javne vodoopskrbe.

Lokalni vodovodi u Republici Hrvatskoj s javno-zdravstvenog aspekta predstavljaju najveći rizik jer se voda potrošačima najčešće isporučuje bez obrade, a često i bez primjene zakonski obveznog postupka dezinfekcije vode, što je i najčešći razlog nesukladnosti.

Uslijed velike brojnosti lokalnih vodovoda na njihovom području, pojedine županije (npr. Varaždinska, Krapinsko-zagorska) većinu dostupnih financijskih sredstava usredotočile na praćenje kvalitete vode u lokalnim vodovodima, a smanjile broj analiza uzoraka vode iz javnih vodoopskrbnih sustava jer su rezultati višegodišnjih monitoringa pokazivali da je kvaliteta voda u sustavu javne vodoopskrbe u najvećem broju analiza sukladna sa zakonskom regulativom.

Prema podatcima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo 2017. godine analiziran je 431 uzorak vode iz lokalnih vodovoda, od kojih je 169 uzoraka bilo zdravstveno neispravno (39,2 %). Pri tome je 160 uzoraka (37,1 %) bilo mikrobiološki, a 26 uzoraka (6 %) kemijski neispravno.

Najčešći uzrok nesukladnosti vode u lokalnim vodovodima bila je prisutnost ukupnih koliforma (138 uzoraka), dok je u 78 uzoraka utvrđena prisutnost bakterije *Escherichia Coli*, dok je prisutnost enterokoka zabilježena u 68 uzoraka. Prisutnost bakterije *Pseudomonas aeruginosa* utvrđena je u 14 uzoraka, dok je prisutnost *Clostridium perfringens* utvrđena u 11 uzoraka. Povišeni broj ukupnih bakterija na 22 °C i 36 °C zabilježen je u 56 odnosno 35 analiziranih uzoraka. Povišene koncentracije ukupnog željeza zabilježene su u 5 uzoraka, povišene koncentracije mangana u 6 uzoraka, dok je kod 12 uzoraka utvrđena povišena mutnoća. Koncentracije arsena i aluminija iznad zakonski dozvoljenih vrijednosti zabilježene su u 3 odnosno 1 uzorku, dok je povišena koncentracija amonija utvrđena u 2 uzorka te koncentracija kalija u 1 uzorku vode iz lokalnog sustava vodoopskrbe. Povišena vrijednost boje i povišena koncentracija bora utvrđene su u po 1 uzorku vode iz lokalnog sustava vodoopskrbe, dok je nesukladnost uslijed neodgovarajuće vrijednosti koncentracije vodikovih iona utvrđena u 4 analizirana uzorka vode iz lokalnog sustava vodoopskrbe.

2.1. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU IZ LOKALNIH VODOVODA U REPUBLICI HRVATSKOJ 2018. GODINE

Tijekom 2018. godine u Republici Hrvatskoj djelovale su 133 pravne osobe koje su obavljale djelatnost javne vodoopskrbe. Najveći broj pravnih osoba koje su obavljale djelatnost javne vodoopskrbe djelovale su na području Dubrovačko-neretvanske županije (13 pravnih osoba), dok je samo jedna pravna osoba obavljala djelatnost javne vodoopskrbe na području Međimurske županije.

2018. godine u Republici Hrvatskoj bilo je registrirano 220 lokalnih vodovoda, što za 21 lokalni vodovod manje u odnosu na 2017. godinu. Najviše lokalnih vodovoda djelovalo je na području Krapinsko-zagorske (44) i Karlovačke (38) županije, dok u osam županija lokalnih vodovoda nije bilo registrirano. Iste godine bilo je 520 zona vodoopskrbe od čega je 300 pripadalo javnoj vodoopskrbi i 220 lokalnoj vodoopskrbi.

U 2018. godini je bilo registrirano 10 manje zona vodoopskrbe koje opskrbljuju > 5000 stanovnika u odnosu na 2017. godini uslijed spajanja javnih vodoopskrbnih sustava u jedan sustav (npr. Vodoopskrba i odvodnja Zagrebačke županije d.o.o. za vodoopskrbu i odvodnju).

Broj zona vodoopskrbe u lokalnoj vodoopskrbi koji opskrbljuju > 50 stanovnika manji je u 2018. u odnosu na 2017. godinu za 22 lokalna vodovoda koja su pripojena u sustav javne vodoopskrbe (npr. spajanje lokalnih vodovoda u sustav javne vodoopskrbe na području Osječko-baranjske županije).

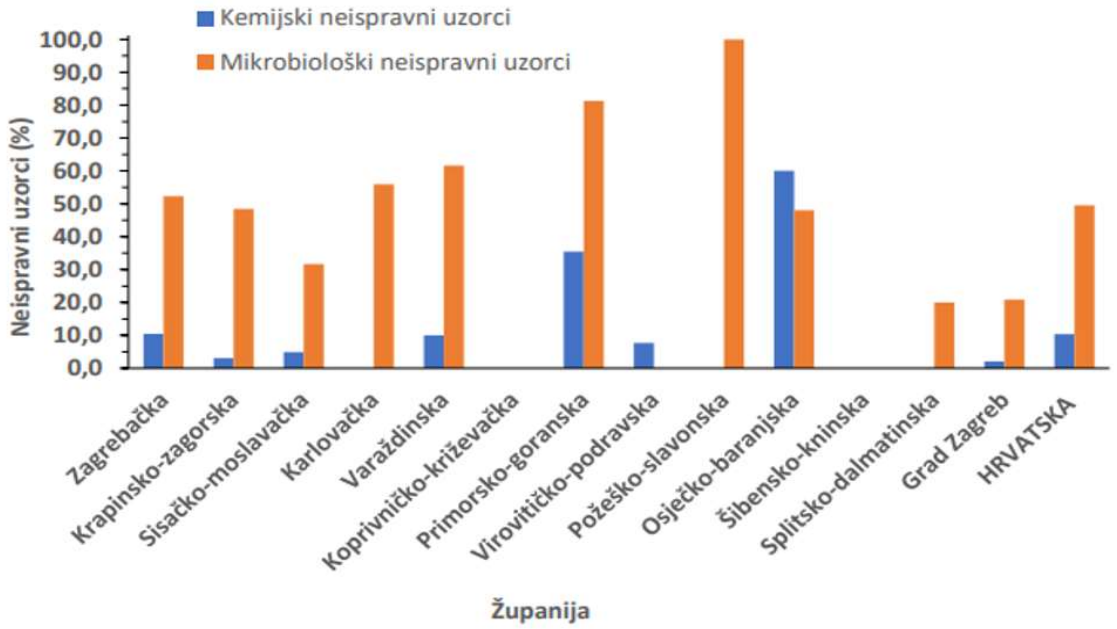
Od 539 uzoraka uzorkovanih iz lokanih vodovoda, njih 285 je bilo zdravstveno neispravno (52,9 %). Najčešći razlog nesukladnosti uzoraka vode za ljudsku potrošnju iz vodoopskrbne mreže lokanih vodovoda s Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/17, 39/20) bilo je mikrobiološko onečišćenje. Naime, 267 uzoraka (49,5 %) bilo mikrobiološki nesukladno. Najčešći uzrok nesukladnosti vode u lokalnim vodovodima je bila prisutnost bakterije *Escherichia Coli* koja je pronađena u 158 uzoraka vode, dok je kod 237 uzoraka uzrok nesukladnosti bila zabilježena prisutnost ukupnih koliforma, odnosno u 146 uzoraka enterokoka.

Prisutnost bakterije *Pseudomonas aeruginosa* zabilježena je u 38 uzoraka, a *Clostridium perfringens* u 2 uzorka vode iz vodoopskrbne mreže lokanih vodovoda. Vrijednosti koje prelaze

MDK ukupnog broja bakterija na 22 °C i 36 °C utvrđene su pri analizi 109 odnosno 50 uzoraka. Od kemijskih parametara, kao uzroci nesukladnosti utvrđene su povišene koncentracije željeza kod 10 uzoraka, povišene koncentracije mangana u 9 uzoraka, dok kod 29 uzoraka analizama utvrđena povišena mutnoća. Povišene koncentracije arsena bile su razlog nesukladnosti 3 uzorka, dok je povišena koncentracija amonija utvrđena kod 1 uzorka. Koncentracija nitrata iznad Pravilnikom (NN 125/17, 39/20) definiranih MDK bile su razlog nesukladnosti 5 uzoraka, povišene koncentracije nitrita i nitrata 2 uzorka, te povišene vrijednosti boje nesukladnosti 2 uzorka. Koncentracija vodikovih iona izvan raspona propisana Pravilnikom (NN 125/17, 39/20) bila je razlog nesukladnosti 16 uzoraka, dok je povećana vrijednost utroška $KMnO_4$ bila uzrok nesukladnosti 3 uzorka vode iz vodoopskrbne mreže lokanih vodovoda. Povišena koncentracija aluminija, kalija, slobodnog rezidualnog klora i ukupnih suspenzija bila su razlogom nesukladnosti 1 uzorka vode.

Prema podatcima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (HZJZ, 2019.) monitoringom vode za ljudsku potrošnju iz distribucijske mreže lokalne vodoopskrbe, tijekom 2018. godine u Požeško-slavonskoj županiji utvrđena je nesukladnost svih uzoraka vode.

Slika 1 prikazuje udio kemijski i mikrobiološki neispravnih uzoraka vode iz distribucijske mreže lokalne vodoopskrbe tijekom 2018. godini po županijama Republike Hrvatske.



Slika 1. Udjeli kemijski i mikrobiološki neispravnih uzoraka vode iz distribucijskih mreža lokalne vodoopskrbe tijekom 2018. godine po županijama Republike Hrvatske (HZJZ, 2019.)

2.2. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU IZ LOKALNIH VODOVODA U REPUBLICI HRVATSKOJ 2019. GODINE

Tijekom 2019. godine u Republici Hrvatskoj djelovala je 131 pravna osoba koja je obavljala djelatnost javne vodoopskrbe, od čega ih je najviše djelovalo na području Dubrovačko-neretvanske županije (12 pravnih osoba), dok je na području Međimurske županije djelovala samo jedna pravna osoba. U 2019. godini bio je registrirano 219 lokalnih vodovoda, što je za razliku od 2018. godine 1 lokalni vodovod manje. U odnosu na 2017. godinu broj se smanjio za 23 lokalna vodovoda koja su pripojena u sustav javne vodoopskrbe.

U Republici Hrvatskoj u 2019. godini je definirano ukupno 514 zona opskrbe od čega 295 pripadalo javnoj vodoopskrbi i 219 lokalnoj vodoopskrbi.

U javnoj vodoopskrbi dominirale su zone vodoopskrbe koje su opskrbljivale < 5000 stanovnika (ukupno 172 zone vodoopskrbe) te 123 zone vodoopskrbe koje su opskrbljivale > 5000 stanovnika. Kod sustava lokalne vodoopskrbe, bio je veći broj zona vodoopskrbe koje opskrbljuju > 50 stanovnika (163 zone vodoopskrbe), nego broj zona opskrbe koje opskrbljuju < 50 stanovnika (56 zone vodoopskrbe).

Od 502 uzorka vode uzorkovanih iz lokalnog sustava vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj tijekom 2019. godine, 254 uzoraka bilo je nesukladno (50,6 %). Pri tome je najčešći razlog nesukladnosti kvalitete uzoraka vode iz vodoopskrbne mreže lokalnih vodovoda s 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 125/17, 39/20) bilo mikrobiološko onečišćenje (244 uzoraka, 48,6 %), dok svega 10 uzoraka nije ispunjavalo odredbe Pravilnika (NN 125/17, 39/20) u pogledu vrijednosti kemijskih parametara kvalitete vode.

Najčešći uzrok nesukladnosti uzoraka vode iz lokalnih vodovoda bila je utvrđena prisutnost ukupnih koliforma (214 uzoraka), dok je analizom kod 132 uzorka vode uzorkovana iz lokalnog sustava vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj tijekom 2019. godine utvrđena prisutnost bakterije *Escherichia Coli*, te prisutnost enterokoka u 129 uzoraka.

Prisutnost bakterije *Pseudomonas aerugiosa* utvrđena je u 45 uzoraka, a prisutnost bakterije *Clostridium perfringens* u 1 uzorku vode iz lokalnih vodovoda u Republici Hrvatskoj.

Povećani broj ukupnog broja bakterija na 22 °C i 36 °C utvrđen je pri analizi 92, odnosno 39 uzoraka vode iz lokalnih vodovoda.

Koncentracija ukupnog željeza iznad Pravilnikom (NN 125/17, 39/20) definiranih MDK vrijednosti utvrđene su u 11 uzoraka, a povišene koncentracije mangana u 10 uzoraka, dok je kod 36 uzoraka razlog nesukladnosti bila povišena vrijednost mutnoće.

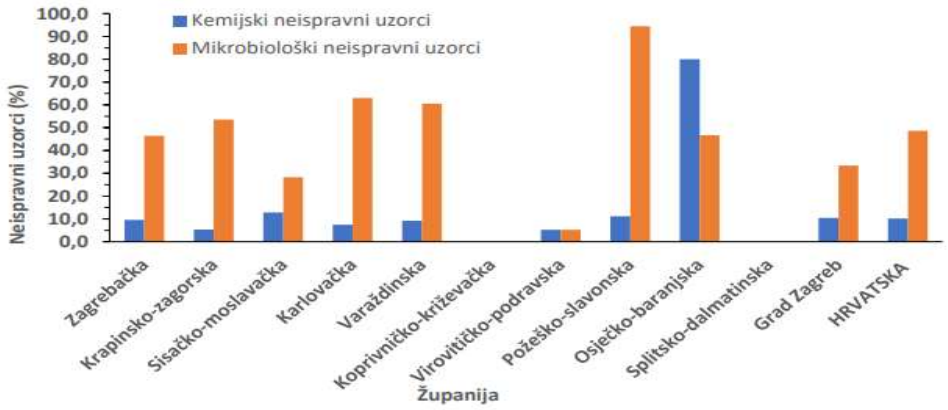
Koncentracija arsen i koncentracija aluminija iznad MDK vrijednosti definiranih Pravilnikom (NN 125/17, 39/20) bila su razlog nesukladnosti 4 uzorka, dok je povišena koncentracija amonija utvrđena kod 3 uzorka vode uzorkovanih iz lokalnih sustava vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj tijekom 2019. godine.

Povišena koncentracija ukupnih suspendiranih tvari, povišena koncentracija kalija te povišena koncentracija klora bile su razlog nesukladnosti po 1 uzorka vode, dok je vrijednost boje kod 8 uzoraka bila iznad Pravilnikom (NN 125/17, 39/20) definirane MDK vrijednosti.

Nesukladna koncentracija vodikovih iona utvrđena je kod 4 uzorka, a povišena vrijednost utroška $KMnO_4$ pri analizi 5 uzoraka vode uzorkovanih iz lokalnih sustava vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj tijekom 2019. godine.

Prema podatcima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (HZJZ, 2020.) monitoringom vode za ljudsku potrošnju iz distribucijske mreže lokalne vodoopskrbe, tijekom 2019. godine u Požeško-slavonskoj županiji utvrđena je nesukladnost svih ispitanih uzoraka vode.

Slika 2 prikazuje udio kemijski i mikrobiološki neispravnih uzoraka vode iz distribucijske mreže lokalne vodoopskrbe tijekom 2019. godini po županijama Republike Hrvatske (HZJZ, 2021.).



Slika 2. Udjeli kemijski i mikrobiološki neispravnih uzoraka vode iz distribucijskih mreža lokalne vodoopskrbe tijekom 2019. godine po županijama Republike Hrvatske (HZJZ, 2019.)

2.3. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU IZ LOKALNIH VODOVODA U REPUBLICI HRVATSKOJ 2020. GODINE

Tijekom 2020. godine u Republici Hrvatskoj djelovala je 131 pravna osoba koja je obavljala djelatnost javne vodoopskrbe. Od navedenog broja, najviše ih je djelovalo na području Ličko-senjske županije (12 pravna osoba), dok je na području Međimurske županije samo jedna pravna osoba obavljala djelatnost javne vodoopskrbe.

U 2020. godini registrirano je 216 lokalnih vodovoda što je, za razliku od 2019. godine, 3 lokalna vodovoda manje. Najviše lokalnih vodovoda bilo je registrirano na području Krapinsko-zagorske (44) i Karlovačke (37) županije, dok u osam županija nije bilo registriranih lokalnih vodovoda. U 2020. godini u Republici Hrvatskoj je bilo definirano 507 zona vodoopskrbe, od čega 291 bila dio javne vodoopskrbe, a 216 dio lokalne vodoopskrbe.

Od ukupno analizirana 433 uzorka vode uzorkovana iz lokanih vodovoda, njih 191 je bilo zdravstveno neispravno (44,1 %), pri čemu je 180 uzoraka (41,6 %) bilo mikrobiološki, a 38 uzoraka (8,8 %) kemijski nesukladno 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 125/17, 39/20).

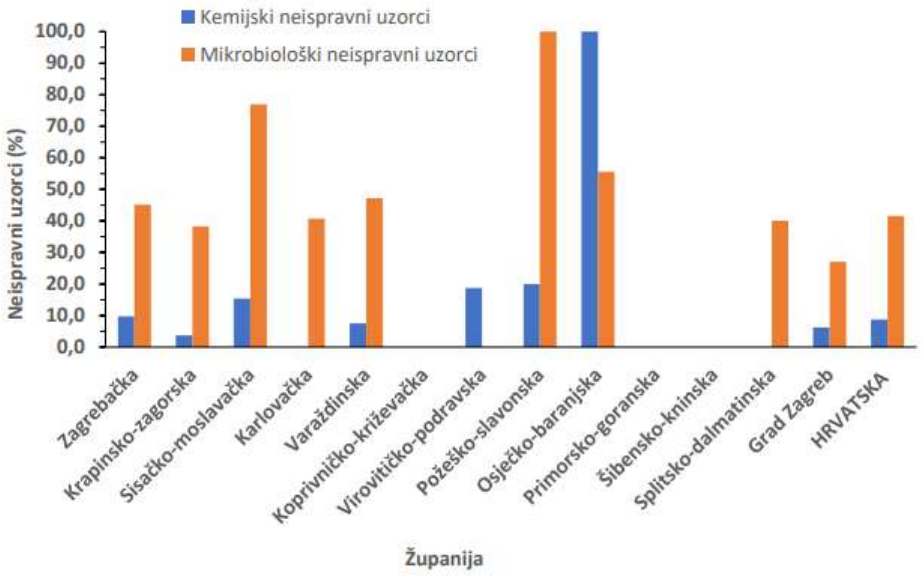
Najčešći uzrok nesukladnosti kvalitete vode uzorkovane iz lokalnih vodovoda s navedenim Pravilnikom bila je prisutnost ukupnih koliforma, koji su zabilježeni u 173 uzorka, dok je u 96 uzoraka zabilježena prisutnost bakterije *Escherichia Coli*. Prisutnost enterokoka zabilježena je u 97 uzoraka, prisutnost *Pseudomonas aeruginosa* u 25 uzoraka, dok je prisutnost *Clostridium perfringens* zabilježena u 9 uzoraka.

Povišen broj ukupnih bakterija na 22 °C i 36 °C zabilježen je u 63 odnosno 43 uzorka vode uzorkovane iz lokanih vodovoda. Povišene koncentracije željeza bile su uzrok nesukladnosti 5 uzoraka, povišene koncentracije mangana 7 uzoraka, dok su 22 uzorka vode iz lokalnih vodovoda imala povišenu vrijednost mutnoće.

Vrijednosti koncentracije arsena i aluminija iznad Pravilnikom (NN 125/17, 39/20) dopuštenih MDK vrijednosti bile su uzrok nesukladnosti 4 odnosno 1 uzorka vode, dok je povišena koncentracija amonija i kalija te povišena koncentracija vodikovih iona bila je razlog nesukladnosti kod 4 uzorka uzorkovana iz sustava lokalne vodoopskrbe.

Monitoringom vode za ljudsku potrošnju iz lokalnih vodoopskrbnih sustava u Požeško-slavonske županije, tijekom 2020. godine utvrđena je nesukladnost kod svih analiziranih uzoraka.

Slika 3 prikazuje udjele kemijski i mikrobiološki neispravnih uzoraka vode uzorkovanih iz distribucijske mreže u lokalnih vodoopskrbnih sustava tijekom 2020. godini po županijama Republike Hrvatske (HZJZ, 2021.).



Slika 3. Udjeli kemijski i mikrobiološki neispravnih uzoraka vode iz distribucijskih mreža lokalne vodoopskrbe tijekom 2020. godine po županijama Republike Hrvatske (HZJZ, 2021.)

2.4. ZDRAVSTVENA ISPRAVNOST VODE ZA LJUDSKU POTROŠNJU IZ LOKALNIH VODOVODA U REPUBLICI HRVATSKOJ 2021. GODINE

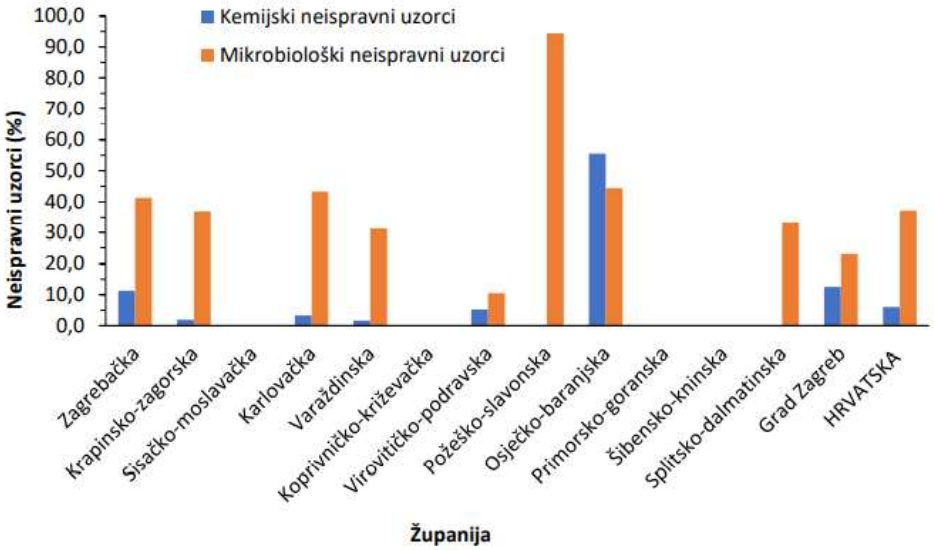
Procjenjuje se da je u Republici Hrvatskoj na javnu vodoopskrbu priključeno približno 92,7 % stanovništva, a na lokalnu vodoopskrbu oko 1,4 %. Uspoređujući podatke iz prethodnih godišnjih izvještaja, uočava se neusklađenost podataka koja je uzrokovana novim popisom stanovništva provedenim tijekom 2021. godine te smanjenje broja stanovnika što je posljedično utjecalo i na smanjenje broja stanovnika priključenih na sustave vodoopskrbe.

U 2021. godini registrirano je 215 lokalnih vodovoda, što je za razliku od 2019. godine 4 lokalna vodovoda manje, a od 2020. godine 1 lokalni vodovod manje. Najviše lokalnih vodovoda bilo

je registrirano na područje Krapinsko-zagorske (44) i Karlovačke (37) županije, a u osam županija lokalni vodovodi nisu bili registrirani tijekom 2021. godine.

Prema podatcima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (HZJZ, 2022.) monitoringom vode za ljudsku potrošnju iz distribucijske mreže lokalnih vodoopskrbnih sustava, u 2021. godini u Požeško-slavonskoj županiji utvrđeno je 94,4 % nesukladnih uzoraka vode.

Slika 4 prikazuje udjele kemijski i mikrobiološki neispravnih uzoraka vode uzorkovanih iz distribucijske mreže u lokalnih vodoopskrbnih sustava tijekom 2021. godini po županijama Republike Hrvatske (HZJZ, 2022.).



Slika 4. Udjeli kemijski i mikrobiološki neispravnih uzoraka vode iz distribucijskih mreža lokalne vodoopskrbe tijekom 2021. godine po županijama Republike Hrvatske (HZJZ, 2022.)

2.5. VODOOPSKRBA POŽEŠKO-SLAVONSKE ŽUPANIJE

Zona vodoopskrbe je zemljopisno definirano područje unutar kojega se voda za ljudsku potrošnju distribuira s jednog ili više izvora te unutar kojega se kvaliteta vode može smatrati približno ujednačenom.

Prema podatcima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo o vodoopskrbi u Republici Hrvatskoj tijekom 2021. godine, Požeško-slavonska županija ima 64 420 stanovnika. Posjeduje dva

sustava javne vodoopskrbe na koja je priključeno 59 779 stanovnika (92,8 %) te šest lokalnih sustava vodoopskrbe na koje je ukupno priključeno 682 stanovnika (1,1 %) (HZJZ, 2022.).

Prema podatcima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo o zonama vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj, u 2021. godini Požeško-slavonska županija imala je 3 zone vodoopskrbe koje isporučuju > 1000 m^3/dnevno ili opskrbljuju > 5000 stanovnika, 3 zone vodoopskrbe koje isporučuju < 1000 m^3/dnevno ili opskrbljuju < 5000 stanovnika te 6 zona vodoopskrbe koje opskrbljuju > 50 stanovnika, dok zona vodoopskrbe lokalnih vodovoda koje opskrbljuju < 50 stanovnika nije bilo (HZJZ, 2022.).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18, 16/20) i 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 125/17, 39/20) regulirano je područje zahvaćanja, distribucije i monitoringa zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj.

Dio stanovništva Požeško-slavonske županije snabdijeva se vodom za ljudsku potrošnju putem lokanih vodovoda.

Zadatak diplomskog rada je uzorkovanjem i analizama utvrditi kvalitetu i zdravstvenu ispravnost vode iz dva lokalna vodovoda koji se nalaze na području općine Velika i Kutjevo te utvrditi njihovu sukladnost s 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 125/17, 39/20) i te usporediti dobivene rezultate s rezultatima analiza kroz proteklo petogodišnje razdoblje (2018.-2022.).

Kvaliteta i sukladnost vode odredit će se praćenjem fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja: pH, vodljivost, koncentracija željeza, koncentracija mangana, koncentracija organskih tvari (utrošak $KMnO_4$), ukupni broj koliforma, *Escherichia coli (E. coli)*, broj kolonija na 22 °C i 36 °C i enterokoki.

3.2. MATERIJAL I METODE

U Požeško-slavonskoj županiji postoji 6 lokalnih vodovoda, a to su Gradište (grad Kutjevo), Podgorje (općina Kaptol), Poljanska (općina Velika), Bešinci (općina Kaptol), Doljanovci (općina Kaptol), Kraguj (grad Pakrac). Uzorkovanje vode za ljudsku potrošnju lokalnih vodovoda Požeško-slavonske županije provodi se dva puta godišnje, u proljeće i jesen. Monitoring vode za ljudsku potrošnju provodi Zavod za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije.

3.2.1. ODREĐIVANJE ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI VODE

Električna vodljivost je sposobnost vode da provodi električnu struju koja ovisi o prisutnosti iona, njihovoj ukupnoj koncentraciji, pokretljivosti i valenciji iona te o temperaturi vode tijekom provođenja mjerenja.

Metoda određivanja električne vodljivosti vode po normi HRN EN 27888:2008 se primjenjuje na sve tipove vode unutar raspona 1 µS/cm do 2000 µS/cm, a mjerenje se provodi konduktometrom.

Električna vodljivost određuje se kod vodenih otopina izravno uranjanjem elektrode konduktometra u uzorak vode. Električna vodljivost je mjerilo struje koju provode ioni prisutni u vodi (tzv. fenomen vodiča drugog reda).

Uzorak vode se uzima u boce za uzorke (spremnik) minimalnog volumena od 500 mL, ravnog dna, načinjene od plastike ili stakla i pripremljene prema posebnim uputama Zavoda za javno zdravstvo. Ukoliko se uzorkuje klorirana voda, koristiti se sterilna boca koja sadrži natrij-tiosulfat te se boca ne smije ispirati prije uzorkovanja.

Mjerenje se provodi pomoću konduktometra model WTW inoLab Cond 730, a mjerenje električne vodljivosti je provedeno pomoću standardne uranjajuće elektrode za mjerenje električne vodljivosti WTW Tetra Con 325, poznate vrijednosti konstante (0,475 cm^{-1} ± 1,5 %) koja posjeduje temperaturni senzor.

Električnu vodljivost treba što prije izmjeriti nakon uzorkovanja vode (HRN ISO 5667-3), jer se električna vodljivost može mijenjati uslijed kontakta i izmjene plinova između uzorka i atmosfera (npr. ugljik dioksid i amonijak) ili uslijed aktivnosti mikroorganizama u vodi.

Biološka aktivnost se može reducirati pohranom uzorka na tamnom mjestu pri 4 °C. Prije mjerenja električne vodljivosti uzorka koji se ispituje, standardna (mjerna) elektroda se pažljivo ispere destiliranom vodom, a zatim uzorkom. Elektroda se uranja okomito u uzorak vode tako da temperaturni senzor potpuno bude uronjen u uzorak. Potom se mjeri električna vodljivost pritiskom tipke za mjerenje na konduktometru.

Mjerenje se provodi na način da uzorak miruje kako bi ne bi došlo do gubitka ugljičnog dioksida ili drugih hlapljivih sastojaka koji mogu izmijeniti vrijednost električne vodljivosti.

Po završetku mjerenja elektroda se ispere destiliranom vodom, posuši i čuvana na zraku na sobnoj temperaturi. Izmjerena električna vodljivost izražava se u µS/cm na jednu decimalu. Određivanje električne vodljivosti uzoraka vode je provedeno uređajem HQ430d flexi (Slika 5).

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 125/17, 39/20), MDK vrijednost za električnu vodljivost vode za ljudsku potrošnju iznosi 2500 µS/cm/20°C.

Slika 5. Uređaj HQ430d flexi (Hach, Njemačka) za mjerenje električne vodljivosti i pH-vrijednosti

3.2.2. ODREĐIVANJE pH-VRIJEDNOSTI VODE

pH vrijednost je mjera aktivnosti vodikovih iona u otopini koja se izražava kao negativni dekadski logaritam brojčane vrijednosti aktivnosti vodikovih iona izražen u molovima po litri. Određivanje pH vrijednosti provodi se po normi HRN EN ISO 10523:2012 koja se primjenjuje na sve tipove vode unutar raspona pH 5,0 do pH 10,0.

Određivanje pH vrijednosti temelji se na mjerenju razlike potencijala elektrokemijske ćelije upotrebom odgovarajućeg pH-metra. pH uzorka ovisi o temperaturi uzorka zbog ravnoteže razdvajanja, stoga se zajedno s mjerenjem pH mjeri i temperatura uzorka.

Uzorak vode se uzima u boce za uzorke (spremnik) minimalnog volumena od 500 mL, ravnog dna, načinjene od plastike ili stakla i pripremljene prema posebnim uputama Zavoda za javno

zdravstvo. Ukoliko se uzorkuje klorirana voda, koristiti se sterilna boca koja sadrži natrij-tiosulfat te se boca ne smije ispirati prije uzorkovanja.

Mjerenje se provodi pomoću kombinirane pH elektrode PHC 20101 (indikatorska, referentna i temperaturna u jednoj elektrodi). Kombiniranu elektrodu potrebno je držati 24 sata u referentnom elektrolitu prije mjerenja. Kombinirana pH elektroda spojena je na pH-metar model HQ 430d.

pH vrijednost je nužno izmjeriti najkasnije šest sati nakon uzorkovanja (metoda HRN ISO 5667-3), jer nakon navedenog vremena može doći do kemijskih, fizikalnih i bioloških procesa u uzorku vode koji mogu uzrokovati promjenu pH vrijednosti. Prije mjerenja pH uzorka koji se ispituje, kombinirana elektroda je pažljivo ispere destiliranom vodom, a zatim uzorkom. Elektroda se uranja okomito u uzorak. Nivo elektrolita u elektrodi treba biti najmanje 2 cm iznad nivoa uzorka koji se mjeri.

Tijekom mjerenja uzorak ne treba miješati kako bi se izbjegao gubitak ugljičnog dioksida ili drugih hlapljivih sastojaka koji mogu izmijeniti pH-vrijednost. Po završetku mjerenja kombinirana elektroda se ispere destiliranom vodom i čuva u referentnom elektrolitu (otopini KCl).

Izmjerena pH-vrijednost izražava se u pH jedinicama, na jednu decimalu, uz naznaku temperature uzorka pri mjerenju.

Određivanje pH-vrijednosti uzoraka vode je provedeno uređajem HQ430d flexi (Slika 5.).

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 125/17, 39/20), pH-vrijednosti vode za ljudsku potrošnju mora biti u rasponu od 6,5 do 9,5 pH jedinica.

3.2.3. ODREĐIVANJE UTROŠKA KALIJEVOG PERMANGANATA ($KMnO_4$)

Voda koja sadrži organske tvari različitog podrijetla troši određenu količinu $KMnO_4$ za njihovu oksidaciju te se potrošnja $KMnO_4$ može uzeti kao indirektni pokazatelj sadržaja organskih tvari u vodi. Zagrijavanjem otopine $KMnO_4$ u kiselom mediju dolazi do oksidacije organskih tvari pri

čemu se troši određena količina $KMnO_4$, ovisno o prisutnoj količini organske tvari u uzorku, ali i o njihovoj kemijskoj strukturi.

Određivanje utroška $KMnO_4$ na uzorcima vode provodi se prema normi HRN EN ISO 8467:2001 *Kakvoća vode – Određivanje permanganatnog indeksa*, a dobiveni rezultat se izražava u mg/L utrošenog $KMnO_4$.

U Erlenmeyerovu tikvicu sa 100 mL uzorka vode doda se 5 mL sumporne kiseline (H_2SO_4). Potom se Erlenmeyerova tikvica poklopi staklenim lijevkom te se grije na električnom kuhalu do laganog vrenja kada se doda 15 mL $KMnO_4$ pri čemu nastaje crveno obojenje. Potom se uzorak zagrijava dodatnih 10 minuta nakon početka vrenja.

Uzorak se uklanja sa kuhala i titrira s oksalnom kiselinom ($C_2H_2O_4$) do obezbojenja (≈15 mL). Titracija se potom nastavlja s $KMnO_4$ do pojave blijedo ružičaste boje. Vrijednost utrošenog volumena $KMnO_4$ u mL bilježi se i koristi za izračun.

Za izračun utroška $KMnO_4$ potrebno je odrediti faktor *f*. Faktor se određuje pomoću slijepe probe pri čemu se u uzorak je dodano 15 mL oksalne kiseline ($C_2H_2O_4$), zatim je titrirano s $KMnO_4$ do pojave blago ružičaste boje. Bilježi se utrošak $KMnO_4$ (mL $KMnO_4$ *za slijepu probu*) koji najčešće ima vrijednost između 14 i 16 mL, a potom iz tablice navedene u opisu metode očita faktor (f).

Konačni utrošak $KMnO_4$ računa se prema jednadžbi:

[15 mL $C_2H_2O_4$ + mL $KMnO_4$ *za uzorak* - mL $KMnO_4$ *za slijepu probu*] * f * 10 = mg $KMnO_4$ /L

Dobiveni rezultat (mg $KMnO_4$ / L) s dijeli s 4 kako bi se izrazio u mg O_2/L.

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 125/17, 39/20), MDK utroška $KMnO_4$ u vodi za ljudsku potrošnju iznosi 5,0 mg O_2/L.

3.2.4. ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE UKUPNOG ŽELJEZA

Određivanje koncentracije ukupnog željeza (Fe) u ispitivanim uzorcima provedeno je spektrofotometrijskom FerroVer metodom iDR 6000 UV-VIS spektrofotometrom (Hach, Njemačka) prikazanim na Slici 6.

Slika 6. Uređaj DR 6000 UV-VIS spektrofotometar (Hach, Njemačka)

Za određivanje koncentracije ukupnog željeza korišten je set reagensa LCW021 u kojem se nalaze *otopina A*, *otopina B* i *MicroCap C* te kivete LZP341 prikazane su na Slici 7a i 7b.

0,2 mL *otopine A* koja sadrži klorovodik i aluminijev amonijev sulfat ulije se u kivetu, a potom se doda 5,0 mL uzorka. Nakon 2 minute doda se 0,3 mL *otopine B* koja sadrži natrijev hidrokisid te 1 *MicroCap C.* Kiveta se zatvori, a smjesa protrese nekoliko puta dok se liofilizirani sadržaj MicroCap-a u potpunosti ne otopi. Nakon 15 minuta, kiveta se protrese još nekoliko puta. Spektrofotometar se prije mjerenja koncentracije željeza u uzorcima umjeri sa slijepom probom, a potom se provode očitavanja. Koncentracija ukupnog željeza se izražava u µg/L.

Slika 7. Set reagensa LCW 021 (a) i pravokutne kivete od 50 mm (b) korištene za određivanje koncentracije ukupnog željeza spektrofotometrom DR 6000 (Hach, Njemačka)

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 125/17, 39/20), MDK koncentracija ukupnog željeza u vodi za ljudsku potrošnju iznosi 200,0 µg/L.

3.2.5. ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE MANGANA

Određivanje koncentracije mangana (Mn) u ispitivanim uzorcima vode provedeno je prema PAN metodi sa spektrofotometrom DR 6000 UV-VIS (Hach, Njemačka) prikazanim na Slici 6.

Slika 8. LCW 532 set reagensa za određivanje koncentracije mangana spektrofotometrom DR 6000 (Hach, Njemačka)

PAN metoda podrazumijeva primjenu seta reagensa LCW 532 za određivanje koncentracije mangana koji sadrži *reagens A*, *otopinu B* i *otopinc C* (Slika 8).U menzuri se pripremi otopina 1 žlice *reagensa A* i 10,0 mL uzorka te se kružno miješa dok se sadržaj reagensa u potpunosti otopi. 1,0 mL *otopine B* koja sadrži kalijev hidroksid, kalijev cijanid i kalijev tetraborat doda se u menzuru i zatim promiješa te se poto doda 1,0 mL *otopine C* koja sadrži etanol i Triton-X 100. Sve se promiješa i ostavi stajati 2 minute. Potom se pomoću kivete LZP341 prikazane su na Slici 9 nakon 2 minute provodi mjerenje. Prije mjerenja potrebno je kalibrirati uređaj pomoću slijepe probe. Koncentracija mangana očitava se i izražava u µg/L.

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 125/17, 39/20), MDK koncentracija mangana u vodi za ljudsku potrošnju iznosi 50,0 µg/L.

3.2.6. ODREĐIVANJE PRISUTNOSTI *ESCHERICHIA COLI* I KOLIFORMNIH BAKTERIJA

Koliformne bakterije su bakterije pozitivne na β-D-galaktozidaza reakciju te su oksidaza negativne. *Escherichia coli (E. coli)* su koliformne bakterije pozitivne na β-D-galaktozidaza reakciju i β-D-glukuronidaza reakciju. Metoda određivanja *E. Coli* i koliformnih bakterija metodom membranske filtracije primjenjuje se za sve vrste voda prema normi HRN EN ISO

9308-1:2014 *Kvaliteta vode – Brojenje E. coli i koliformnih bakterija – 1. dio: Metoda membranske filtracije za vode s niskom pozadinom bakterijske flore*.

Metoda se temelji na membranskoj filtraciji određenog volumena uzorka vode, inkubaciji membranskog filtera na selektivnom mediju pri određenoj temperaturi te procjeni broja kolonija nakon potvrdnog testa.

Slika 9. Uređaj za membransku filtraciju Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije

Prije određivanja koliformnih bakterija i *Escherichia coli* lijevak uređaja za membransku filtraciju zajedno s držačem filtera potrebno je dezinficirati te sterilizirati plamenom. Potom se lijevak na aparaturi ukloni te se sterilnom pincetom ispitni membranski filter mrežastim dijelom okrenutim prema gore položi na sredinu osnovice držača filtera. Lijevak filtera se potom postavlja na uređaj za filtriranje i učvrsti držačem. U lijevak se ulije 100 mL uzorka vode te se uključi vakuum i filtrira cijeli sadržaj uzorka. Potom se vakuum isključi te se sterilnom pincetom membranski filter s osnovice držača filtera premjesti na diferencijalnu podlogu u Petrijevoj zdjelici pazeći da ne zaostane mjehurića zraka između membrane i površine agara. Potom se agar inkubira od 21 do 24 sata na temperaturi 36±2 °C.

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 125/17, 39/20), ukupni broj kolonija treba biti < 100. Ako se očekuje veći broj kolonija, uzima se manji volumen uzorka (10 mL uzorka ili 1 mL uzorka) koji se razrjeđuje sa 10 mL sterilne destilirane vode.

Nakon inkubacije broje se kolonije koje daju pozitivnu β-D-galaktozidaza reakciju (ružičaste do crvene), kao vjerojatne koliformne bakterije, a koje nisu *E. coli*. Kako bi se potvrdile vjerojatne koliformne bakterije koje nisu *E. coli*, provodi se oksidaza test.

Po mogućnosti ispituju se sve, ili najmanje 10 ružičastih do crvenih kolonija. Oksidaza test podrazumijeva zahvaćanje ezom dio kolonije te razmazivanje zahvaćenog materijala na papirnati disk. Pojava plavo-ljubičaste boje unutar 30 sekundi smatra se pozitivnom reakcijom (oksidaza pozitivna reakcija), što determinira prisutnost *E. coli*, jer su koliformne bakterije oksidaza negativne.

Iz broja tipičnih kolonija izbrojanih na filterima i rezultata potvrdnih testova procijenjen je broj koliformnih bakterija te *E. coli*, prema normi HRN EN ISO 8199:2018 *Kvaliteta vode – Opći zahtjevi i smjernice za mikrobiološka ispitivanja uzgojenih mikroorganizama*.

Broj koliformnih bakterija (ukupni koliformi) je suma svih oksidaza negativnih kolonija (ružičatih do crvenih) i kolonija *E. coli* (tamno plavih do ljubičastih).

Procijenjen broj tipičnih kolonija izražava se kao cfu/100 mL, a računa prema jednadžbi:

$$N = \frac{\sum C}{\sum V} V_s$$

gdje je:

N - procijenjen broj tipičnih kolonija – cfu u 100 mL

$\sum C$ - suma kolonija izbrojanih na svim filterima

$\sum V$ - ukupni profiltrirani volumen uzorka

V_S - referencirani volumen (100 mL)

Broj potvrđenih kolonija po ploči nakon identifikacije i potvrde računa se prema jednadžbi:

$$a = \frac{b}{A} C$$

gdje je:

a - procijenjen broj potvrđenih kolonija na ploči

b - broj potvrđenih kolonija (dobivenih identifikacijom i potvrdom)

A - broj ispitanih kolonija

C - procijenjen broj tipičnih kolonija po ploči

Procijenjen broj potvrđenih kolonija nakon identifikacije i potvrde izražava se kao cfu/100 mL, a računa se prema jednadžbi:

$$N = \frac{\sum a}{\sum V} V_s$$

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 125/17, 39/20), prisutnost koliformnih bakterija i prisutnost *E. coli* u vodi za ljudsku potrošnju (u 100 mL) nije dozvoljena.

3.2.7. ODREĐIVANJE BROJA KOLONIJA NA 22 °C I 36 °C

Metoda određivanja broja kolonija nacjepljivanjem na hranjivi agar primjenjuje se na sve vrste voda prema normi HRN EN ISO 6222:2000 *Kakvoća vode – Brojenje uzgojenih mikroorganizma – Broj kolonija nacjepljivanjem na hranjivi agar*.

Metoda se temelji na miješanju određenog volumena uzorka vode (1 mL ili 0,1 mL) s hranjivim agarom u Petrijevim zdjelicama, inkubaciji 44±4 sata pri temperaturi 36±2 °C te 68±4 sata pri temperaturi 22±2 °C ti procjeni broja kolonija po mL uzorka.

Sterilnom Pasteur pipetom pipetira se po 1 mL uzorka u dvije Petrijeve zdjelice te doda po 15 do 20 mL Yeast ekstrakt agara, otopljenog i ohlađenog na 45±1 °C. Rotiranjem se blago izmiješa i ostavi da podloga očvrsne, a zatim se jedna zdjelica inkubirana 44±4 sata na temperaturi 36±2 °C, a druga 68±4 sata na temperaturi 22±2 °C. Ukupni broj kolonija treba biti < 300. Ako se očekuje veći broj kolonija, treba otpipetirati manji volumen uzorka, npr. 0,1 mL.

Nakon inkubacije broje se sve kolonije prisutne u svakoj ploči te se procjenjuje broj kolonija u 1 mL prema normi HRN EN ISO 8199:2018 *Kvaliteta vode – Opći zahtjevi i smjernice za mikrobiološka ispitivanja uzgojnih mikroorganizama*. Procijenjen broj kolonija izražen je kao cfu/1mL, a računa prema jednadžbi:

$$N = \frac{\sum C}{\sum V} V_s$$

gdje je:

N - procijenjen broj tipičnih kolonija – cfu u 1 mL

∑ C - suma kolonija izbrojanih na svim pločama

∑ V - ukupni nacijepljeni volumen uzorka

V_S - referencirani volumen (1 mL)

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 125/17, 39/20), MDK vrijednost broja kolonija na 22 °C i 36 °C iznosi 100/1 mL.

3.2.8. ODREĐIVANJE ENTEROKOKA

Enterokoki su bakterije koje su sposobne reducirati 2,3,5-trifeniltetrazolinum klorid (TTC) i aerobno stvarati kolonije pri 36±2 °C unutar 44±4 sata na selektivnom i diferencijalnom mediju.

Detekcija enterokoka metodom membranske filtracije primjenjuje se na sve vrste voda prema normi HRN EN ISO 7899-2:2000 *Kakvoća vode – Detekcija i brojenje crijevnih enterokoka – 2. dio: Metoda membranske filtracije*.

Metoda se temelji na membranskoj filtraciji određenog volumena uzorka vode, inkubaciji membranskog filtera na selektivnom mediju na određenoj temperaturi te procjeni broja kolonija nakon potvrđenog testa.

Prije određivanja enterokoka lijevak uređaja za membransku filtraciju (Slika 9) zajedno s držačem filtera potrebno je dezinficirati te sterilizirati plamenom nakon čega se lijevak na aparaturi ukloni. Pomoću sterilne pincete ispitni membranski filter se umetne u sredinu osnovice držača filtera. Lijevak filtera se potom postavlja na uređaj za filtriranje i učvrsti držačem. U lijevak se ulije 100 mL uzorka vode te uključi vakuum i filtrira sadržaj. Vakuum se isključi po završetku filtracije, ukloni lijevak filtera te sterilnom pincetom se membranski filter prenese na selektivnu podlogu u Petrijevu zdjelicu sa Slanetz Bartley agarom. Inkubira se 44±4 sata na temperaturi 36±2 °C. Ukupni broj kolonija treba biti < 200, a očekivani broj tipičnih kolonija treba biti < 100. Ako se očekuje veći broj kolonija, treba profiltrirati 10 mL uzorka ili 1 mL uzorka pomiješati sa 10 mL sterilne destilirane vode.

Nakon inkubacije broje se sve kolonije kesten, crvene ili ružičaste boje kao tipične kolonije. Dokazivanje enterokoka provedi se na način da se filter s kolonijama prenesen na ploču Bile Aesculin Azid agarom zagrijanom na 44 °C te se inkubira 2 sata pri 44±0,5 °C. Nakon inkubacije broje se sve kolonije koje razvijaju tamno-smeđi ili crni halo kao kolonije enterokoka.

Iz broja tipičnih kolonija izbrojanih na filterima i rezultata potvrdnih testova procjenjuje se broj kolonija enterokoka prema normi HRN EN ISO 8199:2018 *Kvaliteta vode – Opći zahtjevi i smjernice za mikrobiološka ispitivanja uzgojenih mikroorganizama*.

Procijenjen broj tipičnih kolonija izražen je kao cfu/100 mL, a računa se prema jednadžbi:

$$N = \frac{\sum C}{\sum V} V_s$$

gdje je

N - procijenjen broj tipičnih kolonija – cfu u 100 mL

∑ C - suma kolonija izbrojanih na svim filterima

∑ V - ukupni profiltrirani volumen uzorka

V_S - referencirani volumen

Broj potvrđenih kolonija po ploči nakon identifikacije i potvrde računa se prema jednadžbi:

$$a = \frac{b}{A} C$$

gdje je:

a - procijenjen broj potvrđenih kolonija na ploči

b - broj potvrđenih kolonija (dobivenih identifikacijom i potvrdom)

A - broj ispitanih kolonija

C - procijenjen broj tipičnih kolonija po ploči

Procijenjen broj potvrđenih kolonija nakon identifikacije i potvrde izražen je kao cfu/100 mL, a računa se prema jednadžbi:

$$N = \frac{\sum a}{\sum V} V_s$$

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 125/17, 39/20) prisutnost enterokoka u vodi za ljudsku potrošnju nije dozvoljena.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Kvaliteta i zdravstvena ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj regulirana je Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18, 16/20) i 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, 125/17, 39/20).

Uzorkovana i analizirana je voda za ljudsku potrošnju iz dva lokalna vodovoda Požeško-slavonske županije, Velika i Kutjevo, u proljeće i jesen 2022. godine, a dobiveni rezultati uspoređeni su s rezultatima analiza istih lokanih vodovoda kroz proteklo četverogodišnje razdoblje (2018.-2021.).

Kvaliteta vode za ljudsku potrošnju navedenih lokalnih vodovoda određena je praćenjem sljedećih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja: pH-vrijednosti, električne vodljivost, koncentracija željeza, koncentracija mangana, koncentracija organskih tvari (utrošak $KMnO_4$), ukupni broj koliforma, *Escherichia coli (E. coli)*, broj kolonija na 22 °C i 36 °C i broja enterokoka.

4.1. ODREĐIVANJE FIZIKALNO-KEMIJSKIH I KEMIJSKIH POKAZATELJA KVALITETE VODE

Fizikalno-kemijski i kemijski pokazatelji (električna vodljivost, pH-vrijednost, utrošak $KMnO_4$, koncentracija ukupnog željeza i koncentracija mangana) analizama su određeni u uzorcima vode iz dva lokalna vodovoda u Požeško-slavonskoj županiji, Velika i Kutjevo tijekom proljeća i jeseni 2022. godine. Dobiveni rezultati prikazani su u **Tablici 1**. Uzorci analizirani u proljeće označeni su brojem 1, a u jesen brojem 2.

Iz navedenih prikaza uočava se da su svi analizirani fizikalno-kemijski i kemijski parametri u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017), odnosno, izmjerene vrijednosti analiziranih parametara su manje od MDK vrijednosti.

Vrijednosti električne vodljivosti, pH-vrijednosti te utrošak $KMnO_4$ su približno istih vrijednosti u svim ispitanim uzorcima, dok se vrijednosti koncentracije željeza i mangana razlikuju. U uzorku iz lokalnog vodovoda Velika uzorkovanom u jesen 2022. nije utvrđena prisutnost

željeza niti mangana. U uzorku iz lokalnog vodovoda Kutjevo uzorkovanom u proljeće 2022. također nije utvrđena prisutnost željeza, no utvrđena je prisutnost mangana.

Tablica 1. Rezultati analiza fizikalno-kemijskih i kemijskih parametara uzoraka vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) 2022. godine.

	pH-VRIJEDNOST	ELEKTRIČNA VODLJIVOST (µS/cm)	UTROŠAK $KMnO_4$ (mg O_2/L)	KONCENTRACIJA UKUPNOG ŽELJEZA (µg/L)	KONCENTRACIJA MANGANA (µg/L)
Velika 2022-1	7,3	537,0	2,19	10,0	23,0
Velika 2022-2	7,0	545,0	2,08	0,0	0,0
Kutjevo 2022-1	7,6	605,0	2,50	0,0	28,0
Kutjevo 2022-2	7,2	630,0	1,70	20,0	11,0
MDK	**6,5 - 9,5**	**2500**	**5**	**200**	**50**

4.2. ODREĐIVANJE MIKROBIOLOŠKIH POKAZATELJA KVALITETE VODE

Mikrobiološki pokazatelji, ukupni koliformi, *Escherichia coli* , enterokoki, broj kolonija na 22 °C i 36 °C, određeni su u uzorcima vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo, u proljeće i jesen 2022. godine. Dobiveni rezultati prikazani su u **Tablici 2**. Uzorci analizirani u proljeće označeni su brojem 1, a u jesen brojem 2.

Prema prikazanim rezultatima analiza uzoraka vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo u Tablici 2, vidljivo je da niti jedan ispitivani uzorak ne udovoljava odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017) uslijed prekoračenih MDK vrijednosti za ukupne koliforme, *E. coli* i enterokoke.

Najčešći uzrok mikrobiološkog onečišćenja odnosno nesukladnosti uzoraka vode s odredbama navedenog Pravilnika je prisutnost ukupnih koliforma u svim uzorcima vode. Osim ukupnih

koliforma, povišen je i broj ukupnog broja kolonija na 22 °C i 36 °C iako njihove vrijednosti ne prelaze MDK.

Tablica 2. Rezultati analiza mikrobioloških parametara uzoraka vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) 2022. godine.

	UKUPNI KOLIFORMI (broj/100mL)	*ESCHERICHIA COLI* (broj/100mL)	ENTEROKOKI (broj/100mL)	BR. KOLONIJA NA 36 °C (broj/1mL)	BR. KOLONIJA NA 22 °C (broj/1mL)
Velika 2022-1	50	0	0	6	35
Velika 2022-2	300	10	5	30	80
Kutjevo 2022-1	80	0	0	2	25
Kutjevo 2022-2	30	0	0	0	25
MDK	**0**	**0**	**0**	**100**	**100**

Prema prikazanim rezultatima, uočava se da je najlošija mikrobiološka kvaliteta zabilježena kod uzorka iz lokalnog vodovoda Velika u jesen 2022. godine, dok je najmanje mikrobiološko onečišćenje zabilježeno kod uzorka vode iz lokalnog vodovoda Kutjevo, također u jesen 2022. godine, iako niti navedeni uzorak nije sukladan s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017), zbog prisutnih ukupnih koliforma.

4.3. ANALIZA KVALITETE VODE KROZ PETOGODIŠNJE RAZDOBLJE

4.3.1. Fizikalno-kemijske i kemijske analize uzoraka vode

U **Tablici 3** prikazani su rezultati fizikalno-kemijskih i kemijskih analiza uzoraka vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018.-2022.). Uzorci analizirani u proljeće označeni su brojem 1, a u jesen brojem 2.

Analizirani su sljedeći fizikalno-kemijski i kemijski parametri: pH-vrijednost, električna vodljivost, utrošak $KMnO_4$, koncentracija ukupnog željeza i koncentracija mangana.

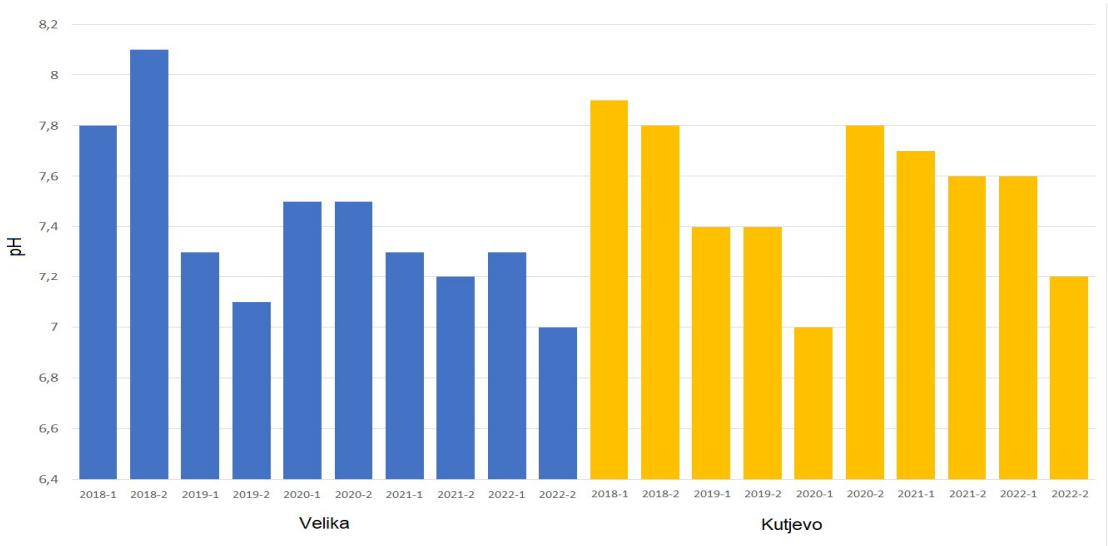
Tablica 3. Rezultati analiza fizikalno-kemijskih i kemijskih parametara uzoraka vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo u proljeća (1) i jeseni (2) razdoblja 2018. – 2022. godina

	pH-VRIJEDNOST	ELEKTRIČNA VODLJIVOST (µS/cm)	UTROŠAK $KMnO_4$ (mg O_2/L)	KONCENTRACIJA UKUPNOG ŽELJEZA (µg/L)	KONCENTRACIJA MANGANA (µg/L)
Velika 2018-1	7,8	350	1,20	20,0	17,0
Velika 2018-2	8,1	336,0	4,30	0	20,0
Kutjevo 2018-1	7.9	302,0	1,57	130,0	15,0
Kutjevo 2018-2	7.8	193,9	3,19	90,0	6,0
Velika 2019-1	7,3	542,0	1,66	0	23,0
Velika 2019-2	7,1	551,0	0,71	0	23,0
Kutjevo 2019-1	7,4	639,0	1,98	10,0	24,0
Kutjevo 2019-2	7,4	647,0	0,62	0	28,0
Velika 2020-1	7,5	590,0	1,32	20,0	19,0
Velika 2020-2	7,5	530,8	1,09	30,0	25,0
Kutjevo 2020-1	7,0	687,0	1,21	0	31,0
Kutjevo 2020-2	7,8	641,0	1,49	0,0	24,0
Velika 2021-1	7,3	554,0	1,54	30,0	31,0
Velika 2021-2	7,2	536,0	2,52	30,0	26,0
Kutjevo 2021-1	7,7	626,0	0,88	130,0	35,0
Kutjevo 2021-2	7,6	593,0	2,20	20,0	23,0
Velika 2022-1	7,3	537,0	2,19	10,0	23,0
Velika 2022-2	7,0	545,0	2,08	0,0	0,0
Kutjevo 2022-1	7,6	605,0	2,50	0,0	28,0
Kutjevo 2022-2	7,2	630,0	1,70	20,0	11,0
MDK	**6,5 - 9,5**	**2500**	**5**	**200**	**50**

pH vrijednost

Iz prikazanih rezultata u **Tablici 3** vidljivo je da su sve vrijednosti analiziranih fizikalno-kemijskih i kemijskih parametara uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo u proljeće i jesen tijekom razdoblja 2018. – 2022. godina bile su u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017).

Na **Slici 10** prikazane u pH vrijednosti uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) 2022. godine



Slika 10. pH vrijednosti uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) u razdoblju 2018. - 2022. godine

pH vrijednosti uzoraka vode lokalnog vodovoda Velika tijekom navedenog petogodišnjeg razdoblja kretale su se u rasponu od 7,0 do 8,1. pH vrijednosti uzoraka vode lokalnog vodovoda Kutjevo imale su slične vrijednosti, odnosno bile su u rasponu od 7,0 do 7,9. Sa **Slike 10** uočava se da je trend promjena pH vrijednosti vode kod oba lokalna vodovoda bio ujednačen.

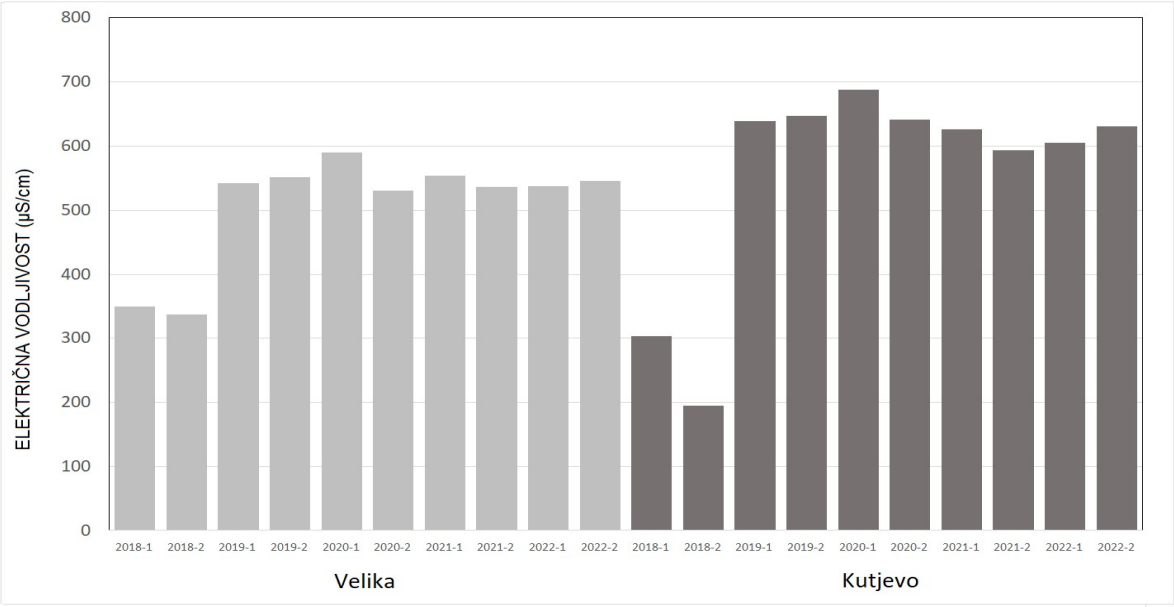
Kako se voda u oba navedena lokalna vodovoda distribuira bez prethodne prerade, ujednačene promjene pH vrijednosti uzoraka vode iz analiziranih lokalnih vodovoda mogu se povezati s hidrološkim prilikama koje utječu na prihranu izvorišta oborinskim vodama. Naime, prema podatcima Hrvatskog hidrometeorološkog zavoda, 2018. godina na području Požeško-slavonske županije ocjenjena je kao ekstremno suha i topla (meteo.hr). U navedenim uvjetima

u vodonosnicima se mogu očekivati smanjene količine voda, a time i povećane koncentracije hidrogenkarbnata u njima koje uzrokuju povišenje pH vrijednosti. Prema navedenoj bazi podataka, 2019. godina imala je prosječno više padalina što potvrđuje navedenu pretpostavku jer su tijekom 2019. godine u uzorcima vode oba lokalna vodovoda zabilježene niže pH vrijednosti.

Sve izmjerene pH vrijednosti tijekom praćenog petogodišnjeg razdoblja bile su u skladu s 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 125/2017).

Električna vodljivost

Na **Slici 11** prikazane su vrijednosti električne vodljivosti analiziranih uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo u proljeće i jesen tijekom razdoblja 2018. – 2022. godina. Sve izmjerene vrijednosti električne vodljivosti bile su u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017).



Slika 11. Električna vodljivost uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) u razdoblju 2018. - 2022. godine

Vrijednosti električne vodljivosti uzoraka vode lokalnog vodovoda Velika tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. – 2022.) kretale su se u rasponu od 336,0 do 590,0 µS/cm. Vrijednosti električne vodljivosti uzoraka vode lokalnog vodovoda Kutjevo imale su slične vrijednosti i bile su u rasponu od 193,9 do 687,0 µS/cm. Sa **Slike 11** uočava se da je trend promjena vrijednosti električne vodljivosti vode kod oba lokalna vodovoda bio ujednačen.

Kao i kod prethodno opisanog parametra, i vrijednost električne vodljivosti uzoraka vode s hidrološkim prilikama koje utječu na prihranu izvorišta oborinskim vodama pri čemu dotjecanje nove vode u vodonosnik može uzrokovati unos dodatne količine otopljenih tvari koje utječu na vrijednost električne vodljivosti. Kako je navedeno, 2018. godina bila je izrazito ekstremno suha i topla godina, dok su, prema podatcima Hrvatskog hidrometeorološkog zavoda, 2018., 2019., 2020., 2021. i 2022. godina na području Požeško-slavonske županije ocjenjene je godine s prosječnom količinom padalina (meteo.hr).

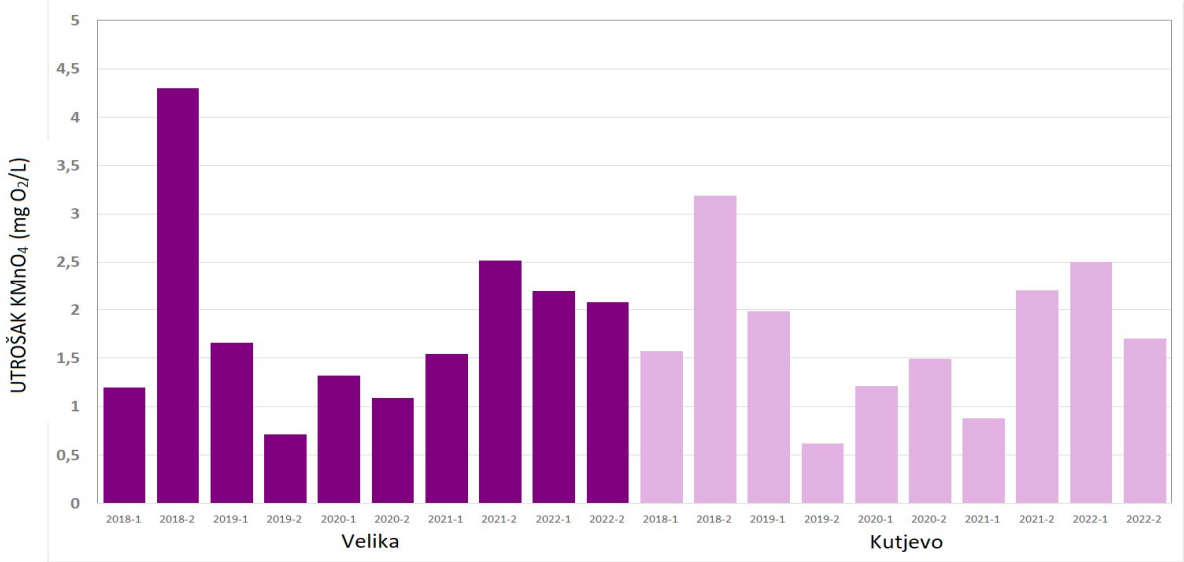
Sve izmjerene vrijednosti električne vodljivosti tijekom praćenog petogodišnjeg razdoblja (2018. – 2022.) bile su u skladu s Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017).

Utrošak $KMnO_4$

Utrošak $KMnO_4$ indirektni je pokazatelj sadržaja organskih tvari u vodi. Na **Slici 12** prikazane su vrijednosti utroška $KMnO_4$ analiziranih uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća i jeseni u razdoblju 2018. – 2022. godina. Sve izmjerene utroška $KMnO_4$ bile su u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017).

Vrijednosti utroška $KMnO_4$ uzoraka vode lokalnog vodovoda Velika tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. – 2022.) kretale su se u rasponu od 0,17 do 4,3 mg O_2/L, dok su vrijednosti utroška $KMnO_4$ kod lokalnog vodovoda Kutjevo imale vrijednosti od 0,62 do 3,9 O_2/L. Sa **Slike 12** uočava se i u slučaju vrijednosti utroška $KMnO_4$ sličnost u trend promjena, odnosno najviše vrijednosti utroška $KMnO_4$ su zabilježene u jesen 2018. godine, dok su najniže vrijednosti zabilježene kod oba lokalna vodovoda u jesen 2019. godine. Stoga se i kod promjena

vrijednosti utroška $KMnO_4$ može pretpostaviti da su promjene uvjetovane prethodno opisanim hidrološkim prilikama tijekom ispitanog petogodišnjeg razdoblja.



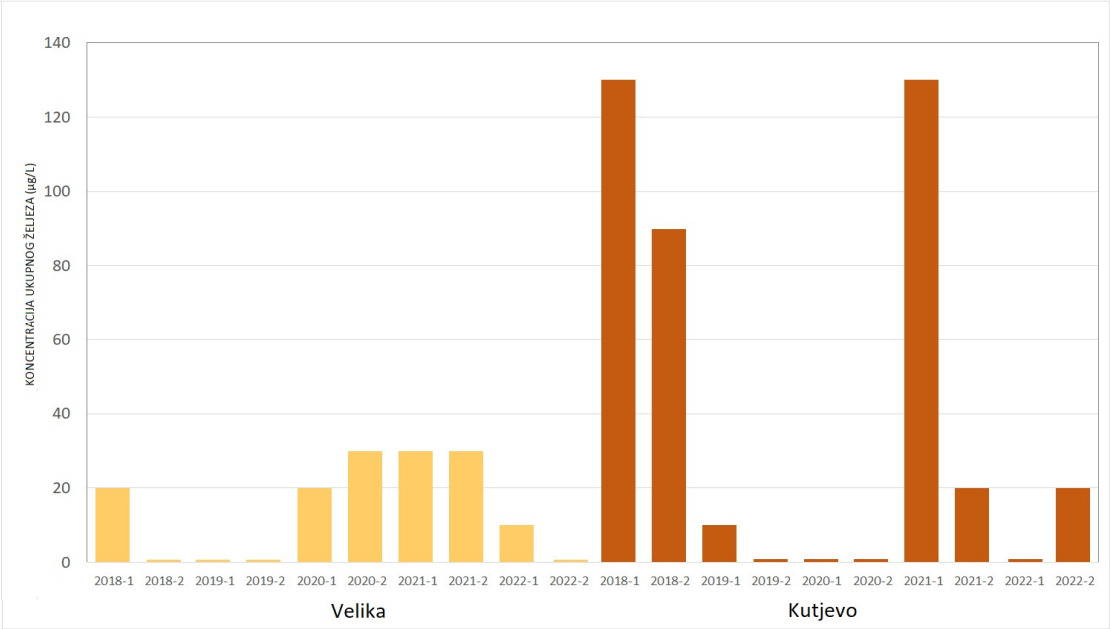
Slika 12. Utrošak $KMnO_4$ uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) u razdoblju 2018. - 2022. godine

Sve izmjerene vrijednosti utroška $KMnO_4$ tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. – 2022.) bile su u skladu s 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 125/2017).

Koncentracija ukupnog željeza

Na koncentraciju ukupnog željeza u podzemnim vodama ponajviše utječe geološki sastav tla, odnosno udjelu željezovih spojeva u tlu koje okružuje vodonosnik te redoks uvjeti koji vladaju u vodonosniku. Prisutnost ukupnog željeza u vodi narušava senzorske karakteristike vode uslijed pojave žućkaste boje te pojave metaličnog okusa i mirisa (WHO, 2003.).

Na **Slici 13** prikazane su vrijednosti koncentracija ukupnog željeza u analiziranim uzorcima vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća i jeseni od 2018. do 2022. godine. Izmjerene koncentracija ukupnog željeza nisu prelazile MDK vrijednost koncentracije ukupnog željeza zadanu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017).



Slika 14. Koncentracija ukupnog željeza uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) u razdoblju 2018. - 2022. godine

Vrijednosti koncentracija ukupnog željeza u uzorcima vode lokalnog vodovoda Velika tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. – 2022.) kretale su se u rasponu od 0 do 30 µg/L, dok su vrijednosti koncentracija ukupnog željeza kod lokalnog vodovoda Kutjevo imale vrijednosti od 0 do 130 µg/L.

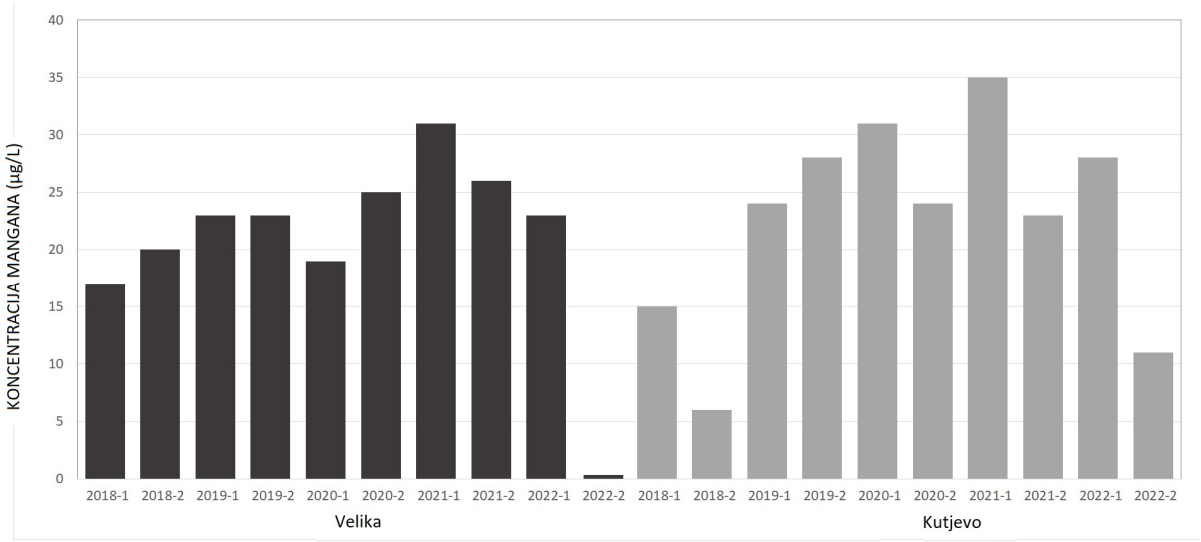
Na **Slici 14** prikazane su grupirane vrijednosti koncentracija ukupnog željeza i njihove značajne razlike koje ukazuju na povremenu pojavnost željeza u vodama oba crpilišta. Navedene razlike također potvrđuju i da se podzemna voda za potrebe lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo crpi iz različitih vodonodnika, odnosno da se sastav tla koji okružuje vodonosnike se značajno razlikuje.

U usporedbi s trendovima kretanja vrijednosti prethodno opisanih rezultata, kod koncentracija ukupnog željeza ne uočava se utjecaj sezonskih niti klimatskih promjena na dobivene vrijednosti.

Koncentracija mangana

Jednako kao i pojava željeza, i pojava mangana u podzemnim vodama najčešće je uvjetovana geološkim sastavom tla te redoks uvjetima koji vladaju u vodonosniku. Prisutnost mangana u vodi narušava zdravstvenu ispravnost vode. Naime, znanstvena istraživanja utvrdila su povezanost unosa mangana putem vode za piće i pojavu neuroloških smetnji (WHO, 2004.). Prisutnost mangana u vodi uzrokuje i pojavu tamnih mrlja na rublju i sanitarijama (Kuleš i Habuda-Stanić, 2000.).

Na **Slici 15** prikazane su vrijednosti koncentracija mangana u analiziranim uzorcima vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća i jeseni u razdoblju od 2018. do 2022. godine. Sve izmjerene vrijednosti koncentracija mangana bile su u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017).



Slika 15. Koncentracija mangana uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) u razdoblju 2018. - 2022. godine

Prisutnost mangana zabilježena je u svim uzorcima vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo, osim kod uzorka vode iz lokalnog vodovoda Velika u jesen 2022. godine. Koncentracije mangana tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. – 2022.) zabilježene u uzorcima vode lokalnog vodovoda Velika bile su u rasponu od 0 do 31 µg/L, dok su vrijednosti koncentracija mangana kod lokalnog vodovoda Kutjevo imale vrijednosti od 0 do 35 µg/L.

4.3.2. Mikrobiološke analize uzoraka vode

U **Tablici 4** prikazani su rezultati mikrobioloških analiza uzoraka vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo, u proljeće i jesen kroz petogodišnje razdoblje (2018. – 2022.). Analizirani su mikrobiološki parametri: ukupni koliformi, *E. coli*, enterokoki, broj klonija na 36 °C i 22 °C.

Tablica 4. Rezultati analiza mikrobioloških parametara uzoraka vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo u proljeća (1) i jeseni (2) razdoblja 2018. – 2022. godina

	UKUPNI KOLIFORMI (broj/100mL)	*ESCHERICHIA COLI* (broj/100mL)	ENTEROKOKI (broj/100mL)	BR. KOLONIJA NA 36 °C (broj/1mL)	BR. KOLONIJA NA 22 °C (broj/1mL)
Velika 2018-1	92	0	0	7	125
Velika 2018-2	100	30	1	40	168
Kutjevo 2018-1	75	0	0	10	30
Kutjevo 2018-2	50	0	8	6	30
Velika 2019-1	150	10	3	10	80
Velika 2019-2	180	30	11	500	600
Kutjevo 2019-1	540	40	0	40	80
Kutjevo 2019-2	15	9	4	250	200
Velika 2020-1	25	6	0	20	80
Velika 2020-2	50	4	3	12	26
Kutjevo 2020-1	110	0	0	10	80
Kutjevo 2020-2	300	40	140	200	220
Velika 2021-1	50	0	0	6	35
Velika 2021-2	300	10	5	30	80
Kutjevo 2021-1	80	0	0	2	25
Kutjevo 2021-2	30	0	0	0	25
Velika 2022-1	92	0	0	7	125
Velika 2022-2	100	30	1	40	168

Kutjevo 2022-1	75	0	0	10	30
Kutjevo 2022-2	50	0	8	6	30
MDK	**0**	**0**	**0**	**100**	**100**

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 125/2017) prisutnost ukupnih koliforma, *E. coli* i enterokoka u 100 mL uzorka nije dozvoljena, dok MDK vrijednost za broj kolonija na 22 °C i 36 °C iznosi 100 / 1 mL.

Iz prikazanih rezultata u **Tablici 4** razvidno je da**,** uslijed utvrđene prisutnosti ukupnih koliforma u svim ispitanim uzorcima vode, niti jedan ispitani uzorak vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo kroz praćeno petogodišnje razdoblje ne udovoljava odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017).

Vrijednosti mikrobioloških parametara ispitivanih uzoraka vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo, prikazani su pojedinačno na **Slikama 16 - 19**.

Ukupni koliformi

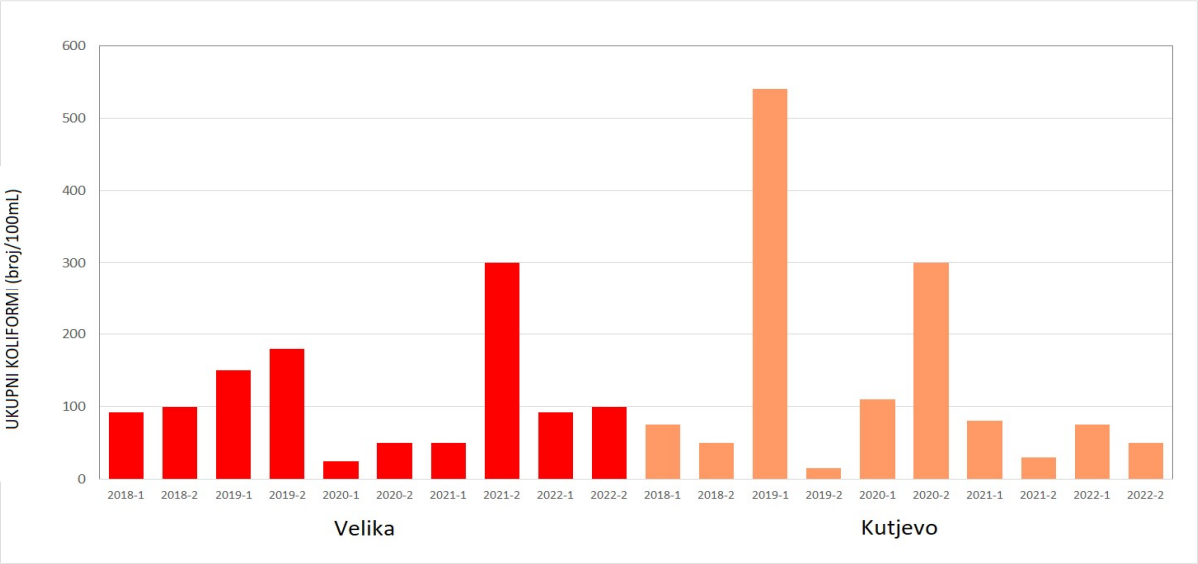
Ukupni koliformi mogu biti i fekalnog i nefekalnog podrijetla, no njihova prisutnost u podzemnim vodama ukazuje na prodiranje vode s površinskih izvora u podzemne vode (Besner i sur., 2011).

Na **Slici 16** prikazane su grupirane vrijednosti ukupnih koliforma u uzrocima vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo. U svim ispitanim uzorcima vode iz oba navedena vodovoda utvrđena je prisutnost ukupnih koliforma što ukazuje je voda u oba ispitana lokalna vodovoda kontinuirano zdravstveno neispravna.

U uzorku vode iz lokalnog vodovoda Kutjevo, uzorkovanog u proljeće 2019. godine pronađeno je najviše ukupnih koliformnih bakterija (540 / 100 mL vode.), dok je u uzorku vode iz lokalnog

vodovoda Velika, uzorkovanog u jesen 2021. godine zabilježena prisutnost 300 ukupnih koliforma / 100 mL vode.. Navedeni rezultati ukazuju da je kod oba izvorišta nužno provoditi obvezni postupak dezinfekcije vode.

Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017) prisutnost ukupnih koliforma u uzorcima vode za ljudsku potrošnju nije dopuštena.



Slika 16. Ukupni koliformi u uzorcima vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) u razdoblju 2018. - 2022. godine

Escherichia coli

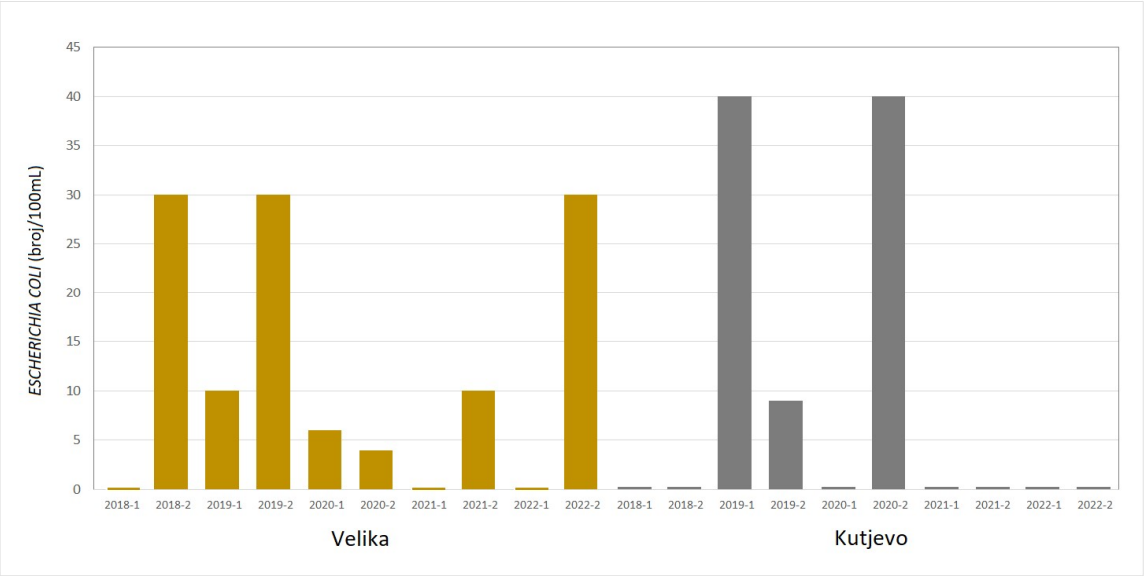
Escherichia coli prirodno se nalazi u crijevima čovjeka i brojnih životinja, no ukoliko se unese u organizam putem hrane ili vode, uzrokuje vrlo teške poremećaje u probavnom sustavu praćene povišenom temperaturom pri čemu takvo stanje može završiti i smrtonosnim ishodom**.** Prisutnost *Escherichia coli* u vodi ukazuje na fekalno zagađenje vode za ljudsku potrošnju, a prema uputama nadležnog Ministarstva zdravstva distribuciju takove vode treba zabraniti jer predstavlja opasnost ili potencijalnu opasnost za zdravlje ljudi.

Na **Slici 17** prikazane su grupirane vrijednosti rezultata određivanja prisutnosti bakterije *Escherichia coli* u uzrocima vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo.

U većini ispitanih uzoraka oba lokalna vodovoda utvrđena je prisutnost bakterije *Escherichia coli* što ukazuje je voda u oba ispitana lokalna vodovoda kontinuirano zdravstveno neispravna.

U uzorima vode iz lokalnog vodovoda Velika prisutnost 30 bakterije *Escherichia coli* zabilježena je u više navrata i to (jesen 2018., jesen 2019. i jesen 2022. godine) dok je najviši broj (40 / 100 mL vode.) bakterija *Escherichia coli* u uzorcima vode iz lokalnog vodovoda Kutjevo, zabilježen i proljeće 2019. i jesen 2020. godine.

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 125/2017) prisutnost *Escherichia coli* u uzorcima vode za ljudsku potrošnju nije dopuštena.

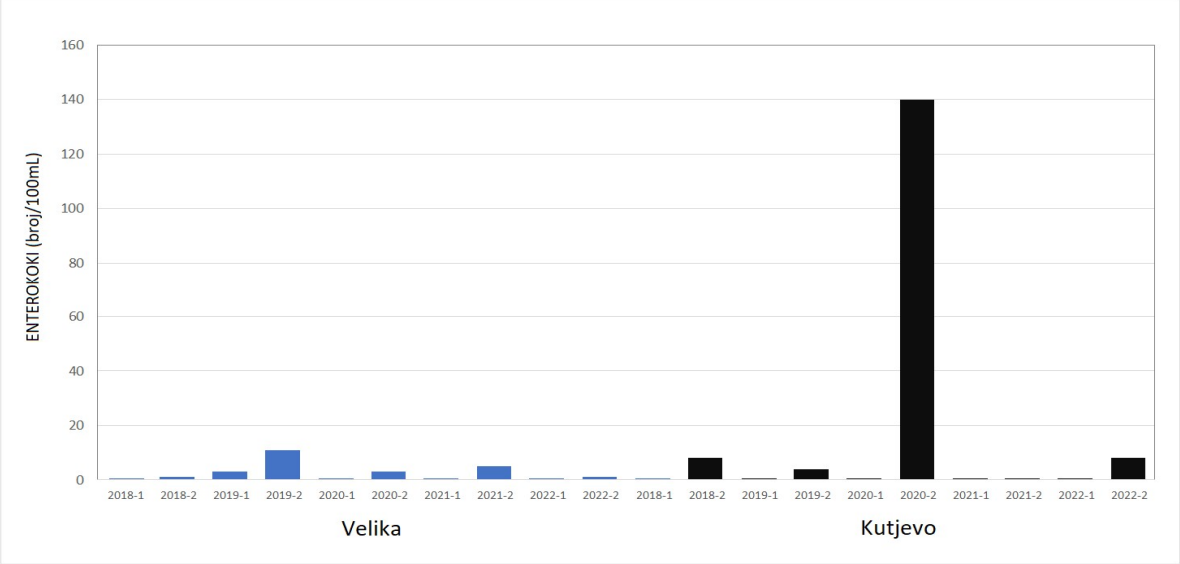


Slika 17. *Escherichia coli* u uzorcima vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) u razdoblju 2018. - 2022. godine

Broj enterokoka

Enterokoki su gram-pozitivne bakterijske vrste koje se prirodno nalaze u crijevima ljudi i toplokrvnih životinja. Prisutnost *Escherichia coli* u vodi ukazuje na fekalno zagađenje vode, a ukoliko se unesu u organizam putem vode ili hrane, mogu uzrokovati crijevnu infekciju i sepsu.

Na **Slici 18** prikazane su grupirane vrijednosti rezultata određivanja broja enterkoka u uzrocima vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo.



Slika 18. Broj enterokoka u uzorcima vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) u razdoblju 2018. - 2022. godine

U većini ispitanih uzoraka oba lokalna vodovoda utvrđena je prisutnost enterokoka što, kao i kod prethodno navedenih mikrobioloških parametara, ukazuje je voda u oba ispitana lokalna vodovoda najčešće zdravstveno neispravna.

Najveći broj enterokoka zabilježen je u uzorku vode iz lokalnog vodovoda Kutjevo u jesen 2020. godine kada je utvrđeno 140 enterkoka / 100 mL vode.

Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017) prisutnost enterokoka u uzorcima vode za ljudsku potrošnju nije dopuštena.

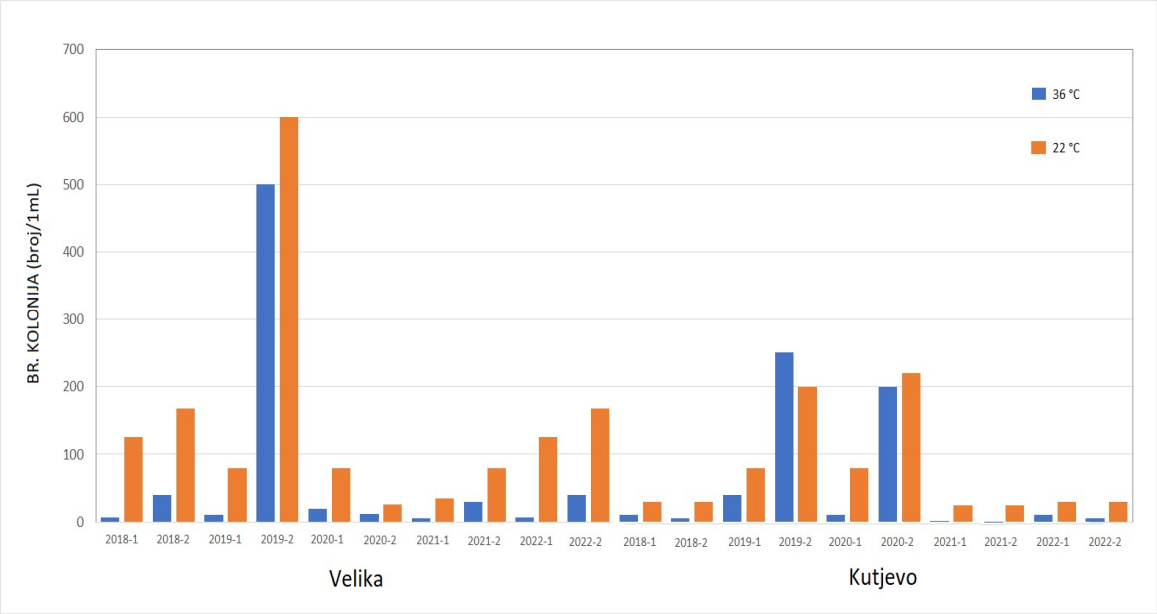
Broj kolonija na 36 °C i 22 °C

Parametar „broj kolonija na 36 °C i 22 °C“ uključuje prisutnost velikog raspona bakterija koje za svoj rast koriste izvore organskog ugljika. Njihova prisutnost u vodi i vodoopskrbnom sustavu može povremeno i sezonski varirati, ovisno o vrsti izvorišta i tehnološkom postupku

prerade vode, a nagle promjene u njihovom broju mogu ukazivati na promjene kvalitete sirove vode, nedostatnu tehnološku preradu vode ili neadekvatno održavanje distributivnog sustava.

Povišene vrijednosti broja kolonija na 36 °C i 22 °C također mogu indicirati slabu potrošnju i protok vode te vjerojatno pojačani nastanak biofilma u cijevima sustava (Nygard i sur., 2007; Levantesi i sur., 2012; Douterelo i sur,. 2013; Malm i sur., 2013).

Vrijednost parametra broj kolonija na 36 °C i 22 °C monitoringa vode može ukazati i na iznenadne promjene u vezi s primijenjenim tretmanima obrade vode. Broj kolonija može biti dobar pokazatelj učinkovitosti dezinfekcije vode. No dezinfekcija klorom se ne pokazuje kao efektivna metoda protiv mikroorganizama prisutnih u biofilmovima (Mathieu i sur., 2009; Grosselin i sur., 2013).



Slika 19. Broj kolonija na 36 °C i 22 °C u uzorcima vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom proljeća (1) i jeseni (2) u razdoblju 2018. - 2022. godine

Na **Slici 19** prikazane su grupirane vrijednosti rezultata određivanja broja kolonija u uzrocima vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. - 2022. godine).

U većini ispitanih uzoraka oba lokalna vodovoda utvrđena je prisutnost kolonija na 36 °C i 22 °C što ukazuje na nedostatak na opću lošu mikrobiološku kvalitetu vode, a utvrđene vrijednosti kod pojedinih analiza višestruko su bile veće od Pravilnikom (NN 125/2017) dozvoljenih.

Najveći broj kolonija na 36 °C kod oba lokalna vodovoda utvrđen je u jesen 2019. godine pri čemu je broj kolonija u uzorku vode iz lokalnog vodovoda Velika iznosio 500 / 1 mL, odnosno 250 / 1 mL u uzorku vode iz lokalnog vodovoda Kutjevo.

Najveći broj kolonija na 22 °C utvrđen u vodi iz lokalnog vodovoda Velika određen je u takođe u jesen 2019. i iznosio je 600 / 1 mL, dok je najveći broj kolonija na 22 °C utvrđen u vodi iz lokalnog vodovoda Kutjevo iznosio 220 / 1 mL (jesen 2020.)

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 125/2017) najveći dozvoljeni broj kolonija na 36 °C i na 22 °C iznosi 100 / 1 mL.

Rezultati brojnih studija (Barrios i sur., 2001; Belenguer i sur., 2007), te rada autorice Habuda-Stanić i sur. (2013) pokazuju da fekalni koliformi ubrzano rastu u blago-kiselkastom mediju, odnosno smanjujući pH-vrijednost (<7) povećava se pojavnost i rast ukupnih koliforma. Djelomično bi se to moglo povezati s rezultatima prikazanim na **Slici 16** gdje se vidi da uzorci vode uzorkovani u lokalnom vodovodu Kutjevo u proljeće 2020. i lokalnom vodovodu Velika u jesen 2022. imaju najmanju pH-vrijednost (7), a najveći broj ukupnih koliforma (540 i 300 / 100 mL).

Prema dobivenim rezultatima analiziranih fizikalno-kemijskih i kemijskih parametara te u usporedbi sa zakonskom regulativom, uzorci vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo bili su u skladu s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017).

No, prema dobivenim rezultatima analiziranih mikrobioloških parametara te u usporedbi sa zakonskom regulativom, svi uzorci vode lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo bili su nesukladni s odredbama Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017) uslijed zabilježene prisutnosti ukupnih koliformnih bakterija, prisutnost *E. coli* i enterokoka.

Najčešći razlog i uzrok nesukladnosti s odredbama navedenog Pravilnika je upravo prisutnost koliformnih bakterija u uzorcima vode koji ukazuju na mogućnost mikrobiološke kontaminacije vode s fekalnim otpadom.

Iz Izvješća HZJZ o zdravstvenoj ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u RH (HZJZ, 2018.; 2019.; 2020.; 2021.; 2022.) vidljivo je da svi lokalni vodovodi predstavljaju rizik s javno-zdravstvenog aspekta pri čemu se po navedenom problemu Požeško-slavonska županija ističe.

5. ZAKLJUČCI

Područje zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj regulirano je Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18, 16/20) i 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 125/17, 39/20).

Zadatak ovog diplomskog rada bilo je uzorkovanje i analiza vode za ljudsku potrošnju iz dva lokana vodovoda putem kojeg se vodom snabdijevaju stanovnici općine Velika i Kutjevo u Požeško-slavonskoj županiji. Uzorkovanje i analize su provedene u cilju utvrđivanja kvalitete i zdravstvene ispravnosti vode te praćenja trenda promjena tijekom petogodišnjeg razdoblja (2018. - 2022. godine). Kvaliteta vode određena je praćenjem sljedećih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja: pH, vodljivost, koncentracija željeza, koncentracija mangana i koncentracija organskih tvari (utrošak $KMnO_4$) te ukupni broj koliforma, *Escherichia coli* (*E. coli*), broj kolonija na 22 °C i 36 °C i enterokoki.

Na temelju dobivenih rezultata analiza uzoraka vode iz dva lokalna vodovoda, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- vrijednosti analiziranih fizikalno-kemijskih i kemijskih parametara (pH, vodljivost, koncentracija ukupnog željeza, koncentracija mangana, utrošak $KMnO_4$) uzoraka vode iz lokalnog vodovoda Velika i Kutjevo bile su u skladu s odredbama navedenog Pravilnika (NN 125/17, 39/20)

- pH vrijednosti uzoraka vode uzorkovanih 2022. godini bile su 7,3 i 7,0 (lokalni vodovod Velika) i 7,6 i 7,2 (lokalni vodovod Kutjevo).

- električne vodljivosti uzoraka vode uzorkovanih 2022. godini bile su 537 i 545 µS/cm (lokalni vodovod Velika) te 605 i 630 µS/cm (lokalni vodovod Kutjevo).

- utrošci $KMnO_4$ kod uzoraka vode uzorkovanih 2022. godine bili su 2,19 i 2,08 mg O_2/L (lokalni vodovod Velika) te 2,5 i 1,7 mg O_2/L (lokalni vodovod Kutjevo).

- koncentracije ukupnog željeza u uzorcima vode uzorkovanim 2022. godine bile su 10 i 0 µg/L (lokalni vodovod Velika) te 0 i 20 µg/L (lokalni vodovod Kutjevo).

- koncentracije mangana u uzorcima vode uzorkovanim 2022. godine bile su 23 i 0 µg/L (lokalni vodovod Velika) te 28 i 11 µg/L (lokalni vodovod Kutjevo).

- vrijednosti analiziranih mikrobioloških parametara (ukupni koliformi, *Escherichia coli,* enterokoki*,* broj kolonija na 22 °C i 36 °C) uzoraka vode iz lokalnog vodovoda Velika i Kutjevo najčešće nisu bile su u skladu s odredbama navedenog Pravilnika (NN 125/17, 39/20).

- detektiranih ukupnih koliforma u uzorcima vode uzorkovanim 2022. godine bilo je 50 / 1 mL i 300 / 1 mL (lokalni vodovod Velika) te 80 / 1 mL i 30 / 1 mL (lokalni vodovod Kutjevo).

- prisutnost *Escherichia coli* zabilježena je jedino u uzorku vode uzorkovanom u jesen iz lokalnog vodovoda Velika (10 / 100 mL).

- prisutnost enterokoka zabilježena je jedino u uzorku vode uzorkovanom u jesen 2022. godine iz lokalnog vodovoda Velika (5 / 100 mL).

- analizom uzoraka vode iz lokalnog vodovoda Velika tijekom 2022. godine utvrđeno je 6 / 1 mL i 30 / 1 mL kolonija na 36 °C te 35 / 1mL i 80 / 1 mL kolonija na 22 °C.

- analizom uzoraka vode iz lokalnog vodovoda Kutjevo utvrđeno je 2 / 1 mL na 36 °C u proljeće 2022. godine te po 25 / 1 mL na 22 °C. kolonija i u proljeće i u jesen 2022. godine.

- navedenog petogodišnjeg razdoblja kretale su se u rasponu od 7,0 do 8,1. pH vrijednosti uzoraka vode lokalnog vodovoda Kutjevo imale su slične vrijednosti, odnosno bile su u rasponu od 7,0 do 7,9 (2018. - 2022. godine).

- vrijednosti analiziranih fizikalno-kemijskih i kemijskih parametara (pH, vodljivost, koncentracija ukupnog željeza, koncentracija mangana, utrošak $KMnO_4$) u uzorcima vode iz lokalnih vodovoda Velika i Kutjevo tijekom petogodišnjeg razdoblja bile su u skladu s odredbama navedenog Pravilnika (NN 125/17, 39/20).

- vrijednosti analiziranih mikrobioloških parametara (ukupni koliformi, *Escherichia coli,* enterokoki*,* broj kolonija na 22 °C i 36 °C) u uzorcima vode iz lokalnog vodovoda Velika i

Kutjevo najčešće nisu bile su u skladu s odredbama navedenog Pravilnika (NN 125/17, 39/20).

- Najčešći uzrok mikrobiološkog onečišćenja odnosno nesukladnosti s odredbama Pravilnika je prisutnost ukupnih koliforma u svim uzorcima vode uzorkovanih u lokalnim vodovodima Velika i Kutjevo tijekom petogodišnjeg razdoblja 2018. - 2022. godine. Osim ukupnih koliforma značajna je i pojavnost povišenih vrijednosti broja kolonija na 22 °C i 36 °C.

- Lokalni vodovodi predstavljaju najveći rizik s javno-zdravstvenog aspekta jer za njihov rad grupe građana ili mjesne zajednice, koje najčešće nemaju dovoljno financijskih sredstava kojim bi kvalitetno održavali svoj vodoopskrbni sustav.

- Navedeni rezultati ukazuju na čestu nesukladnost uzoraka vode iz lokalnih vodovoda s zakonskom regulativom, stoga je jedino i pravovaljano rješenje priključivanje i davanje na upravljanje lokalnih vodovoda sustavima javne vodoopskrbe.

6. LITERATURA

Barrios, J.A., Jiménez, B., Salgado, G., Garibay, A., Castrejon, A. (2001): *Growth of faecal coliforms and Salmonella spp. in physicochemical sludge treated with acetic acid,* Water Sci. Technol. 44 (10), 85-90.

Belenguer, A., Duncan, S.H., Holtrop, G., Anderson, S.E., Lobley, G.E., Flint, H.J. (2007): *Impact of pH on Lactate Formation and Utilization by Human Fecal Microbial Communities*, Appl. Environ. Microbiol. 73 (20), 6526-6533.

Besner, M.-C., Prévost, M., Regli, S. (2011): *Assessing the public health risk of microbial intrusion events in distribution systems: conceptual model, available data, and challenges,* Water Res. 45, 961-979.

Douterelo, I., Sharpe, R.L., Boxall, J.B. (2013): *Influence of hydraulic regimes on bacterial community structure and composition in an experimental drinking water distribution system,* Water Res. 47, 503-516.

Furmeg, S., Sokolović, J., Bukvić, M., Sokolić, K., Mustapić, P., Benić, M., Cvetnić, Ž., Jaki Tkalec V.: *Uzorkovanje hrane, vode za ljudsku potrošnju te obrisaka površina na mikrobiološku ispravnost,* stručni članak, Veterinarska stanica 52 (1), str. 105-112, 2021.

Habuda-Stanić, M., Santo, V., Sikora, M., Benkotić ,S.: *Microbiological quality of drinking water in public and municipal drinking water supply systems in Osijek-Baranja County, Croatia*, Croatian Journal of Food Science and Technology, 5 (2), str. 61-69, 2013.

HZJZ, Hrvatski zavod za javno zdravstvo: *Izvještaj o zdravstvenoj ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj za 2021. godinu*, Zagreb, 2022.

HZJZ, Hrvatski zavod za javno zdravstvo*: Izvještaj o zdravstvenoj ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj za 2020. godinu,* Zagreb, 2021.

HZJZ, Hrvatski zavod za javno zdravstvo: *Izvještaj o zdravstvenoj ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj za 2019. godinu,* Zagreb, 2020.

HZJZ, Hrvatski zavod za javno zdravstvo: *Izvještaj o zdravstvenoj ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj za 20218. godinu,* Zagreb, 2019.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija*. HRN EN ISO/IEC 17025:2017.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode – Određivanje električne vodljivosti*. HRN EN 27888:2008.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kvaliteta vode – Uzorkovanje – 3. dio: Čuvanje i rukovanje uzorcima*. HRN ISO 5667-3:2018.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kvaliteta vode – Određivanje pH vrijednosti.* HRN EN ISO 10523:2012.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode – Određivanje permanganatnog indeksa*. HRN EN ISO 8467:2001.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kvaliteta vode – Opći zahtjevi i smjernice za mikrobiološka ispitivanja uzgojenih mikroorganizama.* HRN EN ISO 8199:2018.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kvaliteta vode – Brojenje E. coli i koliformnih bakterija – 1. dio: Metoda membranske filtracije za vode s niskom pozadinom bakterijske flore*. HRN EN ISO 9308-1:2014.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode – Brojenje uzgojenih mikroorganizma – Broj kolonija nacjepljivanjem na hranjivi agar.* HRN EN ISO 6222:2000.

HZN, Hrvatski zavod za norme: *Kakvoća vode – Detekcija i brojenje crijevnih enterokoka – 2. dio: Metoda membranske filtracije.* HRN EN ISO 7899-2:2000.

Jusupović, F., Novaković, B., Rudić, A.: *Higijena i zdravstvena ekologija*, praktikum, Tuzla, 2012.

Levantesi, C., Bonadonna, L., Briancesco, R., Grohmann, E., Toze, S., Tandoi, V. (2012): *Salmonella in surface and drinking water: Occurrence and water-mediated transmission*, Food Res. Int. 45, 587-602.

Malm, A., Axelsson, G., Barregard, L., Ljungqvist, J., Forsberg, B., Bergstedt, O., Pettersson, T.J.R. (2013): *The association of drinking water treatment and distribution network disturbances with Health Call Centre contacts for gastrointestinal illness symptoms,* Water Res. 47, 4474-4484.

Mathieu, L., Bouteleux, C., Fass, S., Angel, E., Block, J.C. (2009): *Reversible shift in the α-, β- and γ-proteobacteria populations of drinking water biofilms during discontinuous chlorination*, Water Res. 43, 3375-3386.

MZ RH, Ministarstvo zdravstva Republike Hrvatske: *Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe.* NN 125/17, 2017; 39/20, 2020.

Omerdić N.: *Utjecaj vode na organizam i zdravlje čovjeka*, stručni prikaz, Hrvatske vode Vol. 28 No. 114, str. 313-318, 2020.

Puntarić D., Miškulin M., Bošnir J. i suradnici: *Zdravstvena ekologija*, knjiga, Medicinka naklada, Zagreb, 2012.

RH, Republika Hrvatska: *Zakon o vodi za ljudsku potrošnju.* Narodne novine 56/13, 2013; 64/15, 2015; 104/17, 2017; 115/18, 2018; 16/20, 2020)

WHO, 2003., preuzeto 18.2.2023. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/iron-bd.pdf?sfvrsn=8bde1f09_4

WHO, 2004., preuzeto 18.2.2023. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75376/WHO_SDE_WSH_03.04_104_eng.pdf

Tekija.hr, preuzeto 18.2.2023. https://www.tekija.hr/o-nama/vodne-usluge/javna-vodoopskrba

Požeško-slavonska županija, preuzeto 18.2.2023., www.pszupanija.hr