

KVALITETA VODE ZA PIĆE PRIVATNIH ZDENACA GRADA LIPIKA

Mamić, Dorotea

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic in
Pozega / Veleučilište u Požegi**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:112:417439>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



VELEUČILIŠTE U POŽEGI
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

Repository / Repozitorij:

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in
Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U POŽEGI



DOROTEA MAMIĆ, 1721/19

KVALITETA VODE ZA PIĆE PRIVATNIH ZDENACA GRADA LIPIKA

ZAVRŠNI RAD

Požega, 2021. godine

VELEUČILIŠTE U POŽEGI

POLJOPRIVREDNI ODJEL

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

**KVALITETA VODE ZA PIĆE PRIVATNIH ZDENACA
GRADA LIPIKA**

ZAVRŠNI RAD

IZ KOLEGIJA HIGIJENA I SANITACIJA

MENTOR: Helena Marčetić dipl. ing.

STUDENT: Dorotea Mamić

JMBAG studenta: 0113145110

Požega, 2021. godine

SAŽETAK

U ovom radu provedeno je utvrđivanje kvalitete vode privatnih zdenaca na području grada Lipika pomoću mikrobioloških i fizikalno-kemijskih pokazatelja. Prikupljena su četiri uzorka vode koja su ispitana u ekološkom laboratoriju Zavoda za Javno Zdravstvo u Požegi.

Cilj ovog rada je ispitati i utvrditi zdravstvenu ispravnost i kvalitetu vode privatnih zdenaca te pomoću pokazatelja utvrditi udovoljavaju li rezultati preporučenim MDK vrijednostima. Određivali su se slijedeći mikrobiološki parametri: ukupne koliformne bakterije, *Escherichia coli*, enterokoki, ukupan broj kolonija na 22 °C te ukupan broj kolonija na 36 °C. Od fizikalno-kemijskih parametara određivani su: boja, mutnoća, električna vodljivost, miris, okus, temperatura, koncentracija vodikovih iona, utrošak kalijeva permanganata, kloridi, nitrati, nitriti, amonijak, ukupna tvrdoća vode te ukupno željezo, mangan i aluminij.

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti kako uzorci prekoračuju preporučene MDK vrijednosti te se iz tog razloga voda svih uzetih uzoraka smatra neispravnom i neprihvatljivom za konzumaciju.

Ključne riječi: fizikalno-kemijski parametri, mikrobiološka analiza, zdenci, podzemne vode

SUMMARY

In this work the water quality of private wells in the area of the City of Lipik was determined using microbiological and physicochemical indicators. Four water samples were collected and tested in the ecological laboratory of the Institute of Public Health in Požega.

The purpose of this paper is to examine and determine the health and water quality of private wells and to use indicators to determine whether the results meet the recommended MDK values. The following microbiological parameters were determined: total coliform bacteria, *Escherichia coli*, enterococci, total number of colonies at 22 ° C and total number of colonies at 36 ° C. From the physico-chemical parameters were determined: color, turbidity, electrical conductivity, odor, taste, temperature, concentration of hydrogen ions, consumption of potassium permanganate, chlorides, nitrates, nitrites, ammonia, total water hardness and total iron, manganese and aluminum.

From the obtained results it can be concluded that the samples exceed the recommended MDK values and for this reason the water of all samples taken is considered defective and unacceptable for consumption.

Keywords: physicochemical parameters, microbiological analysis, wells, underground water

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Općenito o vodi	2
2.2. Voda za piće	2
2.3. Bolesti koje se prenose vodom	2
2.4. Podjela vode	3
2.5. Kontrola vode za piće	4
2.6. Mikrobiološki pokazatelji	4
2.6.1. Ukupne koliformne bakterije	5
2.6.2. <i>Escherichia coli</i>	6
2.6.3. Fekalni streptokoki ili enterokoki	6
2.7. Fizikalno-kemijski pokazatelji	6
2.7.1. Boja, miris, okus	6
2.7.2. Mutnoća vode	7
2.7.3. Temperatura	7
2.7.4. Električna vodljivost	7
2.7.5. Koncentracija vodikovih iona	8
2.7.6. Kloridi	8
2.7.7. Ukupna tvrdoća vode	8
2.7.8. Utrošak kalijevog permanganata	9
2.7.9. Nitrati i nitriti	9
2.7.10. Amonijak u vodi	10
2.7.11. Željezo i mangan	10
2.7.12. Aluminij	10
2.8. Zdenci	11
2.8.1. Kopani zdenac	11

2.8.2. Zabijeni zdenac	11
2.8.3. Bušeni zdenac	11
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	13
3.1. Zadatak	13
3.2. Materijali i metode	13
3.2.1. Metode za određivanje mikrobioloških pokazatelja u bunarskoj vodi:	15
3.2.2. Metode za određivanje fizikalno-kemijskih pokazatelja u bunarskoj vodi	18
4. REZULTATI	24
5. RASPRAVA	26
6. ZAKLJUČAK	27
7. LITERATURA	28

1. UVOD

Uz pravilnu prehranu i redovitu tjelesnu aktivnost za ljudsko zdravlje ključna je i učestala konzumacija vode. Voda je glavna sastavnica svih živih organizama i nezamjenjiv sastojak hrane. Važna je za održavanje normalne funkcije ljudskog organizma. Također sudjeluje u razgradnji i apsorpciji hrane te olakšava probavu, oslobađa organizam od štetnih tvari, regulira tjelesnu temperaturu, pomaže pri održavanju zdravlja kože i usporava starenje te je važan izvor mineralnih tvari i elektrolita.

Hrvatska se prema UNESCO-ovom izvješću po bogatstvu i dostupnosti vodnih izvora po stanovniku nalazi pri vrhu u Europi, ali i u svijetu. Jedna je od rijetkih zemalja koja u Europi i svijetu ima značajne rezerve neonečišćene, zdrave pitke vode. U Hrvatskoj se vodovodnom vodom služi oko 88 % građana što se smatra najčešćim i najsigurnijim načinom upotrebe vode, dok se lokalnim vodovodima koristi oko 3 % stanovništva. Određeni dio stanovništva koristi vodu iz vlastitih zdenaca ili sakupljanjem kišnice u cisterne kao individualna opskrba, pri čemu je važno naglasiti da takva voda nije pod kontinuiranim stručnim nadzorom te je u tom slučaju potreban oprez kako ne bi došlo do onečišćenja i time narušavanja ljudskog zdravlja (Javno zdravlje, url).

Voda u prirodi neprestano kruži. Sunce zagrijava Zemlju te površinska voda isparava, odnosno prelazi u vodenu paru. Ta vodena para se diže u visoke slojeve atmosfere, u oblake gdje se hladi i prelazi u tekuće stanje. Kada oblaci otežaju, ta se voda ponovno u obliku padalina vraća na Zemlju. Dio vode koja oborinama dolazi na kopno isparava, dio otječe površinom kopna, a dio prodire kroz tlo stvarajući podzemne vode (IZZI, url).

Pitka voda, podzemna, bunarska i površinska, bistra je voda, bez mirisa i boje, a radi dobra okusa treba sadržavati otopljeni kisik, ugljikov dioksid i topljive soli natrijev klorid (NaCl) i natrijev hidrogenkarbonat (NaHCO₃). Ukoliko voda sadrži patogene bakterije, organske tvari, nitrate, nitrite i amonijak, željezne ili manganove soli ili bilo koje druge štetne tvari, prije uporabe potrebno je vodu pročititi oksidacijom kisikom iz zraka i dezinficirati klorom ili ozonom (Enciklopedija, url).

Kako bismo sačuvali vodu kao opće dobro i obnovljivi vlastiti resurs potrebno ju je racionalno koristiti te čuvati od onečišćenja (Javno zdravlje, url).

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Općenito o vodi

Voda je kao temeljna namirnica neophodna za život ljudi, životinja i biljaka. Voda se osim za piće koristi i u druge svrhe, na primjer, za pripremanje hrane, za održavanje osobne higijene, za pranje rublja, prostorija i ulica, za zalijevanje zelenih površina, za javna kupališta, za zaštitu od požara, kao i za različite tehnološke procese u industriji. Količina vode na Zemlji konstantna je veličina, ona se neprekidno kreće i mijenja prostor, isparava s površina planeta, diže se u atmosferu, odakle nakon kondenzacije (hlađenja) ponovno dolazi na zemlju u obliku oborina. Ciklus kruženja vode naziva se hidrološki ciklus, a u stalnome kruženju je ima oko 1167 km³. Neprekidnim kruženjem vode u prirodi uzrokovanim solarnom energijom, voda mijenja samo svoja agregatna stanja, dok njezina ukupna količina ostaje uvijek ista (Moskaljov i Benić, 2003).

2.2. Voda za piće

Voda koja se danas upotrebljava za piće uglavnom je površinska ili podzemna. Zbog bolje zaštićenosti od vanjskoga onečišćenja podzemna voda bolje je kakvoće od površinske. U Hrvatskoj je od ukupne količine vode, u podzemlju samo oko 12 %, ali i dalje je to znatno iznad svjetskoga prosjeka. Podzemna voda u Hrvatskoj znatno je bolje kakvoće od podzemnih voda u visoko razvijenim zemljama. Međutim potrebno je naglasiti kako njezina kakvoća neprestano opada, a to je moguće zaustaviti pojačanom brigom i zaštitom (Moskaljov i Benić, 2003).

2.3. Bolesti koje se prenose vodom

Bolesti koje se prenose vodom mogu biti izazvane mikroorganizmima ili kemijskim tvarima i spojevima.

Neke od bolesti koje se prenose vodom su: bacilarna i amebna dizenterija, trbušni tifus, paratifus, kolera, infektivni hepatitis, dječja paraliza i crijevni paraziti. One se šire pijenjem vode koja je onečišćena stolicom i mokraćom bolesnika ili kliconoša te glodavaca i domaćih životinja. Sprječavanje tih bolesti može se postići pravilnom izgradnjom i održavanjem javnih

vodoopskrbnih objekata, uklanjanjem ljudskih i životinjskih otpadnih tvari, osobnom higijenom bolesnika i kliconoša, a sam uzročnik može se uništiti dezinfekcijom vode. Bolesti izazvane kemijskim tvarima pojavljuju se u kroničnom obliku. U vodu mogu doći putem industrijskog otpada s poljoprivrednih površina itd., dok neki kemijski spojevi nastaju prilikom kondicioniranja vode. Prevelike koncentracije fluorida, dušikovih spojeva (nitriti, nitrati), teških metala (olovo, kadmij, krom, živa), ostataka pesticida, mineralnih ulja i radioaktivnih izotopa oštećuju pojedina tkiva i organe, ovisno o koncentraciji i vremenu djelovanja. Većina tih spojeva ne može se ukloniti iz vode standardnim metodama čišćenja, pa se nastoje ukloniti izvori onečišćenja. Također u vodi mogu biti prisutne i tvari koje nisu opasne po ljudsko zdravlje, ali mogu izazvati organoleptičke smetnje (npr. biljna vegetacija, nafta) (Moskaljov i Benić, 2003).

2.4. Podjela vode

Prema porijeklu voda se dijeli na:

- atmosfersku ili oborinsku vodu
- površinsku vodu
- podzemnu vodu

Oborinska voda produkt je prirodne destilacije. Ona prolaskom kroz atmosferu može pokupiti mikroorganizme, prašinu i ostala atmosferska onečišćenja. Oborinska voda smatra se mekom vodom jer ne dolazi u dodir s mineralnim tvarima. Zbog svoje mekoće bljutava je okusa. U zdravstvenom pogledu oborinska je voda uvjetno dobra za piće zbog mogućnosti kontaminacije atmosferskim onečišćenjima.

Površinska voda je kako i samo ime kaže voda koja leži ili teče na površini tla. U te vode ubrajaju se: rijeke, potoci, lokve, ribnjaci, prirodna i umjetna jezera i mora. Površinske vode nastaju iz oborinskih voda direktnim padom na površinu tla ili njihovim slijevanjem. Obzirom da je površinska voda u dodiru s tlom, obogaćena je organskim i anorganskim tvarima što vidno može utjecati na njezinu mutnoću. Temperatura površinske vode ovisi o godišnjemu dobu, što se smatra nepovoljnim ukoliko se ona koristi kao voda za piće. U zdravstvenom pogledu površinska voda nije pouzdana kao voda za piće, ali se uslijed nedostatka podzemnih voda može koristiti, no uz obvezno pročišćavanje i dezinfekciju. Podzemna voda nalazi se ispod površine tla. Mogućnosti nastanka podzemne vode su: infiltracijom oborina, infiltracijom vode površinskih vodnih tokova i kondenzacijom atmosferske vodene pare u tlu. Postoje dvije vrste

podzemnih voda: pukotinska voda i voda temeljnica. Voda temeljnica nalazi se u poroznome, šljunčanom i pješčanom materijalu nazvanome vodonosnim slojem, a koji leži na vodonepropusnim slojevima (glina, ilovača, lapor). Voda se u vodonosnom sloju kreće polagano. Vodonosni slojevi najčešće nastaju taloženjem pijeska i šljunka iz rijeka.

Plitka voda temeljnica nije sigurna za piće zbog mogućeg prodora onečišćenja s površine. Brzina vode temeljnice je mala, uglavnom do nekoliko metara na dan. Dva su načina čišćenja voda temeljnica: mehanički, odnosno filtracijom kroz čestice tla, i biološki, odnosno pod utjecajem mikroorganizama te procesima oksidacije i mineralizacije. Za biološko pročišćavanje potrebno je da voda u podzemlju boravi što duže kako bi se organska tvar potpuno mineralizirala i na taj način postala sigurna za ljude. Duboka voda temeljnica praktički je sterilna, konstantne je temperature i sigurna kao voda za piće.

Pukotinska voda s površine tla ulazi u tlo kroz pukotine u kamenu i dalje teče ispod površine tla. Brzina pukotinske vode je do nekoliko stotina metara na dan. Bez postupka pročišćavanja i dezinfekcije, kao i stroge zdravstvene kontrole i nadzora nema sigurne pukotinske vode (Moskaljov i Benić, 2003).

2.5. Kontrola vode za piće

Kontrola vode za piće obuhvaća ispitivanje mikrobioloških i fizikalno-kemijskih pokazatelja na osnovi kojih se utvrđuje njezina zdravstvena ispravnost.

Maksimalna dozvoljena koncentracije (MDK) propisana je 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).

Vrlo je važno naglasiti da se zaključak o kakvoći vode ne može izvesti na temelju samo jedne analize. Kako bi se donijela konačna i ispravna ocjena kakvoće vode za piće potrebno je obaviti niz fizikalno-kemijskih i mikrobioloških analiza.

2.6. Mikrobiološki pokazatelji

Sanitarna mikrobiologija se bavi mikroorganizmima u vodi, zraku i drugim dijelovima čovjekove okoline te ima važnu ulogu u sprječavanju širenja zaraznih bolesti.

Mikrobiološka analiza važan je pokazatelj zdravstvene ispravnosti vode za piće. Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti i

vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017)., voda za piće ni u kojem slučaju ne smije sadržavati:

- patogene mikroorganizme
- *Salmonelle*
- šigele
- vibrio kolere
- *Pseudomonas aeruginosa*
- enteroviruse
- bakteriofage patogenih mikroorganizama
- alge
- parazite
- fekalne koliformne bakterije
- fekalni streptokok

2.6.1. Ukupne koliformne bakterije

Koliformne bakterije su primarno nepatogene te one normalno obitavaju u debelom crijevu čovjeka i toplokrvnih životinja. Odgovorne su za pravilnu probavu hrane i sintezu vitamina grupe B. Koliformne bakterije se izlučuju fekalijama iz organizma te tako dospjevaju u komunalne otpadne vode, a preko otpadnih voda i u prirodne vode. U jednom gramu ljudskog fecesa nalazi se od 10⁶ do 10⁹ koliformnih bakterija. Ukoliko su prirodne vode onečišćene fekalijama moguća je prisutnost patogenih bakterija, virusa i parazita predstavljajući opasnost za zdravlje ljudi (E-škola, url).

Koliformne bakterije su fakultativno anaerobne, Gram-negativne, štapičaste, nesporogene bakterije koje fermentiraju laktozu stvarajući kiselinu i plin. Uključuju *Escherichia coli* i srodne vrste, koje normalno obitavaju u debelom crijevu, kao što su vrste rodova *Citrobacter*, *Enterobacter* i *Klebsiella* (Dekić, 2017).

2.6.2. *Escherichia coli*

Escherichia coli je vrsta bakterije iz roda *Escherichia*, porodice *Enterobacteriaceae* i široko je rasprostranjena u prirodi. Pripada grupi bakterija koje su uobičajeni stanovnici crijeva mnogih životinja i ljudi, gdje pomažu u probavi hrane. To je štapićasta, Gram-negativna, aerobna je i fakultativno anaerobna bakterija.

Većina je bezopasna za čovjeka, no neke vrste kod ljudi mogu izazvati različite bolesti koje se mogu podijeliti u dvije velike grupe: grupa infekcija mokraćnog sustava i grupa crijevnih i drugih infekcija. E. Coli indikator je fekalnog onečišćenja vode (Javno zdravlje, url).

2.6.3. Fekalni streptokoki ili enterokoki

Fekalni streptokoki su grupa crijevnih bakterija. Široko su rasprostranjeni u okolišu, a nalaze se u fekalijama čovjeka i mnogih drugih kralježnjaka. Broj fekalnih streptokoka u pravilu raste s porastom broja ukupnih koliformnih bakterija. U slučaju da ukupne koliformne bakterije nisu dokazane u uzorku, a fekalni streptokoki jesu, to je pouzdan znak da se radi o fekalnom zagađenju zraka. Fekalni streptokoki ili enterokoki su najpodobnija grupa bakterija za određivanje higijenske kvalitete vode. Broj fekalnih streptokoka usko je povezan s prisutnošću patogenih bakterija (npr. *Campylobacter*, *Listeria*, *Salmonella*, *Yersinia*), fekalnih i ukupnih koliformnih bakterija i enterovirusa. Negativna strana ove indikatorske grupe bakterija je nemogućnost dokazivanja zbog ugibanja u okolišu na temperaturama iznad 55 °C (Hydrolux, url).

2.7. Fizikalno-kemijski pokazatelji

2.7.1. Boja, miris, okus

Boja vode najčešće potječe od spojeva željeza ili od biljnih tvari iz močvara. Boju vode možemo odmjeriti od oka ili spektrometrijski, a ona može biti: slabo žućkasta, žućkasta, žuta, žućkastosmeđa, smeđa, žućkastozelena ili zelena. Što se tiče okusa i mirisa postoje raznovrsne tvari od kojih voda može poprimiti određen okus, kao što su anorganske tvari (spojevi željeza npr. vodi daju metalni okus), razne vrste mikroorganizama (alge vodi npr. daju karakteristične mirise po ljubicama, ribi, krastavcima, zemlji itd.), organske materije životinjskoga podrijetla (lešine i fekalne tvari), sumporovodik (daje vodi neugodan miris po trulim jajima) (Moskaljov i Benić, 2003).

Okus vode se određuje samo kod bakteriološki i kemijski ispravne vode (Wikipedia, url).

2.7.2. Mutnoća vode

Mutnoća vode vrlo je važan pokazatelj kvalitete vode. Ukoliko je mutnoća vode iznad dopuštene granice takva voda se ocjenjuje kao neprihvatljiva za piće zbog mogućeg sadržaja patogenih bakterija koje mogu biti uzročnici zaraznih bolesti (Moskaljov i Benić, 2003).

Mutnoću vode čine suspendirane anorganske tvari, dispergirane organske tvari, te mikroorganizmi i slično (Kuleš i Habuda-Stanić, 2000).

Mutnoća vode mjeri se turbidimetrom, a rezultati se izražavaju u NTU jedinicama (engl. *Nephelometric Turbidity Unit*). (Wikipedia, url).

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) maksimalna dozvoljena koncentracija u RH je 4 NTU.

2.7.3. Temperatura

Najpovoljnija temperatura vode kreće se od 7 do 12 °C, i to kao ujednačena temperatura tokom cijele godine. Temperatura vode mjeri se termometrom, a rezultati se izražavaju u stupnjevima Celzijusa (°C). Velike oscilacije u temperaturi vode tijekom godine ukazuju na nepouzdanost vode za piće (Moskaljov i Benić, 2003).

2.7.4. Električna vodljivost

Električna vodljivost je sposobnost vode da provodi električnu energiju. Ona ovisi o prisutnosti iona, o njihovoj ukupnoj koncentraciji, o pokretljivosti i valenciji iona kao i o temperaturi mjerenja. Jedinica za izražavanje električne vodljivosti je mikrosimens po centimetru ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Wikipedia, url).

2.7.5. Koncentracija vodikovih iona

Koncentracija vodikovih iona ili pH vrijednost vode podrazumijeva ispitivanje kiselosti (aciditet) ili lužnatosti (alkalitet), što daje uvid u stupanj agresivnosti vode. Prema pH vrijednosti razlikujemo neutralnu (pH jedanako 7), lužnatu (pH veći od 7) i kiselu (pH manji od 7) (Moskaljov i Benić, 2003).

pH pitke vode kreće se u rasponu od 6,5 do 9,5. Koncentracija vodikovih iona mjeri se pH-metrom, mjerenje je najbolje obaviti u što kraćem roku nakon uzimanja uzorka vode. Vrijednost pH u prirodnim vodama ovisi o fizikalno-kemijskim i biološkim čimbenicima. Od kemijskih čimbenika najvažniji su ugljikov dioksid (CO_2) i soli ugljične kiseline. Otapanjem slobodnog CO_2 u vodi nastaje ugljična kiselina (H_2CO_3), koja se razlaže stvarajući vodikove (H^+) i hidrogenkarbonatne (HCO_3^-) ione. Vodikovi ioni odgovorni su za kiselost vode, a soli ugljične kiseline, karbonati i bikarbonati se razlažu i pri tome stvaraju hidroksidne (OH^-) ione što rezultira povećanjem lužnatosti vode (Wikipedia, url).

2.7.6. Kloridi

Otopljeni kloridi uglavnom čine najveći udio otopljenih aniona u vodi. Uglavnom je njihova koncentracija u izvorima stalna, a svaka značajna promjena može ukazati na sekundarno zagađenje izvorišta fekalijama i/ili otpadnim vodama. Kloridi mogu potjecati iz otpadnih voda, tvornica, kuhinja, a posebice iz životinjskih i ljudskih fekalija i urina. Nalaz veće koncentracije klorida upućuje na mogućnost kontaminacije pitke vode (Bermanec, 2015).

2.7.7. Ukupna tvrdoća vode

Ukupna tvrdoća vode najčešće se izražava u mg/l CaCO_3 (miligramima kalcijevog karbonata po litri), ali moguće ju je izraziti i preko njemačkih, francuskih i engleskih stupnjeva tvrdoće:

- 1 njemački stupanj tvrdoće $^{\circ}\text{dH} = 10 \text{ mg CaO}$ u 1 litri vode;
- 1 francuski stupanj tvrdoće $^{\circ}\text{f} = 10 \text{ mg CaCO}_3$ u 1 litri vode;
- 1 engleski stupanj tvrdoće $^{\circ}\text{e} = 10 \text{ mg CaCO}_3$ u 0,7 litara vode (Dadić, 2001).

Tablica 1. Tablica za određivanje ukupne tvrdoće vode (Dadić, 2001)

Tvrdoća vode °dH	mg/l CaCO₃	VRSTA vode
< 4	< 71,4	Meka voda
4 – 8	71,4-142,8	Lagano tvrda voda
8 – 18	142,8 – 321,4	Umjereno tvrda voda
18 – 30	321,4 – 535,7	Tvrda voda
> 30	> 535,7	Jako tvrda voda

2.7.8. Utrošak kalijevog permanganata

Pomoću utroška kalijevog permanganata određuje se količina organske tvari u vodi. Razgradnjom kalijevog permanganata (KMnO₄) u vodi oslobađa se kisik koji oksidira prisutnu organsku tvar. Na osnovi količine potrošenog kalijevog permanganata, odnosno količine kisika utrošenog (potrebnog) za oksidaciju organske tvari, izračuna se količina organske tvari (Wikipedia, url).

Voda koja sadrži organske tvari ljudskog, životinjskog, biljnog ili industrijskog podrijetla utrošit će određenu količinu KMnO₄ za njihovu oksidaciju (Bejuk, 2017).

2.7.9. Nitrati i nitriti

Nitrati i nitriti su kemijski spojevi koji se upotrebljavaju kao gnojivo, rodenticidi ili konzervansi. Pojavljuju se u zraku, tlu, vodi ili hrani, a nastaju oksidacijom organskog otpada pod djelovanjem dušičnih bakterija. Konzumacija vode s povećanom koncentracijom nitrata na ljudski organizam može djelovati na dva načina. Akutno što se najčešće manifestira kao methemoglobinemija i kronično što izaziva pojavu karcinoma (Nujić, 2017).

Najveće koncentracije nitrata u podzemnim vodama su prisutne na područjima intenzivne poljoprivredne proizvodnje koja predstavlja najveću prijetnju onečišćenja podzemnih voda nitratima (Filipović et al., 2013).

2.7.10. Amonijak u vodi

Amonijak je spoj dušika i vodika kemijske formule NH_3 . Pri normalnoj temperaturi i tlaku je bezbojan plin, oštrog i karakterističnoga mirisa te je lako topljiv u vodi. Nije poželjan u vodi jer troši kisik za svoju oksidaciju. Amonijak može biti otrovan za neke ribe i druge organizme u vodi, a osim toga je i korozivan. Naglo povećanje amonijaka u vodi pokazatelj je onečišćenja industrijskim vodama (Jambrušić, 2016).

Količina amonijaka u vodi ne smije prelaziti 0,50 mg/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 125/2017).

2.7.11. Željezo i mangan

Željezo u vodu dolazi otapanjem naslaga željezne rudače ili otapanjem željeza pohranjenog u tlu (npr. od uginule vegetacije, ponajviše iz močvara). Željezo u malim količinama nema negativan zdravstveni učinak. Prisutnost željeza u vodi posebice je nepovoljna za rad industrija, kao i za kućanstva jer ostavlja žute tragove na rublju, staklenome posuđu itd. (Moskaljov i Benić, 2003).

Na stijenkama cjevovoda može dovesti do značajne korozije zbog kiseline proizvedene pri biološkoj oksidaciji željeza i mangana. Stoga je uklanjanje željeza (deferizacija) i mangana (demanganizacija) iz vode vrlo važan postupak u tehnologiji vode.

Željezo i mangan nepoželjni su kod gotovo svih tehnoloških procesa kako u tehnološkoj vodi tako i u vodi za piće (Mijatović i Matošić, 2020).

2.7.12. Aluminij

Prisutnost povećanih koncentracija aluminija u vodi za piće može biti posljedica otpuštanja aluminija i njegovih spojeva putem otpadnih voda iz industrija, ali još češće kao posljedica samog procesa obrade vode za piće prije same distribucije.

Prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju u RH, maksimalna dozvoljena koncentracija aluminija u vodi za piće iznosi 200 $\mu\text{g/l}$. Procijenjeni dnevni unos aluminija putem vode za piće je oko 0,1 $\mu\text{g/l}$ vode (Gjirlić, 2016).

2.8. Zdenci

Zdenci ili bunari su iskopine ili bušotine u zemlji nastale kopanjem, zabijanjem ili bušenjem kako bi se omogućio pristup podzemnim vodama. Voda iz zdenaca se može crpiti različitim konstrukcijama pumpi na ručni ili električni pogon. Bunari se međusobno razlikuju po dubini, karakteru razine vode (arteški sa razinom vode pod pritiskom i obični sa razinom vode ispod površine terena) i kvaliteti vode (bunari termalne, mineralne ili pitke vode) (Institut za primijenjenu geologiju i vodoinženjering, url).

Zdenci prema načinu izvođenja mogu biti: kopani, zabijeni i bušeni. S obzirom na položaj prema vodonosniku mogu biti potpuni ili nepotpuni, a prema vrsti strujanja, sa slobodnim vodnim licem ili pod tlakom (Enciklopedija, url).

2.8.1. Kopani zdenac

Kopani zdenac najčešće je ozidana jama valjkasta oblika. Izvodi se kod plićih vodonosnika, većinom u području aluvijalnih naslaga koje su nastale nakupljanjem sedimenta nošenih riječnim tokom. Zidovi zdenca nekoć su se zidali od kamena ili opeke, a u današnje se doba izvode betoniranjem od dna iskopa prema površini (Enciklopedija, url).

2.8.2. Zabijeni zdenac

Zabijeni zdenci su vrlo jednostavni i jeftini za izradu. Dovoljno je samo odrediti točku zabijanja cijevi (Institut za primijenjenu geologiju i vodoinženjering, url).

Zabijeni zdenac rupičasta je cijev koja je bez prethodnoga bušenja utisnuta u vodonosni sloj u rahlom zemljištu, a uz pomoć koje se sakuplja i crpi podzemna voda. Obično se koristi za potrebe jednoga kućanstva ili gospodarstva (Enciklopedija, url).

2.8.3. Bušeni zdenac

Zdenci se mogu bušiti raznim ručnim ili strojnim metodama. Na ovaj način se mogu dostići dubine, čak i nekoliko stotina metara (Institut za primijenjenu geologiju i vodoinženjering, url).

Nakon bušenja bušotina se zacjevljuje čeličnim cijevima, uz izvedbu filtarskoga dijela s granuliranim zasipom i pokrovnim vodonepropusnim tamponom. Voda iz takva zdenca zahvaća se podvodnim elektromotornim crpkama (Enciklopedija, url).

Bušeni bunari se koriste za navodnjavanje poljoprivrednih površina, vodoopskrbu industrije i naselja, te zahvaćanje termalnih, termomineralnih i mineralnih voda i sl. (Institut za primijenjenu geologiju i vodoinženjering, url).

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Zadatak

Cilj ovog završnog rada je odrediti kvalitetu vode za piće iz zdenaca grada Lipika putem mikrobioloških i fizikalno-kemijskih pokazatelja te na taj način utvrditi odgovaraju li rezultati preporučenim MDK vrijednostima 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).

3.2. Materijali i metode

Uzorci vode uzorkovani su isključivo na području grada Lipika.

Tablica 2. Mikrobiološki pokazatelji zdravstvene ispravnosti vode (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije)

MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI

NAZIV	METODA	TEHNIKA	MJERNA JEDINICA	MDK
Ukupne koliformne bakterije	HRN EN ISO 9308-1:2014; HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017	Membranska filtracija MF	broj/100 ml	0
<i>Escherichia coli</i>	HRN EN ISO 9308-1:2014; HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017	Membranska filtracija MF	broj/100 ml	0
Enterokoki	HRN EN ISO 7899-2:2000	Membranska filtracija MF	broj/100 ml	0
Broj kolonija na 22°C	HRN EN ISO 6222:2000	Total plate count	broj/1 ml	100
Broj kolonija na 36°C	HRN EN ISO 6222:2000	Total plate count	broj/1 ml	100

Tablica 3. Fizikalno-kemijski pokazatelji zdravstvene ispravnosti vode (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije)

FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI				
NAZIV	METODA	TEHNIKA	MJERNA JEDINICA	MDK
Boja	SM 2120 C (2017)	Spektrofotometrija	Mg/PtCo skale	20
Mutnoća	HRN EN ISO 7027:2016	Turbidimetrija	NTU	4
Miris i okus	HRN EN 1622:2008	Senzorika	-	Bez
Koncentracija vodikovih iona	HRN EN ISO 10523:2012	Potencijometrija	pH jedinica	6.5-9.5
Električna vodljivost	HRN EN 27888:2008	Konduktometrija	µS/cm/20°C	2500
Utrošak KMnO ₄	HRN EN ISO 8467:2001	Titrimetrija	O ₂ mg/l	5.0
Temperatura	SM 2550 B (2017)	Digitalni termometar	°C	25
Kloridi	HRN ISO 9297:1998	Titrimetrija	mg/l	250,0
Nitrati	DOC312.53.94017	Spektrofotometrija	mg/l	50
Nitriti	DOC312.53.94012	Spektrofotometrija	mg/l	0.50
Amonijak	DOC312.53.94009	Spektrofotometrija	mg/l	0,50
Ukupna tvrdoća	HRN ISO 6059:1998	Titrimetrija	CaCO ₃ mg/l	/
Željezo	FerroVer metoda	Spektrofotometrija	µg/l	200,0
Mangan	PAN metoda	Spektrofotometrija	µg/l	50,0
Aluminij	Alunionion metoda	Spektrofotometrija	µg/l	200

Postupak uzorkovanja vode

Prije same analize, za uzorkovanje je potrebno pripremiti dvije boce od 500 ml koje se razlikuju prema boji čepa. Naime boce s plavim čepom upotrebljavaju se za fizikalno-kemijske analize te njih nije potrebno prethodno sterilizirati dok se boce s crvenim čepom upotrebljavaju za mikrobiološke analize i njih je potrebno prethodno sterilizirati. Načini uzorkovanja se razlikuju. Dva uzorka su se uzorkovala na način da se u zdenac uronila kanta pričvršćena užetom dok su dva uzorka imala pumpu koja je ispumavala vodu. Vrlo je bitno boce otvarati tek u trenutku uzorkovanja kako se ne bi kontaminirale. Uzorke je potrebno analizirati najkasnije 24 sata od uzorkovanja te ih do tada čuvati na temperature od 4 °C (HZJZ, url).

3.2.1. Metode za određivanje mikrobioloških pokazatelja u bunarskoj vodi:

Metoda membranske filtracije

Prije početka filtracije vakuumsku pumpu je potrebno dezinficirati. Dezinfekcija se vrši pomoću vaticice natopljene u 70 %-tni alkohol etanol te plamenika kojim se zatim unište eventualno zaostale bakterije. Nakon toga se uklanjaju graduirani lijevci te se i njih dodatno sterilizira kao i postolje za filter papir. Sterilni ispitni filter papiri se prenose prethodno steriliziranom pincetom u plamenu. Mrežasti dio filter papira okrene se prema gore te se na njih postave i pričvrste sterilizirani lijevci. Zatim se u pričvršćene lijevke ulije 100 ml uzorka vode te se uključi vakuum pumpa i pričekava da se cijeli sadržaj profiltrira. Odmah nakon toga vakuum pumpa se isključi. Ukloni se lijevak te se filter papir sterilnom pincetom prenese na hranjivu podlogu u Petrijevoj zdjelici pazeći da ne zaostaju mjehurići zraka. Ukoliko dođe do stvaranja mjehurića potrebno je podići filter papir i ponovno ga prisloniti uz hranjivu podlogu. Nakon toga se Petrijeve zdjelice stavljaju na inkubaciju. Ovisno o vrsti bakterija razlikuje se vrijeme i temperatura inkubacije (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).



Slika 1. Aparatura za membransku filtraciju (Izvor: autor)

Određivanje ukupnog broja koliformnih bakterija i *Escherichia coli*

Određuju se metodom membranske filtracije. Uvjeti inkubacije su 24 sata na temperaturi od 36 °C. Za određivanje ukupnog broja koliformnih bakterija koristi se ENDO agar. Maksimalna dozvoljena količina kolonija prema Pravilniku mora biti manja od 100. Nakon 24 sata slijedi prebrojavanje kolonija koje daju pozitivnu P-D galaktozidaza i 3-D glukuronidaza reakciju (tamno-plava do ljubičasta boja).

E. Coli kolonije daju pozitivnu P-D galaktozidaza reakciju (ružičasta do crvena boja) kao moguće koliformne bakterije.

Pomoću oksidaza testa utvrđuju se jesu li nastale bakterije E. Coli ili koliformne bakterije. Za utvrđivanje je potrebno ispitati 10 ružičasto do crvenih kolonija na način da se sterilnom ezom prenesu kolonije na papirnati dio oksidaza testa. Pozitivna reakcija očituje se pojavom plavo ljubičaste boje nakon 30 sekundi. Koliformne bakterije su oksidaza negativne (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).



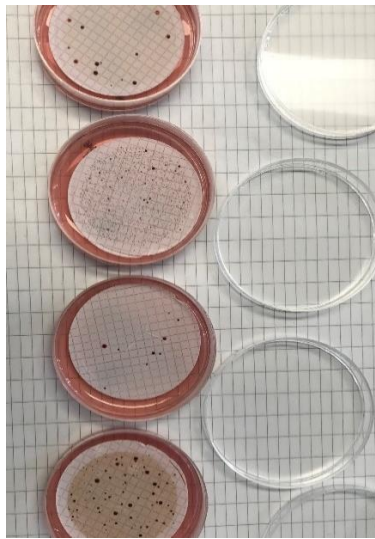
Slika 2. *Escherichia coli* (Izvor: autor)



Slika 3. Ukupne koliformne bakterije (Izvor: autor)

Određivanje enterokoka

Određuju se metodom membranske filtracije. Za određivanje enterokoka upotrebljava se hranjiva podloga Slanetz Bartley Agar. Uvjeti inkubacije su 48 sati na temperaturi od 36 °C. Nakon 48 sati slijedi prebrojavanje kolonija. Prema Pravilniku maksimalno dozvoljena količina ukupnih kolonija mora biti manja od 200, a očekivani broj tipičnih kolonija manji od 100. Prisutnost enterokoka u vodi nije dozvoljena (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).



Slika 2. Enterokoki (Izvor: autor)

Određivanje ukupnog broja kolonija na 22 °C/72 h i 36 °C/48 h

Iz boce s uzorkom u prethodno označene Petrijeve zdjelice sterilnom pipetom dodati 1 ml uzorka. Zatim u Petrijeve zdjelice dodati kvasac za vodu (Tryptone Glucose Yeast Extract Agar) i laganim kružnim pokretima rasporediti po cijeloj površini zdjelice. Kratko pričekati kako bi se podloga učvrstila. Nakon toga Petrijeve zdjelice s uzorkom staviti u inkubator na inkubaciju. Uzorci za određivanje broja kolonija na 22 °C očitavaju se nakon 72 sata, a oni za određivanje broja kolonija na 36 °C nakon 48 sati. Nakon inkubacije slijedi prebrojavanje kolonija. U oba slučaja broj kolonija mora biti manji od 100 (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).



Slika 3. Aerobne mezofilne bakterije (Izvor: autor)

3.2.2. Metode za određivanje fizikalno-kemijskih pokazatelja u bunarskoj vodi

Određivanje boje, okusa i mirisa

Boja se određuje spektrofotometrijskom tehnikom na način da se u četvrtastu kivetu ulije destilirana voda. Nakon toga se kiveta stavi u spektrofotometar te se očita rezultat slijepe probe. Zatim se isti postupak provodi s uzorcima. U kivetu se ulije uzorak do oznake i stavi u

spektrofotometar te očita rezultat. Rezultat se izražava u mg/PtCo skale (miligrama kobaltove skale)

Okus i miris određuju se senzorski, međutim okus se određuje samo kod mikrobiološki ispravne vode. Zdravstveno ispravna voda mora biti bez boje, mirisa i okusa (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

Određivanje mutnoće

Mutnoća se mjeri metodom turbidimetrije pomoću uređaja turbidimetra. U čašicu uliti uzorak vode te staviti u uređaj. Rezultat se izražava u NTU jedinicama (engl. *Nephelometric Turbidity Unit*) (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).



Slika 4. Turbidimetar (Izvor: autor)

Mjerenje električne vodljivosti

Pomoću konduktometra tehnikom konduktometrije mjeri se električna vodljivost. Potrebno je u čašicu uliti uzorak vode te uroniti sondu. Pričekati nekoliko trenutaka kako bi se na uređaju prikazao rezultat u $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mikrosimensima po centimetru) (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

Određivanje koncentracije vodikovih iona

Uređaj za mjerenje koncentracije vodikovih iona naziva se pH-metar. Tehnikom potenciometrije mjeri se koncentracija vodikovih iona uzorka vode i to na način da se u čašicu s uzorkom uroni sonda prethodno isprana destiliranom vodom te posušena staničevinom ili mekom tkaninom. Uz rezultat je bitno zapisati temperaturu pri kojoj je izmjerena koncentracije

vodikovih iona. pH pitke vode kreće se u rasponu od 6,5 - 9,5 (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

Temperatura

Temperatura se mjeri digitalnim termometrom, a rezultat se izražava u °C (stupnjevima Celzijusa) ili u K (Kelvinima). Temperatura je usko povezana s temperaturom okoliša. Najpoželjnija temperatura vode za piće je 15 °C, a najveća dopuštena je 25 °C (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

Kloridi

Kloridi se određuju tehnikom titrimetrije. Za početak je potrebno označiti Erlenmayerove tikvice zatim menzutom odmjeriti 50 ml uzorka. Nakon toga dodati par kapi indikatora K_2CrO_4 (kalijev kromat) i titrirati $AgNO_3$ (srebrov nitrat). Titracija se vrši do promjene boje iz žute u narančastu. Rezultati se izražavaju u mg/l. Većinom voda za piće sadrži 10 do 30 mg/l klorida (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).



Slika 5. Određivanje klorida u vodi (Izvor: autor)

Utrošak kalijeva permanganata

U prethodno označene Erlenmayerove tikvice uliti 100 ml uzorka i dodati 5 ml H_2SO_4 (sulfatna kiselina). Zatim tikvice postaviti na grijaču ploču. Nakon ključanja dodati 15 ml $KMnO_4$. Ponovno vratiti na zagrijavanje te štopericom mjeriti 10 minuta. Nakon isteka vremena od 10 minuta dodati 15 ml $C_2H_2O_4$ (oksalna kiselina). Dodavanjem oksalne kiseline doći će do obezbojenja. Zatim titrirati s $KMnO_4$ do promjene boje u ružičastu (boja se mora zadržati).

Potrebno je napraviti i slijepu probu. U Erlenmayerove tikvice uliti: 5 ml H_2SO_4 (sumporna kiselina), 15 ml $C_2H_2O_4$ (oksalna kiselina) i zagrijavati do ključanja. Nakon ključanja titrirati s $KMnO_4$ do promjene boje u ružičastu (raspon 14 – 16 ml) (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

Nitriti

Nitriti se određuju pomoću kivetnih testova (LCK 314). Za početak je potrebno skinuti foliju i otvoriti čep. U kivetu pipetom dodati 2 ml uzorka te zatvoriti kivetu s čepom okrenutim na suprotnu stranu. U čepu se nalazi reagens. Promućkati te pričekati 10 minuta (vrijeme reakcije). Nakon 10 minuta kivetu obrisati te postaviti u spektrofotometar na očitavanje crtičnog koda. Blago ružičasta boja pozitivan je pokazatelj je prisutnosti nitrita u uzorku vode (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

Nitrati

Određivanje nitrata pomoću kivetnih testova (LCK 340). Pipetom dodati 0,2 ml uzorka nakon toga dodati 1 ml otopine A. Zatvoriti čep i promućkati nekoliko puta. Odbrojavanje postaviti na 15 minuta. Nakon 15 minuta kivetu postaviti u spektrofotometar i očitati rezultat (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

Amonijak

Amonijak u vodi određuje se kivetnim testovima (LCK 304). Nakon skidanja folije s čepa kivete pipetom dodati 5 ml uzorka. Čepom u kojem se nalazi reagens zatvoriti kivetu i promućkati. Štopericom mjeriti 15 minuta (vrijeme reakcije). Rezultat očitati crtičnim kodom u spektrofotometru. Zeleno obojenje pokazatelj je prisutnosti amonijaka u vodi (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).



Slika 6. Kivetni testovi za određivanje nitrita, nitrata i amonijaka u vodi (Izvor: autor)

Ukupna tvrdoća vode

U prethodno označene Erlenmayerove tikvice dodati 100 ml uzorka, dodati pola žličice indikatora Eriokrom crno i 1 ml Amonijeva pufera pomoću automatske birete. Zatim titrirati Kompleksal otopinom za određivanje ukupne tvrdoće vode. Titracija završava promjenom boje iz ružičaste u plavu. Dobiveni rezultat je u njemačkim stupnjevima. Potrebno ga je preračunati u CaCO_3 mg/l na način da se dobiveni rezultat podijeli s 0,056 (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).



Slika 7. Određivanje ukupne tvrdoće vode (Izvor: autor)

Ukupno željezo

Ukupno željezo određuje se pomoću uređaja kolorimetra. Na kolorimetru odabrati program 33. Kivetu napuniti s 10 ml uzorka (slijepa proba) zatim kivetu postaviti u uređaj, poklopiti poklopcem te pritisnuti tipku zero. Drugu kivetu također napuniti s 10 ml uzorka i dodati 1 sadržaj vrećice Ferro Ver Iron reagensa, zatvoriti s čepom i promućkati. Postaviti odbrojavanje (timer → enter) na 3 minute (vrijeme reakcije). Nakon 3 minute u držač za kivete postaviti kivetu poklopiti s poklopcem te pomoću tipke read očitati rezultat. Dobiveni rezultat potrebno je pomnožiti s 1000 kako bi se dobio rezultat u $\mu\text{g/l}$ (mikrogramima po litri) (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

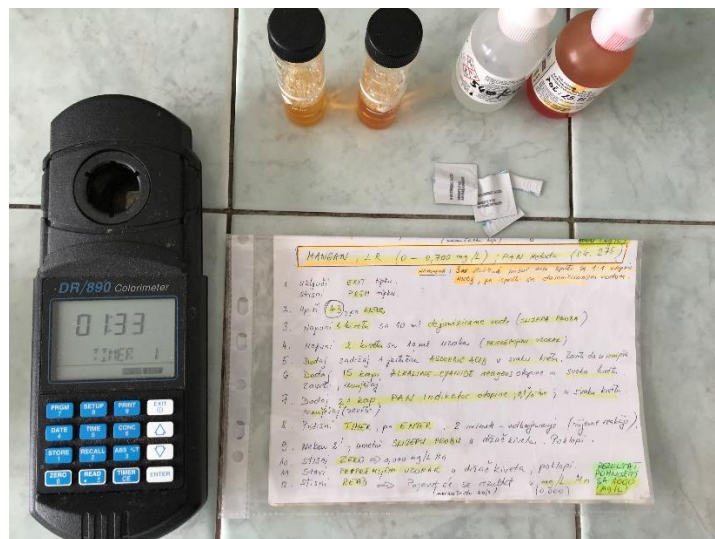
Mangan

Mangan se određuje PAN metodom tehnikom spektrofotometrije. Za početak je potrebno na kolorimetru odabrati program 43. Zatim jednu kivetu napuniti s 10 ml deionizirane vode (slijepa proba), a drugu s 10 ml uzorka. U obje kivete dodati 1 sadržaj vrećice Asorbic acid i promućkati. Nakon toga dodati 15 kapi Alkaline-cyanide reagensa i 21 kap PAN indikator otopine (0,1 %-tne) u obje kivete, zatvoriti s čepom i promućkati. Postaviti odbrojavanje na 2 minute (vrijeme reakcije). Nakon isteka vremena kivetu sa slijepom probom postaviti u držač

za kivete, poklopiti poklopcem i pritisnuti tipku zero, a nakon toga pripremljeni uzorka postaviti u držač također poklopiti poklopcem i pritisnuti tipku read. Za kraj očitati rezultat s uređaja te ga pomnožiti s 1000 (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

Aluminij

Za određivanje aluminija na kolorimetru odabrati program 1. Graduirani cilindar napuniti s uzorkom do oznake 50 ml. U cilindar dodati 1 sadržaj vrećice Alu Ver3 Aluminium Reagent (prisutnost aluminija = crveno-narančasto obojenje). Postaviti odbrojavanje na 3 minute uz neprestano okretanje cilindra. 25 ml mješavine prelići u kivetu (uzorak). Zatim 1 sadržaj vrećice Bleaching 3 Reagent dodati u preostalih 25 ml u graduiranom cilindru. 30 sekundi snažno mućkati (odbrojavanje). Nakon zvučnog signala sadržaj prelići u kivetu (slijepa proba). Odbrojavanje postaviti na 15 minuta. Po isteku odbrojavanja u držač za kivete prvo postaviti slijepu probu, poklopiti poklopcem te pritisnuti tipku zero, a zatim postaviti kivetu s uzorkom, također poklopiti i pritisnuti tipku read. Dobiveni rezultat pomnožiti s 1000 (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).



Slika 8. Određivanje mangana u vodi (Izvor: autor)

4. REZULTATI

Tablica 2. Rezultati fizikalno-kemijskih pokazatelja analize vode

PARAMETAR	UZORAK				MDK (maksimalno dozvoljena koncentracija)
	1	2	3	4	
FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI					
Mutnoća (NTU)	1,07	14,0	2,16	1,69	4
Električna vodljivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	468	422	391	410	2500
pH	6,8	7,0	7,2	7,0	6,5-9,5
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	13,6	12,9	12,7	13,1	25
Kloridi (mg/L)	27,6	24,8	21,8	29,2	250
Utrošak KMnO_4 (mg O_2/L)	0,95	2,63	0,85	0,43	5,0
Boja (mg/PtCo skale)	<5	<5	<5	<5	20
Nitriti (mg/L)	0	0	0	0	0,5
Nitrati (mg/L)	12,8	43,3	34,2	26,9	50
Amonijak (mg/L)	0,00	0,01	0,02	0,02	0,5
Ukupna tvrdoća vode (CaCO_3 mg/L)	145	162	130	128	>60
Ukupno željezo ($\mu\text{g}/\text{L}$)	40	920*	40	70	200
Ukupni mangan($\mu\text{g}/\text{L}$)	68,0*	34,0	6,0	7,0	50,0
Ukupni aluminij ($\mu\text{g}/\text{L}$)	0	2	10	9	200
Okus	bez	bez	Bez	bez	/
Miris	bez	bez	Bez	bez	/

Tablica 3. Rezultati mikrobioloških pokazatelja analize vode

UZORAK						
PARAMETAR	1	2	3	4	Mjerna jedinica	MDK (maksimalna dozvoljena koncentracija)
MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI						
Ukupni koliformi	1400*	2800*	860*	1100*	broj/100 ml	0
<i>Escherichia coli</i>	100*	800*	0	400*	broj/100 ml	0
Enterokoki	37*	200*	9*	500*	broj/100 ml	0
Broj kolonija na 22 °C	560*	800*	1200*	1280*	broj/1 ml	100
Broj kolonija na 36 °C	370*	400*	720*	160*	broj/1 ml	100

5. RASPRAVA

U ovom radu provedena je fizikalno-kemijska i mikrobiološka analiza vode privatnih zdenaca grada Lipika.

Korisnici prva dva zdenca vodu ne koriste uopće dok korisnici 3. zdenca vodu upotrebljavaju u poljoprivredne svrhe, a voda iz 4. zdenca koristi se za ljudsku konzumaciju.

U tablici 4. prikazani su rezultati fizikalno-kemijskih pokazatelja. Mutnoća jednog uzorka ne zadovoljava MDK vrijednosti. Ukupno željezo i mangan u dva uzorka ne zadovoljavaju MDK vrijednosti dok svi ostali parametri fizikalno-kemijske analize zadovoljavaju.

U tablici 5. prikazani su rezultati mikrobioloških pokazatelja. Rezultati ukupnih koliformnih bakterija u sva četiri uzorka ne zadovoljavaju 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). Maksimalno dozvoljena koncentracija je 0 cfu/100 ml. Uzorak 2 sadrži 2800 cfu/100 ml, a uzorak 3 sadrži 860 cfu/100 ml. Prema rezultatima niti jedan uzorak vode nije za piće.

Prisutnost bakterije *Escherichia coli* nije dozvoljena u vodi te MDK vrijednost iznosi 0 cfu/100 ml. Uzorak 3 jedini zadovoljava taj kriterij, dok ostali ne.

Enterokoki ili fekalni enterokoki pronađeni su u svim uzorcima. Uzorak 3 sadrži 9 cfu/100 ml, dok uzorak 4 sadrži 500 cfu/100 ml najviše od svih uzetih uzoraka, a MDK vrijednost za enterokoke iznosi 0 cfu/100 ml.

Ukupan broj kolonija na 22 °C u sva četiri uzorka ne zadovoljava MDK vrijednosti od 100 cfu/1 ml. Najveća koncentracija pronađena je u uzorku 4 te ona iznosi 1280 cfu/1 ml, dok kod uzorka 1 iznosi 560 cfu/1 ml. Niti jedan uzorak nije za konzumaciju.

Ukupan broj kolonija na 36 °C u sva četiri uzorka ne zadovoljava MDK vrijednosti od 100 cfu/1 ml. Najveća koncentracija pronađena je u uzorku 3 te ona iznosi 720 cfu/1 ml, a najmanja koncentracija pronađena je u uzorku 4 i iznosi 160 cfu/1 ml.

6. ZAKLJUČAK

- Na temelju izvedenih rezultata analize gledano s mikrobiološkog stajališta voda uzetih uzoraka privatnih zdenaca definitivno ne odgovara MDK vrijednostima 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) te se ne bi trebala koristiti kao voda za piće
- Svi rezultati mikrobiološke analize prekoračuju MDK vrijednosti te samo jedan uzorak zadovoljava kriterij jednog parametra (*Escherichia coli* uzorak 3)
- Analizirajući rezultate fizikalno-kemijskih pokazatelja utvrđeno je da dva uzorka prekoračuju MDK vrijednosti željeza i mangana te se preporučuje uklanjanje prisutnih metala postupcima deferizacije i demanganizacije
- Mikroorganizmi bi se uklonili iz vode postupkom dezinfekcije međutim zbog fizikalno-kemijskih neispravnosti voda je zdravstveno neispravna i ne može se konzumirati
- Jedan uzorak vode imao je izuzetno veliku mutnoću što upućuje na povećanu koncentraciju suspendiranih tvari.

7. LITERATURA

1. Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije
2. Bejuk, B. (2017) *Kvaliteta pitke vode*. Završni rad. Čakovec: Međimursko veleučilište u Čakovcu
3. Bermanec, M. (2015) *Mikrobiološko onečišćenje pitke vode Bjelovarsko-bilogorske županije u razdoblju od 2011. do 2013. godine*. Završni specijalistički diplomski stručni rad. Križevci: Visoko gospodarsko učilište u Križevcima
4. Dadić, Ž. (2001) *Priručnik o temeljnoj kakvoći vode u Hrvatskoj*. Zagreb: Hrvatski zavod za javno zdravstvo.
5. Dekić, S. i Hrenović, J. (2017) *Bakteriološka analiza izvorske vode uz najpoznatija izletišta parka prirode Medvednica*. Zagreb: Hrvatske vode
6. Filipović, et al. (2013) Prisutnost nitrata u podzemnim vodama; izvori i procesi. *Hrvatske vode*, 21(84), str. 119-128.
7. Gjirlić, T. (2016) *Antropogena onečišćenja u vodi za piće i njihov utjecaj na zdravlje*. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet.
8. Jambrošić, S. (2016) *Određivanje dušikovih spojeva u otpadnim vodama s pročistača otpadnih voda*. Završni rad. Čakovec: Međimursko veleučilište u Čakovcu.
9. Kuleš M. i Habuda-Stanić, M. (2000) *Analiza vode*. Osijek: Prehrambeno-tehnološki fakultet
10. Mijatović, I. i Matošić, M. (2020) *Tehnologija vode (interna skripta)*. Zagreb: Prehrambeno biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
11. Moskaljov, B. i Benić, N. (2003) *Priručnik prema proširenom programu za osobe koje rade na preradi i distribuciji vode za piće*. Zagreb: Zavod za javno zdravstvo grada Zagreba
12. Nujić, M. (2017) *Nitrati i nitriti, metabolizam i toksičnost*. Magistarski rad. Osijek: Sveučilište J. J. Strossmayera.

Mrežni izvori:

1. Enciklopedija URL <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=67007> [Pristup: 13.05.2021. godine]
2. Enciklopedija, URL: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=65109> [Pristup: 13.05.2021. godine]

3. E-škola, URL: <https://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor258.htm> [pristup: 24.05.2021. godine]
4. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, URL: <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/upute-za-uzimanje-uzorka-vode/> [Pristup: 24.05.2021. godine]
5. Hydrolux, URL: <https://www.hydrolux.info/english/06%20problemi/bakterije-u-vodi.html> [pristup: 19.05.2021. godine]
6. Institut za primijenjenu geologiju i vodoinženjering, URL: [IPIN Institut - Bunari](#) [Pristup: 13.05.2021. godine]
7. IZZI, URL: <https://hr.izzi.digital/DOS/580/1953.html> [Pristup: 13.05.2021. godine]
8. Javno zdravlje, URL: <https://javno-zdravlje.hr/e-coli-infekcije/> [Pristup: 19.05.2021. godine]
9. Javno zdravlje, URL: <https://javno-zdravlje.hr/voda-kljuc-zivota-i-zdravlja/> [Pristup: 13.05.2021. godine]
10. Wikipedia, URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Kakvo%C4%87a_vode [Pristup: 13.05.2021. godine]

Pravilnici i zakoni:

1. 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 125/2017)
2. Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/2013)

POPIS SLIKA, TABLICA I KRATICA

Popis slika:

Slika 1. Aparatura za membransku filtraciju

Slika 2. *Escherichia coli*

Slika 3. Ukupne koliformne bakterije

Slika 4. Enterokoki

Slika 5. Aerobne mezofilne bakterije

Slika 6. Turbidimetar

Slika 7. Određivanje klorida u vodi

Slika 8. Kivetni testovi za određivanje nitrita, nitrata i amonijaka u vodi

Slika 9. Određivanje ukupne tvrdoće vode

Slika 10. Određivanje mangana u vodi

Popis tablica:

Tablica 1. Tablica za određivanje ukupne tvrdoće vode

Tablica 2. Fizikalno-kemijski pokazatelji zdravstvene ispravnosti vode

Tablica 3. Mikrobiološki pokazatelji zdravstvene ispravnosti vode

Tablica 4. Rezultati fizikalno-kemijskih pokazatelja analize vode

Tablica 5. Rezultati mikrobioloških pokazatelja analize vode

Popis kratica:

MDK- maksimalna dozvoljena koncentracija

URL- Uniform Resource Locator, adresa web stranice u online svijetu

E. Coli- *Escherichia coli*

RH- Republika Hrvatska

NTU- *Nephelometric Turbidity Unit*

IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, **Dorotea Mamić**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom **Kvaliteta vode za piće privatnih zdenaca grada Lipika**, te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi,

01.07.2021.

Dorotea Mamić