

# Određivanje kvalitete bunarske vode na području sela Tekić kod Požege

---

**Banušić, Leona**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Tourism and Rural Development in Požega / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet turizma i ruralnog razvoja u Požegi**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:277:416130>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

[FTRR Repository - Repository of Faculty Tourism and Rural Development Pozega](#)



**FAKULTET TURIZMA I RURALNOG RAZVOJA U  
POŽEGI**



**LEONA BANUŠIĆ, 0253053139**

**ODREĐIVANJE KVALITETE BUNARSKE VODE  
NA PODRUČJU SELA TEKIĆ KOD POŽEGE**

***ZAVRŠNI RAD***

Požega, 2023. godine.

FAKULTET TURIZMA I RURALNOG  
RAZVOJA U POŽEGI

PRIJEDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

**ODREĐIVANJE KVALITETE BUNARSKE VODE  
NA PODRUČJU SELA TEKIĆ KOD POŽEGE**

***ZAVRŠNI RAD***

IZ KOLEGIJA HIGIJENA I SANITACIJA

MENTOR: Helena Marčetić, dipl. ing.

STUDENT: Leona Banušić

JMBAG studenta: 0253053139

Požega, 2023. godine

## SAŽETAK

Cilj ovog završnog rada je bio odrediti kvalitetu bunarske vode na području sela Tekić kod Požege. Voda igra jako bitnu ulogu kod svih živih bića, a u prirodi se nalazi u tri agregatna stanja, a to su: kruto, tekuće i plinovito. Međutim, u današnje vrijeme zdravstveno ispravne vode za piće sve je manje, a sve više je prisutan problem zagađenja voda. Neki od izvora zagađenja vode su: ispuštanje industrijskih otpada te gradska kanalizacija. Taj problem se može riješiti uz pomoć dezinfekcije i pročišćavanja vode. Najčešće korištena metoda dezinfekcije vode je kloriranje.

Zadatak rada je bio napraviti mikrobiološku i kemijsku analizu vode iz bunara. Svrha toga je održati zdravstveno ispravnu vodu, očuvati vodu čistom te nezagađenom. U ovom radu je analizirano 5 uzoraka bunarske vode na području sela Tekić. Analize su provedene u Zavodu javnog zdravstva u Požegi. Dobiveni rezultati ispitane bunarske vode zadovoljili su kemijsku analizu dok mikrobiološku analizu nisu te je zbog toga potrebno provesti određene mjere odnosno dezinfekciju i pročišćavanje vode kako bi se njezina kvaliteta poboljšala.

**Ključne riječi:** voda, mikroorganizmi, dezinfekcija, analiza

## SUMMARY

The goal of this final work was to determine the quality of well water in the area of the village of Tekić near Požega. Water plays a very important role in all living things, and in nature it is found in three aggregate states: solid, liquid and gaseous. However, nowadays there is less healthy drinking water, and problem of water pollution is becoming more and more present. Some of the sources of water pollution are: discharge of industrial waste and city sewage. This problem can be solved with the help of water disinfection and purification. The most commonly used method of water disinfection is chlorination.

The task of the work was to make a microbiological and chemical analysis of the water from the well. The purpose of this is to maintain healthy water, to keep the water clean and unpolluted. In this paper, 5 samples of well water in the area of the village of Tekić were analyzed. The analyzes were carried out at the Institute of Public Health in Požega. The obtained results of the tested well water satisfied the chemical analysis, while the microbiological analysis did not, and therefore it is necessary to carry out certain measures i.e. (that is) disinfection and purification of the water in order to improve its quality.

**Keywords:** water, microorganisms, disinfection, anal

# SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| <b>1. UVOD</b> .....                                   | 1  |
| <b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....                     | 2  |
| 2.1. Voda.....   | 2  |
| 2.1.1. Podjela voda.....                               | 3  |
| 2.1.2. Izvori onečišćenja voda.....                    | 4  |
| 2.2. SVOJSTVA VODE .....                               | 6  |
| 2.2.1. Struktura vode .....                            | 6  |
| 2.2.2. Fizikalna svojstva vode.....                    | 7  |
| 2.2.3. Kemijska svojstva vode .....                    | 8  |
| 2.3. KAKVOĆA VODE .....                                | 9  |
| 2.3.1. Fizikalni pokazatelji.....                      | 9  |
| 2.3.2. Kemijski pokazatelji .....                      | 10 |
| 2.3.3. Biološki pokazatelji .....                      | 11 |
| 2.4. BUNARSKA VODA .....                               | 12 |
| 2.4.1. Glavni uzroci zagađenja bunarske vode .....     | 13 |
| 2.4.2. Glavni znakovi zagađenja vode.....              | 13 |
| 2.4.3. Dezinfekcija i pročišćavanje bunarske vode..... | 14 |
| <b>3. MATERIJALI I METODE</b> .....                    | 15 |
| 3.1. Zadatak .....                                     | 15 |
| 3.2. Mikrobiološka analiza vode.....                   | 15 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.1. Membranska filtracija .....  | 16        |
| 3.2.2. Određivanje <i>Escherichie Coli</i> i ukupnih koliformnih bakterija..... | 16        |
| 3.2.3. Određivanje ukupnog broja kolonija na 36 °C/48h i na 22 °C/72h.....      | 17        |
| 3.2.4. Određivanje Enterokoka .....   | 17        |
| 3.3. Fizikalno – kemijske analize .....   | 17        |
| 3.3.1. Određivanje mutnoće .....  | 18        |
| 3.3.2. Određivanje klorida.....   | 19        |
| 3.3.3. Određivanje električne vodljivosti.....                                  | 20        |
| 3.3.4. Određivanje nitrata.....   | 20        |
| 3.3.5. Određivanje kalijevog permanganata (KMnO <sub>4</sub> ) .....            | 21        |
| 3.3.6. Određivanje pH vrijednosti.....  | 21        |
| 3.3.7. Određivanje amonijaka .....  | 22        |
| 3.3.8. Određivanje željeza.....   | 22        |
| <b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>  | <b>23</b> |
| <b>6. ZAKLJUČAK .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>7. LITERATURA .....</b>  | <b>27</b> |

## 1. UVOD

Voda je tekućina, bez boje, okusa i mirisa. Voda prekriva 75 % površine Zemlje. Također, ima jako važnu ulogu kod svih živih bića. Ljudi je koriste u svakodnevnom životu. U domaćinstvu, za čišćenje, pranje, kupanje, u industriji. Ona se koristi i za kuhanje što opravdava izreku da bez vode nema života. Čovjek bez hrane može živjeti tjednima pa čak i mjesecima dok bez vode ne može izdržati niti jedan dan. U nastavku ovog rada ukratko su opisani problemi današnjice sa zagađenjem i iskorištavanjem vode. Nažalost, sve češće dolazi do zagađenja voda što ima negativan utjecaj na ljudsko zdravlje i na sav život koji ovisi o vodi. Prekomjerno iskorištavanje vode, onečišćenje, klimatske promjene, fizičke promjene vodnih staništa sve više umanjuju dostupnost vode te njezinu kvalitetu.

U Hrvatskoj se pije voda koja dolazi iz prirodnih izvora, dubine zemlje, crpi se iz dubokih bušotina, dolazi kroz podzemne tokove ili pukotine. Pitka voda je pogodna za piće te korištenje i za ostale ljudske potrebe. Količine pitke vode vrlo su male. Voda iz rijeka i jezera nije pogodna za ljudsku upotrebu zbog toga što su te vode onečišćene velikim količinama otpadnih voda koje ljudi ispuštaju iz gradova, industrija i drugih neželjenih područja koje štetno utječu na kvalitetu vode.

Cilj ovog rada je odrediti kvalitetu bunarske vode u selu Tekić kod Požege. Upravo ova tema je izabrana kao tema završnog rada zbog toga jer ljudi dosta koriste vodu iz bunara u selu, a nitko ne provjerava kvalitetu i zdravstvenu ispravnost vode.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Voda

Tvar u kojoj postoje svi živi organizmi općenito je poznata kao voda. Voda igra važnu ulogu u održavanju zdrave kože, pomaže u probavi, regulira tjelesnu temperaturu, eliminira toksine, a nema nikakvu kalorijsku vrijednost. Osim toga, služi kao vrijedan izvor esencijalnih minerala i elektrolita. Kako bi se podigla svijest o važnosti očuvanja pitke vode, svjetska zajednica svake godine 22. ožujka obilježava Svjetski dan voda (Hrvatski zavod za javno zdravstvo, url).

Vodeni resursi na Zemlji obnavljaju se kontinuiranim kruženjem vode. Kako voda cirkulira u prirodi, njezin se sastav mijenja. Prolazi površinskim i podzemnim tokovima, a teče preko raznih industrijskih, urbanih, prometnih i poljoprivrednih površina te čisti atmosferu. Kroz ovaj proces voda prolazi kroz transformacije, mijenjajući svoja svojstva unutar cijelog hidrološkog sustava (Tušar, 2009).



Slika 1. Kruženje vode u prirodi (Voda izvor života, url)



### 2.1.1. Podjela voda

Voda se prema izvoru dijeli na tri kategorije: oborinska, površinska i podzemna.

Padalina ili atmosferska voda ima bitnu ulogu u hidrološkom ciklusu. Međutim, važno je napomenuti da kišnica nije čista. Kada uđe u atmosferu, postaje kontaminirana raznolikim nizom čestica, plinova, mikroorganizama te aerosola. U područjima u kojima prevladaju transport i industrijske aktivnosti, kišnica postaje dodatno zagađena nečistoćama iz ispušnih plinova vozila, dimnjaka i industrijskih objekata.

Postoje dvije različite kategorije u koje se površinske vode mogu klasificirati. Prva kategorija je kontinentalna voda, koja se može podijeliti na potoke i rijeke. Druga kategorija je stajaća voda, koja uključuje ribnjake, jezera i akumulacije. Druga kategorija površinskih voda je morska voda, koja je u biti slana voda. Primarni uzročnici onečišćenja površinskih voda su različite skupine otpadnih voda, uključujući industrijske, komunalne, odlagališne i otjecanje s poljoprivrednih i asfaltnih površina. Površinska voda dolazi iz podzemnih izvora i oborina unutar okolnog slivnog područja. Razumijevanje sposobnosti samopročišćavanja površinskih voda ključno je jer omogućuje razgradnju organske tvari kroz prirodne procese, čime se voda u konačnici vraća u njezinu izvornu kvalitetu.

Podzemna voda nastaje kretanjem vode kroz površinu tla. Sastoji se od raznih vrsta vode, uključujući kondenzat unutar stijena, koji je poznat kao juvenilna voda i vodenu paru koja se kondenzira unutar pora tla, koja se naziva vadozna voda. Ove pore ili šupljine mogu se kategorizirati u primarne i sekundarne na temelju njihovog podrijetla. Primarne pore nastaju u isto vrijeme kada i sekundarne ali su sekundarne pore rezultat pucanja stijene. Kakvoća podzemne vode ovisi o topljivosti stijena kroz koje voda teče i geološkom sastavu kemikalija. Tvrda voda uključuje vodu iz krških područja, tvari vapnenca i dolomita, koje su relativno bogate mineralizacijom. Za razliku od tvrde vode, meka voda je voda koja dolazi od bazalta, granita te drugih magmatskih stijena. Vode temperature iznad 25 °C su mineralne i termalne izvorske vode, koje čine posebnu kategoriju jer su bogate plinovima magmatskog podrijetla. Podzemna voda je vodena pukotina u krškim područjima. Stoga ne postoji sloj tla koji ne može pročistiti podzemnu vodu prirodnim putem. Kao takva, kvaliteta vode je slična onoj površinske vode, što znači da je voda nakon oborina često zamućena i zagađena bakterijama. Kada se podzemna voda koristi za opskrbu vodom, mora

se pažljivo proučiti njezin kemijski sastav. Podzemna voda uglavnom sadrži više opće huminske kiseline i veći sadržaj ugljičnog dioksida, velike količine netopivih soli, ugljikovog dioksida, podzemne vode često sadrže i velike količine željeza i mangana te onečišćenje iz gradskih, poljoprivrednih i industrijskih otpadnih voda (Tušar 2009).

### 2.1.2. Izvori onečišćenja voda

U procesima čovjekove aktivnosti nastaju otpadna energija i otpadna tvar te one označavaju neželjen otpad za korisnika. Otpadne tvari dolaze u plinovitom, tekućem te krutom obliku. Otpadne tvari predstavljaju tvari koje dolaze u tekućem obliku. Obilježja otpadnih voda ubrajaju se u industrijske, kućanske te poljoprivredne otpadne vode zbog toga što se one razlikuju prema porijeklu. Točkasti (koncentrirani) ili raspršeni ispusti razlikuju se prema načinu unošenja otpadnih voda u vodne sustave. Otpadne vode koje se ispuštaju u vodne sustave kanalskim ispustima te koje se sakupljaju sustavom kanala zovu se kućanske i industrijske otpadne vode. Raspršeni ispusti predstavljaju oborinske vode koje nakon ispiranja livada, površine šuma te ostalih površina ulaze u prijamnike na jako dugačkim potezima ili izravno iz atmosfere dolaze u vodne sustave. Uz pomoć uređaja za čišćenje otpadnih voda u otpadnim vodama industrije i kućanstva te ostalih oborinskih voda koje se sakupljaju kanalskim sustavima moguće je nadzirati otpadnu tvar. Raspršeni izvori onečišćenja su neprovjereni izvori onečišćenja zbog toga što kod takvih izvora nemoguće je nadzirati otpadnu tvar.

U seoskim i gradskim naseljima nastaju kućanske otpadne vode. One se koriste u zdravstvu, školstvu, ugostiteljstvu, kućanstvu te ostalim drugim djelatnostima. Jednaka svojstva kao kućanske otpadne vode imaju i vode iz turističkih naselja te se one još zovu “komunalne“ ili “gradske ili “fekalne“ vode. Sastav otpadne vode zavisi o raspoloživim kvalitetama života, izgrađenosti vodoopskrbnog podsustava, o načinu življenja te klimatskim prilikama. Svježe kućanske otpadne vode su izuzetna mirisa te sivo – smeđe boje. U topivom obliku te raspršenom koloidnom obliku pronalazimo otpadne tvari u kućanskim vodama. Te tvari sadrže određene količine otpadne tvari, a mnoge od njih su ostatci voća i povrća, papir, krpe i plastične vrećice. Velik broj mikroorganizama, a naročito bakterija i virusa se pojavljuje u kućanskim otpadnim vodama. U otpadnoj vodi se također pojavljuju i patogeni mikroorganizmi zbog mikroorganizama fekalnog

porijekla. O zdravstvenim prilikama područja odakle dolaze otpadne vode ovisi broj i vrsta patogenih mikroorganizama (Tedeschi, 1997).

Tablica 1. Koncentracija tvari u kućanskim otpadnim vodama (Tedeschi, 1997)

| <b>Pokazatelj</b>             | <b>Koncentracija mg/l</b> |
|-------------------------------|---------------------------|
| <b>Ukupne krute tvari</b>     | 300 - 1200                |
| <b>Ukupne raspršene tvari</b> | 100 - 400                 |
| <b>Ukupne otopljene tvari</b> | 250 - 850                 |
| <b>BPK - 5</b>                | 100 - 400                 |
| <b>KPK</b>                    | 200 - 1000                |
| <b>Ukupan dušik (N)</b>       | 15 - 90                   |
| <b>Ukupan fosfor (P)</b>      | 5 - 20                    |
| <b>pH</b>                     | 7 – 7,5                   |
| <b>Klorida</b>                | 30 - 85                   |
| <b>Sulfata</b>                | 20 - 60                   |

Proizvodnjom energije i uporabom vode u tehnološkim postupcima nastaju vode koje se nazivaju industrijske otpadne vode. O tehnološkom postupku ovisi sastav te koncentracija industrijskih otpadnih voda te se one pomoću zajedničkih pokazatelja ne mogu uspoređivati. Dije se na dvije skupine, a to su: biološki nespojive ili nerazgradive koje se ne smiju miješati s kućanskim otpadnim vodama bez prethodne obrade, te biološki spojive ili razgradive koje se smiju miješati s kućanskim otpadnim vodama. Otpadne vode prehrambene industrije jedan su od primjera biološki razgradivih voda. Teški metali, kiseline, lužine, mineralna ulja, biocidi, mineralne soli jedni su od primjera koje industrijske otpadne vode mogu sadržavati, a koje ne sadrže prirodne vode (Tedeschi, 1997).

Poljoprivredne otpadne vode zbog onečišćenja zemljišta te atmosfere jedan su od razloga onečišćenja prirodnih voda. Voda otapa tvari sa tla pri otjecanju po površini što ovisi o agresivnosti vode te sastavu zemljišta. Površinskim tokom vode odvede se prašina, krupni otpaci te neotopive tvari. Kada su zatvorene površine ili su propusna tla manja kao što su to prometnice onda je

smanjena mogućnost procjeđivanja vode u podzemlje te se na taj način oblikuju tokovi vode koji uklanjaju neželjene čestice sa površine vode.

Tablica 2. Srednje koncentracije oborinskih voda s poljoprivrednih zemljišta (Tedeschi, 1997)

| <b>Pokazatelj mg/l</b>         | <b>Obradivo zemljište</b> | <b>Pašnjaci</b> | <b>Livade</b> |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------|---------------|
| <b>Ukupni isparni ostatak</b>  | 1241                      | 222             | 108           |
| <b>Raspršene tvari</b>         | 1021                      | 38              | 40            |
| <b>Ukupan fosfor</b>           | 1,05                      | 0,49            | 0,35          |
| <b>Nitrati kao (N)</b>         | 1,5                       | 0,4             | 0,3           |
| <b>Ukupan dušik (Kjeldahl)</b> | 2,6                       | 1,7             | 0,8           |
| <b>KPK</b>                     | 148                       | 49              | 22            |

Danas se sve više u poljoprivredi primjenjuju različite vrste pesticida te umjetna gnojiva. Nerazgrađeni pesticidi i hranjive tvari se mogu očekivati u vodama koje ispiru poljoprivredna tla. Također, u vodama s poljoprivrednih površina moguće su i određene količine raspršenih tvari. Opasnost u onečišćenju kod prometnih površina nastaje zbog prometnica kao i poradi slučajnog prosipanja dijela tereta koji se prevozi (Tedeschi, 1997).

## 2.2. SVOJSTVA VODE

### 2.2.1. Struktura vode

Raspored vode određen je različitim oblicima, a to su: kruti, tekući i plinoviti. Atom kisika je kovalentnom vezom povezan s atomima vodika. Zbog neravnomjerne raspodjele elektrona, molekula vode prikazuje dipolnu vezu. Ovaj raspored također dovodi do elektrostatskih interakcija u krutom i tekućem stanju, dok se u plinovitom stanju molekule vode mogu slobodno kretati (Tedeschi, 1997).

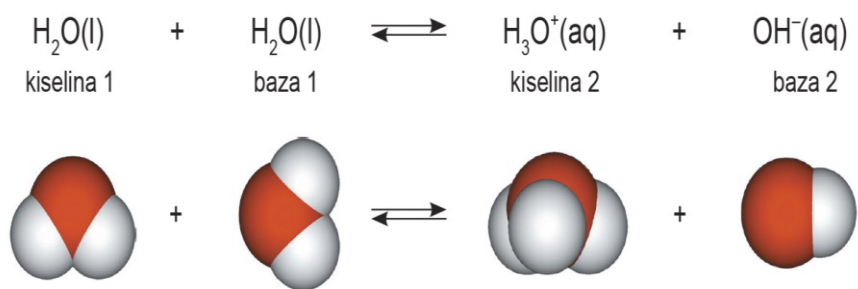
## 2.2.2. Fizikalna svojstva vode

Voda ima niz fizičkih svojstava. Kada se govori o karakteristikama tvari, postoji nekoliko ključnih svojstava koja se često razmatraju. Ta svojstva se odnose na gustoću, koja se odnosi na masu po jedinici volumena tvari, viskoznost, koja je mjera otpora tvari, površinsku napetost koja opisuje kohezijske sile između molekula na površini tekućine, specifičnu entalpiju, što je sadržaj topline po jedinici mase tvari te konačno električna i optička svojstva tvari. Gustoća vode ovisi o stanju tvari, a diktiraju je čimbenici kao što su temperatura, salinitet i tlak. Najveću gustoću voda ima kada je u tekućem stanju pod tlakom od 1 bara i temperaturom od 3,98 °C. Gustoća tvari je 1,0 kg/dm<sup>3</sup>. Temperatura i tlak također igraju bitnu ulogu u određivanju viskoznosti, baš kao što imaju za gustoću. Smanjenjem temperature dolazi i do smanjenja viskoznosti. Kada se broj molekula povećava, one počinju stvarati skupine koje karakteriziraju jače međusobne veze. Viskoznost vode podložna je promjenama na temelju varijacija tlaka, što rezultira povećanjem viskoznosti vode. Kohezivna priroda molekula dovodi do površinske napetosti. Kada se radi o vezivanju s molekulama slične prirode, postoji primjetan nedostatak interakcije s okolnim molekulama zraka. Na površini vode može se primijetiti elastična prevlaka. Na međumolekularnu silu poznatu kao površinska napetost utječu dva ključna čimbenika: temperatura i prisutnost otopljenih tvari u vodi. Entalpija je termodinamičko svojstvo koje karakterizira stanje ravnoteže na precizan način. Specifični toplinski kapacitet vode pri ledištu iznosi 331 KJ/kg, dok pri vrelištu iznosi 2225 KJ/kg. Struktura vode uzrokuje električna svojstva vode. Jedna od tih svojstava je dielektrična konstanta vode. Električna vodljivost odnosi se na sposobnost tvari da provodi elektricitet. Sposobnost tekućine da prenosi električnu struju ovisi o nekoliko čimbenika, uključujući i količinu prisutnih otopljenih tvari, temperaturu na kojoj se ispituje i specifični sastav tekućine. Vode koje sadrže obilje otopljenih minerala imaju visoku specifičnu električnu vodljivost što dovodi do štetnog utjecaja na površine s kojima dolaze u dodir. Željezo i obični čelik dva su najčešće korištena materijala u raznim industrijama i primjenama. Optička svojstva vode utvrđena su propuštanjem svjetlosti. Svojstvo fluida ovisi o duljini svjetlosti te koncentraciji čestica. Također, poznata svojstva fluida su prozirnost ili transparentnost te njihov zadatak je propuštati svjetlost uz najmanje raspršivanje (Vugrin, 2019).

### 2.2.3. Kemijska svojstva vode

Neki od poznatih kemijskih svojstava vode su: ionizacija, topljivost, polarnost, specifični toplinski kapacitet, toplinska isparavanja te redoks – reakcija. Polarnost označava svojstvo tvari koje čine molekule nepromjenjivog električnog dipolnog momenta te nejednaku podjelu električnog naboja u molekuli. Dipolni moment polarnih molekula prouzročen je snažnim među molekularnim silama te na koje utječu: talište, vrelište, topljivost te viskoznost polarnih tvari. Primjer jedne od dipolnih molekula je voda, a njezina polarnost je odgovarajuća električnim dipolnim molekulama.

Specifični toplinski kapacitet se označava kao toplina koja je neophodna da jednom kilogramu tvari temperatura naraste za 1 °C. Uslijed povećanog specifičnog kapaciteta u vodi dolazi do pohrane i transporta ogromne količine topline. Primjer jedne od anomalija vode je voda koja je u tekućem stanju te ima puno veći specifični kapacitet od vodene pare ili leda. Toplina isparavanja ili latentna toplina označava toplinu koju određena masa tvari ima potrebu uzeti ili dati iz okoline zbog promjene njezina agregatna stanja. Toplinu koju određena masa tvari otpušta prilikom kondenzacije ili tijekom isparavanja, ili koju upija tijekom taljenja, toplinu koju masa tvari otpušta prilikom očvršćivanja ili latentnu toplinu isparavanja svaka tvar razlikuje. Latentna toplina isparavanja vode iznosi 2 256 000 J/kg, a latentna toplina taljenja iznosi 333 000 J/kg. Topljinost je svojstvo tvari da se u sljedećem stvara homogena smjesa, a zavisi o temperaturi, tlaku, vodikovim vezama, veličini čestica te polarnosti. Voda je pogodna kao otapalo radi električnih svojstava i svoje postojanosti. Hidrofobne tvari su tvari koje ne prihvaćaju vodu, a hidrofilne tvari su tvari koje imaju potrebu povezivati se s vodom. Topljinost raste porastom vodikovih veza između tvari koja se otapa te vode. O temperaturi vode, tlaku plina, polarnosti molekule plina, količini otopljenih tvari u vodi zavisi topljinost plinova u vodi. Postupak kojim se molekule stvaraju u električni nabijene atome ili molekule naziva se ionizacija. Redoks – reakcija je postupak neprekidnog događanja redukcije i oksidacije zbog čega dolazi do prijenosa elektrona između molekula. “Oksidacija je proces otpuštanja elektrona, a redukcija je proces primanja elektrona dok se tvari koje primaju elektrone nazivaju oksidansi, a tvari koje otpuštaju elektrone reducensi. Kako u prirodi nema slobodnih elektrona, te se reakcije uvijek događaju istovremeno zbog čega se još nazivaju redukcijsko – oksidacijske reakcije“ (Vugrin 2019).



Slika 2. Ionizacija molekule vode (e-škole.hr, url)

## 2.3. KAKVOĆA VODE

### 2.3.1. Fizikalni pokazatelji

Kvaliteta i iskoristivost vode se može odrediti samo fizičkim pokazateljima, međutim, ti pokazatelji igraju ulogu u definiranju svojstva vode. Raspršene tvari, temperatura, mutnoća, boja, miris i okus predstavljaju fizikalne pokazatelje kakvoće vode.

Raspršene tvari koje se nalaze u vodi mogu potjecati iz organskih i anorganskih izvora. Anorganske raspršene tvari obuhvaćaju prirodne elemente poput pijeska, gline te ilovače, dok organske tvari uključuju mikroorganizme i čestice nežive organske tvari. Raspršene tvari obično se nalaze u površinskim vodama (Tedeschi, 1997).

Prisutnost suspendiranih i koloidnih čestica gline, usitnjene organske tvari, mikroskopski organizmi, te ostale tvari u vodi odgovorne su za mutnoću vode. Sa socijalnog stajališta, zamućenost uvelike utječe na stanje vodnog sustava jer smanjuje prodor svjetlosti, ograničavajući tako primarnu proizvodnju kao što je fotosinteza. Mjerenje mutnoće vode se mjeri turbidrimetrima.

Temperatura vode je jako važan faktor, a ponajviše kada se koristi kod vodoopskrbe stanovništva. O samome porijeklu vode govori nam temperatura vode. Temperatura podzemnih voda je neprestanog obilježja, ali temperatura površinskih voda je različitog obilježja te ona iznosi od 1 °C do 22 °C. Također, temperatura vode utječe na procese kondicioniranja vode.

Kod boje vode postoje prava i prividna boja. Prava boja je boja koja se utvrđuje nakon filtracije uzoraka, te primjenjuje se na boju koju uzrokuju tvari otopljene u vodi. Za prividnu boju drugi je naziv prirodna boja uzrok je u vodi suspendiranih tvari ili raznovrsnih tvari.

Miris i okus vode čovjek utvrđuje svojim osjetilima. Čista voda nema niti miris niti okus. Vodi svaki miris daje određeni okus. Kada je u vodi prisutan miris to pokazuje na mogućnost zagađenja vode do koje dolazi zbog raspada organske tvari životinjskog podrijetla, zbog industrije, raznih plinova te zbog tla koji dolazi u doticaj s vodom (Gulić, 2003).

### 2.3.2. Kemijski pokazatelji

Iskoristivost vode, konkretno unutar pojedinog vodnog sustava, uvelike je određena kemijskim pokazateljima. Voda sadrži različite otopljene tvari, od kojih neke imaju značajan utjecaj na biološku proizvodnju ekosustava, dok druge predstavljaju štetu ili opasnost za žive mikroorganizme. Kemijske nečistoće u vodi mogu se kategorizirati u tri skupine: tvari koje se prirodno nalaze u vodi, tvari koje su u većim koncentracijama nepoželjne iako značajno ne umanjuju iskoristivost vode te tvari koje vodu čine neprikladnom za određene namjene, a mogu biti čak i toksične.

Ukupne otopljene tvari su one tvari koje su prisutne poslije cijeđenja te se dokazuju isparavanjem na temperaturi 105 °C. U mg/l suhe tvari se izražava suhi ostatak procijeđene vode. Otopljene tvari se pronalaze u obliku iona, molekula i spojeva koji nisu ionizirani.

Kiselost ili lužnatost voda dokazuje koncentracija vodikovih iona. Zbog toga što veliki postupci čišćenja voda zavise o vrijednosti pH te je ona važan pokazatelj kakvoće voda. Kod prirodnih voda koje nisu zagađene vrijednost pH ovisi karbonatima, hidrogenkarbonatima te slobodnom ugljik – dioksidu. Fosfat dolazi iz oborinskih voda koje ispiru poljoprivredna tla te također dolazi iz komunalnih otpadnih voda. Alkalitet se utvrđuje u mg/l CaCO<sub>3</sub>. Koristi se kao odraz kod prirodnih voda koji predstavlja sposobnost vode za neutralizaciju kiselina.

Koncentracijom polivalentnih metalnih kationa u otopini propisana je tvrdoća vode. Metalni kationi određuju se s anionima u vodi te stvaraju tvrdoću vode kod zasićenosti.



Ovisno o samome porijeklu vode, kod plinova koji su otopljeni u vodi, najčešće se određuje količina kisika, ugljikovog dioksida, vodik – sulfida te drugih plinova. Kisik je potreban u životu mnogih organizama u vodi. On dolazi u vodu taloženjem iz zraka te procesom fotosinteze.

U prirodnim vodama, u raspršenom te otopljenom obliku prisutne su organske tvari. Dijeli se na biološki razgradive i nerazgradive tvari. Organska tvar u vodi, prema njezinom podrijetlu uzrok je ispiranja zemljišta oborinskom vodom, također je sastojak gradskih i industrijskih otpadnih voda te proizvod biokemijskih procesa u vodi. Mikroorganizmi upotrebljavaju biološki razgradivu tvar u vodi te je to uzrok trošenja kisika.

Hranjivim tvarima nazivamo tvari koje su neophodne za proizvodnju organske tvari kao što su: alge i zelene biljke. Čimbenike rasta algi i zelenih biljaka čine dušik i fosfor.

Kao posljedica ispiranja zemljišta te otapanja minerala u prirodnim vodama pronalaze se pojedine količine kovina ili metala. Otrovnim kovinama nazivaju se kovine kojima je gustoća pet puta veća od gustoće vode te se još nazivaju teškim kovinama. Natrij, željezo, mangan, aluminij, bakar i cink u manjim su količinama te su potrebni za život organizama. Oni su neotrovne kovine. Kod fizikalno – kemijskih svojstava vode, kovine su u vodi prisutne kao otopljene to su slobodni ioni ili kompleksni spojevi (Tedeschi, 1997).

### 2.3.3. Biološki pokazatelji

Kao biološki pokazatelji kakvoće vode nerijetko se koriste: stupanj saprobnosti, stupanj biološke proizvodnje, mikrobiološki pokazatelji te indeks razlike. Voda je jako korisna u životu mikroorganizama. Pokraj mikroorganizama koji su stalno prisutni u vodi, uključujući razlagače i proizvođače nove organske tvari u vodi se nalaze i mikroorganizmi iz probavnog sustava ljudi i životinja koji u vodu dospijevaju ispiranjem zemljišta te s otpadnim vodama.

Izraz ukupni koliformni organizmi obuhvaća različite vrste bakterija, uključujući *Esterichiu coli*, koja potječe iz probavnog sustava, kao i druge koliformne bakterije koje mogu rasti u tlu. Korištenjem fekalnog koliformnog indikatora *E. coli* postaje moguće s većom sigurnošću utvrditi da je prisutnost mikrobiološke kontaminacije posljedica dospjelog otpada iz probavnog sustava ljudi i životinja u vodu. Uz prethodno navedene pokazatelje, koji se uobičajeno promatraju, dokaz fekalne kontaminacije može se identificirati i kroz prisutnost bakterija enterokoka i streptokoka.

Streptokoki su kuglasti mikroorganizmi, a enterokoki su sastavni dio crijevne flore ljudi i životinja. Periffer i drugi su istraživali ponašanje *E. coli* i Enterococca, otkrivši da na *E. coli* više ne utječu promjene u razinama kisika u nižim slojevima vodnog sustava, posebno u vezi sa redukcijom sulfata. U jezerskim sredinama gdje anaerobni uvjeti dovode do redukcije sulfata u sulfide, Enterococci pokazuju veće stope preživljavanja i dokazuju se kao pouzdaniji pokazatelj fekalnog onečišćenja (Tedeschi, 1997).

#### 2.4. BUNARSKA VODA

Bunar je iskop u vodi namijenjen za hvatanje ili prikupljanje podzemne vode. Kod tradicionalnih bunara unutrašnjost je ograđena zidovima od opeke ili kamena, dok su moderni bunari sigurno učvršćeni. Nadzemna konstrukcija izgrađena je u skladu s lokalnim običajima, a voda se crpi pomoću metalne posude koja je obješena na mehanizam vitla. Bunar je konstrukcija namijenjena korištenju vode ispod zemlje. U nekim slučajevima služi i za razinu regulacije otpadnih voda. Bunari se mogu stvoriti iskopavanjem, bušenjem ili razbijanjem. Značajke bunara variraju ovisno o prirodi toka vode, bilo s otvorenom površinom ili pod pritiskom poznati kao arteški bunari gdje se voda pod pritiskom prirodno diže na površinu (Gospodarski list, url).



Slika 3. Bunar (Gospodarski list, url)

#### 2.4.1. Glavni uzroci zagađenja bunarske vode

U gornjim slojevima često se može naći mnoštvo bakterijskih vrsta. Ove bakterije posjeduju sposobnost razmnožavanja, stvaranja kolonija i razgradnje organske tvari, što rezultira proizvodnjom spojeva sumporovodika. Ovi spojevi odgovorni su za neugodan miris vode i predstavljaju značajan rizik za ljudsko zdravlje zbog svoje toksične prirode. Praćenje obnove vode ključno je kod organizacije hidro građevine. Ako se koristi nepravilna ograda, voda će stagnirati i postati mutna. Onečišćenje vode može se kategorizirati u dvije vrste na temelju uzoraka koje mu pridonose. Prirodne promjene obuhvaćaju različite pojave, poput promjena u podzemnim rezervoarima vode koji opskrbljuju izvore, kao i senzorske pojave. Primjer spomenutoga omogućuje infiltraciju organskih tvari u izvor vode, zajedno s prisutnošću sunčeve svjetlosti. Problemi nastaju kada se pojedinci ne pridržavaju ispravnih tehnika postavljanja ili pogreške tijekom rada strukture. Ovi se problemi mogu manifestirati na različite načine, poput postavljanja konstrukcija u blizini septičkih jama, pojave curenja spojeva ili korozije metalnih dijelova. Ispravno praćenje obnove vode ključno je pri projektiranju hidrauličke strukture. Bez pravilno izgrađene barijere, voda može postati ustajala i mutna. Dodatno, opružna glava može omogućiti krhotinama, kukcima i glodavcima nesmetan pristup izvoru vode. Kada je bunar izgrađen bez ikakvih smetnji, velika je vjerojatnost da će voda sadržavati veću koncentraciju koloidnih nečistoća, kao i organskih i kemijskih tvari. Neophodno je pomno pratiti te procese i odmah ih eliminirati (Engineerx.decorexpro, url).

#### 2.4.2. Glavni znakovi zagađenja vode

Istraživanja vode iz izvora potrebno je provoditi godišnje zbog promjene njezina sastava u podzemnom izvoru koja zavisi o senzorskim promjenama i drugim vanjskim čimbenicima. Ovo je posebice bitno ako se izvor koristi tijekom ljeta. Određeni broj znakova pokazati će na količinu pročišćavanja vode iz izvora. Na nakupljenost previše sitnih čestica te suspendiranih prašnjavih zrna pijeska pokazuje bezbojnost vode. Zamućenost vode poslije obilnih kišnih padalina, znak je nepoštivanja nepropusnosti zidova konstrukcije. Mehaničko čišćenje rudnika pomoć je pri uklanjanju nedostataka koje je upotunjeno radom na brtvljenju spojeva. Na nazočnost naftnih

derivata pokazuje pojava uljnog filma nad vodnom površinom ili iz bezazlenog razloga nejednakog pridržavanja čvrstoće tijekom rada hidrauličke konstrukcije (Engineerx.decorexpro, url).

### 2.4.3. Dezinfekcija i pročišćavanje bunarske vode

Hiperkloriranjem i redovnim kloriranjem najčešće se obavlja dezinfekcija vode. Razlika između toga kod redovnog kloriranja voda za piće se može koristiti nakon 30 minuta, a kod hiperkloriranja poslije 24 sata zbog toga što se upotrebljava veća količina dezinfekcijskog sredstva. Hiperkloriranje se često obavlja kod voda koje su onečišćene te spremljene u različite spremnike kao što su to: cisterne, tankovi, cjevovodi, vodospremnici, mjesne, kućne, brodske i autocisterne. Upotrebljava se kod voda koje se nakon dužeg nekorištenja ili korištenja po prvi put koriste ili kod kojih je prisutna sumnja na mikrobiološko onečišćenje. Cilj je spriječiti naknadno onečišćenje vode od onečišćenog spremnika. Redovno kloriranje vode za piće obavlja se kod voda koje su čiste, kod voda koje nisu zamućene te se stalno koriste. On se upotrebljava tako da se u vodi doda 1,5 do 2 mg/l ili 1,5 do 2g/m<sup>3</sup> preparata Izosan. Kratkotrajna dezinfekcija bunara nije djelotvorna. Uzrok tome je kretanje vode u podzemlju te se kreće nekoliko metara do kilometara u danu što ovisi o geološkom sastavu tla kroz koji potječe. To znači da ako je voda danas sanirana sutra će biti ista voda iz bunara, a u bunar je stigla nova, ne dezinficirana voda. Zato ako je nemoguće izgraditi kućni vodovod sa spremnikom, potrebno je što redovitije klorirati vodu iz bunara kako bi se smanjila koncentracija rezidualnog klora. To znači da koncentraciju SRK u vodi treba češće provjeravati, a i svaki put kada je koncentracija niska, treba vodu klorirati (Pliva, url).

Pročišćena voda se ne bi smjela koristiti. Bunar je potrebno isprazniti i sačekati da se napuni od nule prije samoga puštanja u pogon. Ako se poslije punjenja u vodi osjeti miris klora, postupak se mora ponoviti. Voda se prokuha nakon završetka kloriranja u roku od 5 do 7 dana. Kod jakog onečišćenja vode, ako metode čišćenja ne daju zadovoljavajući rezultat stručnjaci preporučuju upotrebu radikalnih mjera – koristiti dozirne uloške. Označivanjem ultraljubičastim svjetlom dezinfekcija sadržaja bušotine bi se trebala obaviti. Ova metoda je skuplja ali zahtjeva manje vremena. Poslije prethodnog mehaničkog čišćenja provodi se ultrazvučna dezinfekcija (Engineerx.decorexpro, url).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Zadatak

Zadatak ovog završnog rada bio je odrediti kvalitetu bunarske vode na području sela Tekić kod Požege. Određivali su se kemijski i mikrobiološki parametri u Zavodu za javno zdravstvo u Požegi. Uzorci vode uzimali su se iz 5 bunara na području sela Tekić.

#### 3.2. Mikrobiološka analiza vode

- određivanje ukupnih koliformnih bakterija
- određivanje enterokoka
- određivanje ukupnih broja kolonija na 36 °C
- određivanje ukupnih broja kolonija na 22 °C
- određivanje *Escherichie Coli*

Tablica 3. Mikrobiološki pokazatelji ispravnosti vode (Arhiva zavoda za javno zdravstvo Požeško – slavonske županije).

| <b>Pokazatelj</b>                  | <b>Mjerna jedinica</b> | <b>M.D.K.</b> |
|------------------------------------|------------------------|---------------|
| <i>Escherichia Coli</i>            | broj/100 ml            | 0             |
| <b>Ukupne koliformne bakterije</b> | broj/100 ml            | 0             |
| <b>Enterokoki</b>                  | broj/100 ml            | 0             |
| <b>Broj kolonija na 22 °C</b>      | broj/1ml               | 100           |
| <b>Broj kolonija na 36 °C</b>      | broj/1ml               | 100           |

### 3.2.1. Membranska filtracija

Uređaj koji se koristi za membransku filtraciju prije same upotrebe potrebno je dezinficirati uz pomoć vate koju je potrebno prije toga umočiti u 70 % - tni alkohol te se nakon toga sterilizira plamenom iz plamenika. Lijevak je potrebno ukloniti. Pincetu je potrebno sterilizirati plamenom iz plamenika te se s njom prihvati filter papir i mrežastim dijelom koji je okrenut prema dolje postavi se na sredinu držača filtera. Na uređaj se vrati lijevak te se učvrsti držačem. U svaki lijevak je potrebno uliti 100 ml vode što ovisi o tome koliko se uzoraka vode ispituje. Nakon toga se uključi vakuum pumpa i lijevak se ukloni. Membranski filter se sterilnom pincetom prenese na hranjivu podlogu u Petrijevu zdjelicu te se pazi da ne ostanu mjehurići zraka. U slučaju da ostanu membranu treba podići s hranjive podloge i ponovno ju vratiti na hranjivu podlogu. Nakon toga procesa uzorci idu na inkubaciju, a sama temperatura i vrijeme ovise o vrsti bakterija čija se prisutnost ispituje (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško – slavonske županije).



Slika 4. Membranska filtracija (Izvor: autor)

### 3.2.2. Određivanje *Escherichie Coli* i ukupnih koliformnih bakterija

Poslije postupka membranske filtracije uzorci idu na inkubaciju na 24 sata na temperaturu od 36 °C. Poslije inkubacije potrebno je izbrojiti sve kolonije koje daju pozitivnu P-D galaktozidaza i 3 – D glukoronidaza reakciju. Kolonije su tamnoplave ili ljubičaste boje. To su

kolonije *Escherichia Coli*. Kolonije koje daju pozitivnu P – D galaktozidaza reakciju su ružičaste ili crvene boje i to su koliformne bakterije. Kako bi saznali jesu li to koliformne bakterije ili *Escherichia Coli* potrebno je napraviti oksidaza test. Poželjno je ispitati minimalno 10 ružičastih ili crvenih kolonija. Mikrobiološkom ušicom se prenese dio kolonije te se razmaže na papirnati disk za oksidaza test. Ako se nakon 30 sekundi pojavi plavo ljubičasta boja to znači da je reakcija pozitivna i da je prisutna *Escherichia Coli*. Koliformne bakterije su oksidaza negativne (HRN EN ISO 9308-1:2014; HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017).

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

1ml uzorka se uzme iz boce za mikrobiološku analizu uzorka pomoću sterilne pipete i izlije u sterilnu Petrijevu zdjelicu, a zatim se prelije agarom prethodno ohlađenim na 60 °C. Laganim, kružnim pokretom se okreće Petrijeva zdjelica tako da se jednoliko raspoređi uzorak s agarom. Petrijeve zdjelice se poslažu u inkubator na 36 °C/48h i na 22 °C/72h. Broj nastalih kolonija za oba slučaja ne smije biti veći od 100 (HR EN ISO 6222:2000).

### 3.2.4. Određivanje Enterokoka

Enterokoki se dokazuju na sljedeći način: koristi se bille aesculin azide agar, zagrije se na 4 °C te se filter papir sa kolonijama prenese na eža podlogu. Inkubira se na 2 sata na 44 °C. Nakon inkubacije razvijen je tamnosmeđi ili crni halo. Na kraju se prebroje sve te kolonije (HRN EN ISO 7899-2:2000).

### 3.3. Fizikalno – kemijske analize

Kod kemijske analize određivalo se boja, mutnoća, električna vodljivost, nitriti, nitrati, kalijev permanganat (KMnO<sub>4</sub>), pH vrijednost, amonijak, te željezo.

Tablica 4. Maksimalno dozvoljene količine fizikalno – kemijskih parametara (Izvor: Arhiva Zavoda za javno zdravstvo)

| <b>Pokazatelj</b>     | <b>MDK</b>                             |
|-----------------------|--|
| Mutnoća               | 4 NTU                                  |
| Kloridi               | 250 Cl mg/l                            |
| Električna vodljivost | 2500 $\mu$ S/cm                        |
| Nitrati               | 50 NO <sub>3</sub> mg/l                |
| Amonijak              | 0,50 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l |
| KMnO <sub>4</sub>     | 5,0 O <sub>2</sub> mg/l                |
| pH                    | 6,5 – 9,5                              |
| Željezo               | 200 $\mu$ g/l                          |

### 3.3.1. Određivanje mutnoće

Materijali i pribor potrebni za analizu:

- kivete
- turbidimetar
- uzorci vode

Uzorak vode se stavi u epruvetu do oznake. Nakon toga se epruveta stavlja u turbidimetar te se očita rezultat (HRN EN ISO 7027:2016).





Slika 5. Turbidimetar (Izvor: autor)

### 3.3.2. Određivanje klorida

Materijali i pribor potrebni za analizu:

- Erlenmayerova tikvica
- Kalijev kromat ( $K_2CrO_4$ )
- Srebrov nitrat ( $AgNO_3$ )
- uzorci vode

U tikvice se otpipetira 50 ml uzorka vode, te se nakon toga doda 2 - 3 kapi kalijeva kromata koji daje žućkasto obojenje. Uzorci se titiraju sa srebrovim nitratom do promjene boje u narančastu. Nakon titracije očita se utrošak i rezultat se pomnoži sa 20 kako bi se utvrdilo zadovoljava li dobiveni rezultat MDK - vrijednosti (HRN EN ISO 9297:1998).



Slika 6. Određivanje klorida (Izvor: autor)

### 3.3.3. Određivanje električne vodljivosti

Materijali i pribor potrebni za analizu:

- čaša
- konduktometar

Uzorak vode se stavi u čašu te se uroni elektroda za mjerenje električne vodljivosti. Dobiveni rezultat se očitava na konduktometru. Pri mjerenju se također mora kontrolirati i temperatura jer vodljivost raste s temperaturom za otprilike 2 % /°C (HRN EN ISO 27888:2008).

### 3.3.4. Određivanje nitrata

Materijali i pribor potrebni za analizu:

- kivete
- destilirana voda

Kiveta se napuni destiliranom vodom te se stavi u uređaj i nulira. U drugu se kivetu stavi standard (napravljeni standard za nitrata mora biti koncentracije 10 mg/L  $\text{NO}_3^-$ ) i očitava. Nakon toga se kiveta dobro ispere i stavi se uzorak te se očitava rezultat. Ako su rezultati viši od ranga za

mjerenje, uzorak se razrijedi destiliranom vodom te se na uređaju unese faktor razrjeđenja i očita se rezultat (HRN EN ISO 26777:1998).

### 3.3.5. Određivanje kalijevog permanganata (KMnO<sub>4</sub>)

Materijali i pribor potrebni za analizu:

- Erlenmayerova tikvica
- Sumporna kiselina (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Oksalna kiselina (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)
- Kalijev permanganat (KMnO<sub>4</sub>)
- uzorci vode

Stavi se 50 ml uzorka u erlenmayerovu tikvicu od 300 mL. 5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se stavi na kuhanje (pod povratno hladilo). Zatim u međuvremenu napraviti slijepu probu. Stavi se 15 mL oksalne kiseline u erlenmayerovu tikvicu od 300 mL i 5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i stavi kuhati do vrenja. Kada zakuha titrira se s KMnO<sub>4</sub> do pojave roza boje. Potrošnja mora biti između 14 i 16 mL. Ako je potrošnja manja od 14 onda treba pojačati oksalnu kiselinu, a ako je veća od 16 onda je treba razrijediti. Nakon što je uzorak prokuhao stavi se 15 mL KMnO<sub>4</sub> stavimo ponovno kuhati 10 min. od početka vrenja. Nakon isteka 10 minuta dodati točno 15 mL oksalne kiseline. U slučaju da ne dođe do obezbojenja staviti još malo kuhati do obezbojenja. Nakon toga titrirati sa KMnO<sub>4</sub> do pojave blago roza boje i to je potrošnja KMnO<sub>4</sub> za tu vodu (HRN EN ISO 8467:2001).

### 3.3.6. Određivanje pH vrijednosti

Materijali i pribor potrebni za analizu:

- pH metar
- uzorci vode

Prije mjerenja elektroda se ispere demineraliziranom vodom. Nakon toga se uroni elektroda u čašicu s uzorkom te se očita vrijednost i uz nju se očita temperatura (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško – slavonske županije).

### 3.3.7. Određivanje amonijaka

Materijali i pribor potrebni za analizu:

- kivete s reagensom
- uzorak vode
- Spektrofotometar

Pripremi se slijepa proba (napuni se kiveta sa 10 mL deionizirane vode). Zatim se pripremi uzorak. Napuni se druga kiveta sa 10 mL uzorka. Doda se ammonia salicylate jastučić u kivetu. Kiveta se začepi i protrese da se reagens otopi. Vrijeme reakcije je 3 minute. Nakon 3 minute dodati ammonia cyanurate jastučić u kivetu. Začepiti kivetu da se reagens otopi. Vrijeme reakcije je 15 minuta. Zelena boja pokazuje prisutnost amonijevog dušika. Nakon isteka 15 minuta kiveta sa slijepom probom se umetne u držač kivete u spektrofotometru i nuliramo. Zatim se odabere način izražava rezultate  $\text{NH}_3^{-n}$  ili  $\text{NH}^{+4}$ . Kivetu s uzorkom se stavi u uređaj i očita rezultat (HRN EN ISO 7150-1:1998).

### 3.3.8. Određivanje željeza

Materijali i metode potrebni za analizu:

- kivete
- Ferro Ver Iron reagens

Uključi se exit tipka na instrumentu te se stisne PRGM tipka. Upiše se broj 33 i stisne tipka enter. Kivetu se napuni sa 10 ml uzorka (slijepa proba). Slijepa proba se stavi u držač kivete i poklopi sa poklopcem instrumenta. Poslije toga se stisne tipka ZERO. Nakon toga napuni se druga kiveta sa 10 ml uzorka. Doda se sadržaj 1 vrećice odnosno jastučića Ferro Ver Iron reagensa u kivetu sa uzorkom. Nakon toga se začepi i okrene kiveta kako bi se otopio reagens prah. Pritisne se tipka TIMER pa enter te nakon toga počinje odobravanje odnosno vrijeme reakcije od 3 minute. Stavi se kivetu u držač kivete i poklopi se poklopcem instrumenta. Na kraju se stisne READ te se pojavi rezultat u mg/L Fe te se rezultat pomnoži sa 1000 (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije).

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Tablica 5. Rezultati fizikalno – kemijskih analiza vode

| Redni broj uzorka   | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mutnoća (NTU)       | 1,42       | 1,28       | 0,77       | 0,84       | 1,06       |
| Vodljivost (S)      | 917        | 608        | 1029       | 823        | 777        |
| Kloridi (mg/l)      | 48,6       | 40,2       | 27,4       | 28,4       | 33,8       |
| pH/temperatura °C   | 6,7 / 23,8 | 6,9 / 23,5 | 7,4 / 23,5 | 6,9 / 23,4 | 7,4 / 23,5 |
| Nitrati (mg/l)      | 5,71       | 25,25      | 37,65      | 42,66      | 42,12      |
| Željezo (Fe) (µg/l) | 30         | 0          | 100        | 10         | 70         |

Rezultati fizikalno – kemijskih analiza navedeni u tablici 4 u svim uzorcima vode odgovaraju maksimalno dopuštenim koncentracijama.

Tablica 6. Rezultati mikrobioloških analiza vode

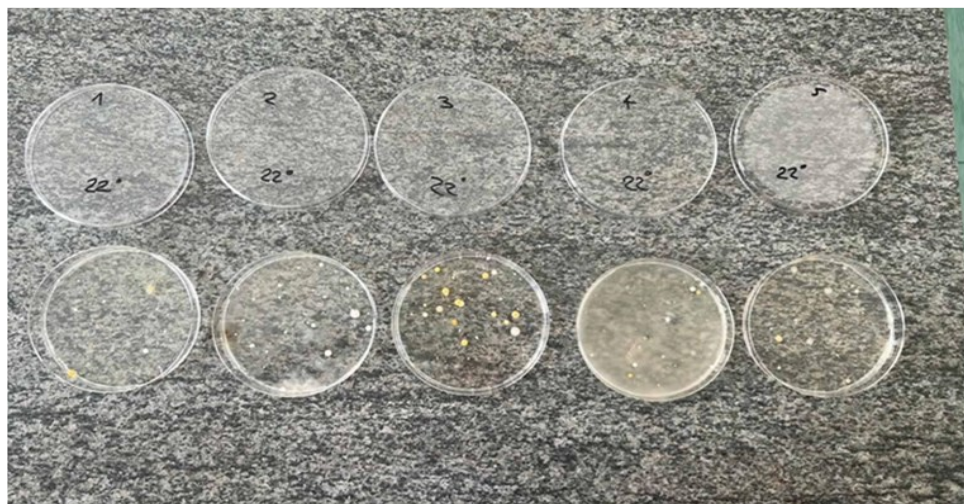
| Redni broj uzorka | Ukupne koliformne bakterije (broj/100 ml) | <i>Escherichia coli</i> (broj /100 ml) | Broj kolonija na 22 °C (broj/1ml) | Broj kolonija na 36 °C (broj/1ml) | Enterokoki (broj/100ml) |
|-------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 1                 | 2   | 0                                      | 180                               | 248                               | 0                       |
| 2                 | 35  | 8                                      | 90                                | 25                                | 8                       |
| 3                 | 320                                       | 1                                      | 200                               | 56                                | 5                       |
| 4                 | 350                                       | 20                                     | 170                               | 112                               | 5                       |
| 5                 | 100                                       | 2                                      | 80                                | 50                                | 1                       |

Tablica 5. prikazuje rezultate mikrobioloških analiza vode. Ukupne koliformne bakterije, *Escherichia coli* (osim uzorka broj 1) te Enterokoki (osim uzorka broj 1) ne odgovaraju

maksimalno dopuštenim koncentracijama. Ukupni broj kolonija na 22 °C (osim uzoraka broj 2 i 5) te ukupni broj kolonija na 36 °C (osim uzoraka broj 2,3,5) također ne odgovaraju maksimalno dopuštenim koncentracijama. Iz tablice se vidi da niti jedan uzorak mikrobiološki ne odgovara.



Slika 7. Rezultati određivanja ukupnog broja kolonija na 36 °C (Izvor: autor)



Slika 8. Rezultati određivanja ukupnog broja kolonija na 22 °C (Izvor: autor)



Slika 9. Rezultati određivanja *Escherichia coli* (Izvor: autor)

## 6. ZAKLJUČAK

- Navedene analize se provode radi utvrđivanja zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku konzumaciju te ih je potrebno provoditi najmanje jednom godišnje
- Rezultati istraživanja su pokazali da fizikalno – kemijski parametri na uzetim uzorcima vode iz bunara na području sela Tekić kod Požege odgovaraju preporučenim vrijednostima.
- Mikrobiološki parametri ne odgovaraju preporučenim vrijednostima što je dokaz da se neredovito provodi postupak dezinfekcije vode te je preporuka izvršiti odmah dezinfekciju vode Izosanom u svim bunarima u kojima je analizirana voda.



## 7. LITERATURA

1. Arhiva zavoda za javno zdravstvo Požeško – slavonske županije
2. Gulić, I. (2003) *Kondicioniranje vode*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu.
3. HRN EN ISO 9308-1:2014
4. HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017
5. HR EN ISO 6222:2000
6. HRN EN ISO 7899-2:2000
7. HRN EN ISO 7027:2016
8. HRN EN ISO 9297:1998
9. HRN EN ISO 27888:2008
10. HRN EN ISO 26777:1998
11. HRN EN ISO 8467:2001
12. HRN EN ISO 7150-1:1998
13. Tedeschi, S. (1997) *Zaštita voda*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu.
14. Tušar, B. (2009) *Pročišćavanje otpadnih voda*. Zagreb: Kigen d.o.o, Zagreb.
15. Vugrin, K. (2019) *Pokazatelj kakvoće vode i metode određivanja*. Završni rad. Varaždin: Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

### Mrežne stranice:

1. Engineerx.decorexpro, url: <https://engineerx.decorexpro.com/hr/vodosnab/kolodskvazh/ochistka-vody-iz-kolodca.html> Pristup [ 8.7.2023.]
2. Gospodarski list, url: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/postupci-u-izgradnji-bunara/> Pristup [ 7.7.2023.]
3. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, url: <https://www.hzjz.hr/sluzba-promicanje-zdravlja/osigurajte-dovoljan-unos-tekucine/> Pristup [ 30.6. 2023.]
4. Pliva, url: <https://www.pliva-sept.hr/zanimljivosti/dezinfekcija-vode.htm> Pristup [ 8.7.2023.]
5. Voda izvor života, url: <https://vodaizvorzivota.weebly.com/kru381enje-vode-u-prirodi.html> Pristup [ 30.8.2023.]

6. E-skole.hr, url: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/15cf791a-4c97-4f29-84d9-17c1b47ceccc/kemija-2/m04/j03/index.html>      Pristup [20.8.2023.]

## POPIS SLIKA

Slika 1. Kruženje vode u prirodi

Slika 2. Ionizacija molekule vode

Slika 3. Bunar

Slika 4. Membranska filtracija

Slika 5. Turbidimetar

Slika 6. Određivanje klorida

Slika 7. Rezultati određivanja ukupnog broja kolonija na 36 °C

Slika 8. Rezultati određivanja ukupnog broja kolonija na 22 °C

Slika 9. Rezultati određivanja *Escherichia coli*

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Koncentracija tvari u kućanskim otpadnim vodama

Tablica 2. Srednje koncentracije oborinskih voda sa poljoprivrednih zemljišta

Tablica 3. Mikrobiološki pokazatelji ispravnosti vode

Tablica 4. Maksimalno dozvoljene količine fizikalno – kemijskih parametara

Tablica 5. Rezultati fizikalno – kemijskih analiza vode

Tablica 6. Rezultati mikrobioloških analiza vode

## POPIS KRATICA I SIMBOLA

ml – mililitar

°C – Celzijev stupanj

G - gram

h – sat

SRK – slobodni rezidualni klor

pH – mjera lužnatosti vodenih otopina

g/m<sup>3</sup> – gram po metru kubnom

J/kg – džul po kilogramu

KJ/kg – kilodžul po kilogramu

kg/dm<sup>3</sup> – kilogram po kubnom decimetru

### IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, **Leona Banušić**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog/diplomskog rada pod naslovom **Određivanje kvalitete bunarske vode na području sela Tekić kod Požege** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 14. rujna 2023.

Leona Banušić

Leona Banušić