

# KEMIJSKI PARAMETRI VODE IZ JAVNOG VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA PODRUČJU GRADA POŽEGE U OŽUJKU 2015. GODINE

---

**Knežević, Ružica**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:112:233244>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-15**



**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**  
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

*Repository / Repozitorij:*

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



# VELEUČILIŠTE U POŽEGI



Ružica Knežević 1170/12

## **KEMIJSKI PARAMETRI VODE IZ JAVNOG VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA PODRUČJU GRADA POŽEGE U OŽUJKU 2015. GODINE**

***ZAVRŠNI RAD***

Požega, 2017.godine

VELEUČILIŠTE U POŽEGI  
POLJOPRIVREDNI ODJEL

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHOLOGIJE

**KEMIJSKI PARAMETRI VODE IZ JAVNOG  
VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NA PODRUČJU  
GRADA POŽEGE U OŽUJKU 2015. GODINE**

***ZAVRŠNI RAD***

IZ KOLEGIJA KEMIJA HRANE

MENTOR: dr. sc. Valentina Obradović

STUDENT: Ružica Knežević

Matični broj studenta: 0253032065

## Sažetak:

Zadatak ovoga rada bio je provjera zdravstvene ispravnosti određenih uzoraka vode. Analizirani su uzorci vode iz javnog vodoopskrbnog sustava grada Požege i okolice tijekom mjeseca ožujka 2015. godine. Na uzorcima su provedene slijedeće fizikalne i kemijske analize: boja, mutnoća, miris, okus, temperatura, koncentracija vodikovih iona, elektrovodljivost, utrošak kalijevog permanganata, slobodni klor, ukupna tvrdoća, željezo, mangan, kloridi, amonijak, nitrati i nitriti. Zdravstvena ispravnost utvrđena je u skladu sa važećom zakonskom regulativom. Korištene su referentne metode, a analize su izvršene u ovlaštenom laboratoriju za analizu voda. Na osnovu provedenih analiza utvrđeno je kako su svi uzorci zdravstveno ispravni, budući da su svi analizirani parametri zadovoljili propisane vrijednosti.

Ključne riječi: Kemijska kakvoća vode, kemijske analize, Požega

## Abstract:

The primary object of this research was examination of health safety of selected water samples. Origin of the samples is public water supply of Požega town and surroundings, and they were collected during March 2015. Samples were tested for: color, fuzziness, smell, taste, temperature, the hydrogen ion concentration, consumption of potassium permanganate, free chlorine, total hardness, iron, manganese, chlorides, ammonia, nitrates and nitrites. Health safety is determined according to valid Croatian legislation. Analysis were done in accredited laboratory for water analysis according to reference methods. Considering all tasted parameters are within specified values, it can be concluded that all samples are safe for consuming.

Keywords: Chemical Quality of the water, chemical analysis, Požega

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	2
2.1. Općenito o vodi .....	2
2.2. Voda u prirodi .....	3
2.2.1. Atmosferske vode .....	4
2.2.2. Površinske vode .....	5
2.2.3. Podzemne vode .....	6
2.2.4. Voda u tlu .....	7
2.2.5. Kemijska voda .....	7
2.2.6. Higroskopna voda .....	8
2.2.7. Otparena voda .....	8
2.2.8. Kapilarna voda .....	8
2.2.9. Gravitacijska ili procjedna voda .....	9
2.3. Analiza vode .....	9
2.4. Način uzimanja uzorka vode za analizu .....	9
2.5. Boja .....	10
2.6. Mutnoća .....	10
2.7. Miris .....	11
2.8. Okus .....	11
2.9. Temperatura .....	12
2.10. Koncentracija H <sup>+</sup> iona – pH vode .....	12
2.11. Elektrovodljivost .....	12
2.12. Utrošak Kalijevog permanganata .....	13
2.13. Klor .....	13
2.14. Ukupna tvrdoća .....	14
2.15. Željezo .....	14
2.16. Mangan .....	15

2.17.	Kloridi.....	15
2.18.	Amonijak .....	16
2.19.	Nitrati.....	16
2.20.	Nitriti.....	16
3.	MATERIJALI I METODE .....	17
3.1.	Zadatak.....	17
3.2.	Određivanje mutnoće vode.....	17
3.3.	Mjerenje pH .....	18
3.4.	Mjerenje elektrovodljivosti.....	19
3.5.	Utrošak $KMnO_4$ .....	19
3.6.	Određivanje ukupne tvrdoće.....	20
3.7.	Određivanje ukupnog željeza .....	20
3.8.	Određivanje klorida .....	20
3.9.	Određivanje amonijaka.....	21
3.10.	Određivanje nitrata.....	21
3.11.	Određivanje nitrita .....	22
4.	REZULTATI.....	23
5.	RASPRAVA.....	30
6.	ZAKLJUČAK .....	32
7.	LITERATURA.....	33

## 1. UVOD

Voda je dio čovjekova života i civilizacije, prirodni i ekonomski resurs u ograničenim količinama. Prema procjenama na našoj planeti se nalazi oko  $1.4 \times 10^9$  km<sup>3</sup> vode, od čega 97 % čini morska voda, 2 % ledenjaci na Sjevernom i Južnom polu. Preostali 1 % slatke vode stoji nam na raspolaganju za svakodnevnu upotrebu. Nažalost sve je prisutniji problem onečišćenja prirodnih resursa vode i smanjivanje raspoloživih količina zdravstveno ispravne vode za piće. Voda za piće iz javnih vodoopskrbnih sustava potječe iz podzemnih ili površinskih vodotokova i njezina fizikalno-kemijska svojstva često su promjenjiva i ovise o vanjskim faktorima. Ispravnost vode za piće definirana je Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće NN br. 125/2013. Kako bi se osigurala zdravstvena ispravnost i visoka kakvoća vode potrebno je provoditi određene analize. Analiza vode podrazumijeva određivanje fizikalno-kemijskih, mikrobioloških, organoleptičkih i drugih svojstava vode. (Mijatović, 1996).

Kemijska analiza vode jedna je od najpoznatijih analiza i obuhvaća određivanje: boje, mutnoće, mirisa, okusa, temperature, koncentracije H<sup>+</sup> iona, elektrovodljivost, utrošak KMnO<sub>4</sub>, ukupnu tvrdoću, kloride i spojeve dušika (Glauser-Šolja et al., 1982). Upravo te analize vode, te dokazivanje zdravstvene ispravnosti odabranih uzoraka vode iz javnog vodoopskrbnog sustava grada Požege i okolice, glavni su zadatak ovog rada.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Općenito o vodi

Voda je najrasprostranjenija tekućina na Zemlji i najvažnije polarno otapalo koje otapa mnogobrojne tekućine, plinove i krutine. Voda je bitan sastojak živih organizama i nužna je za život svih živih bića. Živa bića se najvećim dijelom sastoje od vode i ona čini tri četvrtine ukupne površine Zemlje. Na snimkama Zemlje iz svemira može se uočiti da je velik dio Zemljine površine pokriven vodom, oko 70 %. Pod utjecajem Sunčeva zračenja površinska voda neprekidno se isparava u atmosferu (tzv. kruženje vode u prirodi), gdje se kondenzira i u obliku oborina vraća na Zemlju (Wikipedia, 28.02.2017, url).

Molekule vode sudjeluju u mnoštvu kemijskih reakcija kao važan izvor vodikovih i kisikovih atoma, koji su sastavni dijelovi mnogih organskih spojeva koji tvore žive stanice. Polarnost vode omogućuje da se u vodi otapaju mnoge nabijene ili polarne tvari disocijacijom. Negativno nabijen dio molekule vode privučen je pozitivnim dijelom otopljene molekule. Istodobno je pozitivno nabijen dio molekule vode privučen negativnim dijelom otopljene molekule. Ta polarnost vode čini da se između susjednih molekula vode stvaraju vodikove veze. Vodikove veze između molekula vode čine vodu regulatorom temperature.

Voda lako održava stalnu temperaturu i teži da stanice zaštiti od nepredviđenih promjena temperature u okolišu. Također, velika količina toplinske energije je potrebna da se razdvoje molekule vode. Voda se nalazi u tekućem stanju na temperaturama od 0 do 100 °C.

Voda tvori tanke slojeve budući da ima veliku površinsku napetost. Površinska napetost je fenomen u kojem površina vode tvori tanku, nevidljivu, elastičnu membranu. Polarnost molekula vode uvjetuje njihovo međusobno privlačenje, ali ne privlači molekule plina iz atmosfere na površini vode. Stoga se molekule vode na površini drže zajedno tvoreći vodikove veze s drugim molekulama što se nalaze ispod površine (Duraković i Redžepović, 2002).

U prirodi ne postoji kemijski čista voda. I najčišća kišnica u sebi sadrži otopljene plinove i nečistoće iz atmosfere kao npr. CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, a iz atmosfere u velikim gradovima i industrijskim mjestima apsorbira SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, čađu i prašinu. U primorskim krajevima sadrži morsku sol.

Voda na svom prolazu kroz slojeve zemlje nailazi na karbonate, silikate i soli, koje otapa ovisno o njihovoj topljivosti u odgovarajućim uvjetima. Stupanj i vrsta onečišćenja



vode ovisi o sastavu litosfere kroz koju ona prolazi. Zato su vode sa područja vapnenca, gipsa i dolomita tvrde, dok su sa područja bazalta, granita i ostalog vulkanskog kamenja vrlo mekane (Mijatović, 1996).

Kod prirodnih voda razlikujemo: izvorsku, atmosfersku, riječnu, jezersku i morsku vodu. Atmosferska voda je najčišća prirodna voda i sadrži otopljene plinove iz zraka: kisik, dušik amonijak, ugljikov dioksid, a u industrijskim predjelima još i sumporov dioksid, sumporovodik, čađu i prašinu. Bunarska i izvorska voda bogate su otopljenim tvarima, što ovisi o zemljištu kroz koje prolaze. Sadrže natrijev i kalcijev klorid, magnezijev i natrijev sulfat, gips, veće količine bikarbonata kalcija i magnezija. Kisele vode imaju veliki udio slobodnog ugljičnog dioksida i bikarbonata. Riječne vode siromašnije su otopljenim tvarima zbog njihova taloženja sa sastojcima riječnog korita, te gubitka ugljičnog dioksida zbog kretanja vodene mase (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).

## 2.2 Vode u prirodi

Zbog svojih kemijskih i fizikalnih svojstava, voda je bitan element za razvoj i opstanak svih živih bića na Zemlji, ali i značajan nositelj ekonomskog razvoja svake društvene zajednice. Stoga za gospodarenje vodama i zaštitu vodu potrebno je poznavanje prostorne i vremenske raspodjele vode u prirodi i poznavanje zakonitosti njezina kruženje i obnavljanje vodenih zaliha na Zemlji.

Temeljna znanstvena disciplina o vodi je hidrologija. Naziv hidrologija potječe od grčkih riječi *hydor* = voda i *logos* = znanost. Hidrologija se bavi vodama u atmosferi, na površini Zemlje i u podzemlju. Proučava pojavu i raspodjelu vode u vremenu i prostoru, kruženje vode u prirodi, svojstva vode i utjecaj vode na okoliš.

Hidrologija dijeli se na pet disciplina:

- hidrometeorologiju (disciplina koja se bavi vodama u atmosferi),
- potamologiju (disciplina koja proučava površinske tokove vode i njihove vodne režime),
- limnologiju (disciplina koja proučava vode u jezerima i druge vode stajaćice),
- hidrogeologija (disciplina koja se bavi podzemnim vodama, njihovom pojavom i kretanjem u podzemlju),
- kriologija (disciplina koja proučava vodu u njezinim čvrstim oblicima – led i snijeg).

Kruženje vode u prirodi, odnosno hidrološki ciklus neprekidan je i stalan proces koji se odvija djelovanjem Sunčeve energije. Ciklus čine osnovni hidrološki procesi: oborine, infiltracija, otjecanje vode i evapotranspiracija. U neprestanom kruženju vode hidrološki procesi se ponavljaju i na temelju prirodnih pojava koje su se događale na nekom prostoru u prošlosti i koje su zabilježene u višegodišnjem praćenju, moguće je s velikom vjerojatnošću predvidjeti ponavljanje sličnih pojava u budućnosti. Pretpostavka uspješnog upravljanja vodenim resursima je raspolaganje klimatskim i hidrološkim podacima koji su međusobno povezani i koji se prikupljaju sustavnim praćenjem.

Klimatski i hidrološki podaci imaju vrlo važnu funkciju u vodoprivrednim aktivnostima, te su osnova za planiranje, projektiranje i izgradnju različitih vodoprivrednih sustava na nekom području, kao što su sustavi za odvodnju i navodnjavanje, za opskrbu vodom, za zaštitu od poplava, za regulaciju vodotoka, za proizvodnju energije.

Osim koristi i povoljnog utjecaja vode na život na Zemlji, nepovoljno stanje vode u prirodi, kao što je višak ili manjak vode te onečišćenje voda, koje može nastati djelovanjem prirodnih procesa i kao posljedica ljudskih aktivnosti, vrlo negativno utječe na sva živa bića i njihov prirodni okoliš.

Nepovoljno stanje vode na određenom prostoru izraženo kao manjak vode može nastati zbog izostanka oborina ili njihove neujednačene raspodjele tijekom godine, ali i zbog porasta ljudskih potreba za vodom. Posljedice dugotrajnog manjka vode su intenzivne suše, koje negativno utječu na prirodnu ravnotežu i raznolikosti ekosustava, uzrokuju nestanak prirodnih staništa više biljnih i životinjskih vrsta, ugrožavaju opskrbu stanovništva vodom te štetno utječu na čitav niz privrednih aktivnosti, a izravno utječu na poljoprivrednu proizvodnju. Nepovoljnim stanjem voda može se smatrati i onečišćenje voda različitim kemijskim i biološkim tvarima, te patogenim mikroorganizmima, koji umanjuju kvalitetu vode za korištenje do stanja štetnog za živa bića (Šimunić, 2013).

### 2.2.1. Atmosferske vode

Atmosfera je zračni omotač oko Zemlje, debljine oko 1000 km i smjesa je različitih plinova. Omjer plinova u atmosferi je sljedeći, najviše ima dušika oko 78 %, kisika 21 %, ugljičnog dioksida oko 0,03 %, a ostatak su drugi plinovi (vodik, ozon i dr.). Osim plinova u atmosferi se nalaze i krute higroskopne čestice – aerosoli (mikroorganske čestice prašine, vulkanskog pepela, morske soli, bakterija i dr.). Aerosoli su značajni jer predstavljaju kondenzacijske jezgre koje sudjeluju u stvaranju oborina.

Nastajanje oborina uvjetovano je postojanjem vodene pare u zraku, prisutnošću aerosola (kondenzacijskih jezgri) i procesom kondenzacije, odnosno hlađenjem vodene pare. Na pojavu oborina utječu i drugi procesi u atmosferi od kojih važnu ulogu imaju tlak zraka, temperatura, vlažnost i gustoća zraka, kao i njegovo kretanje (cirkulacija), koje je uvjetovano Sunčevom energijom.

Oborine nastaju kondenzacijom ili desublimacijom vodene pare u zraku, koje iz atmosfere (oblaka) padaju na tlo ili u tekućem obliku (kiša i rosulja) ili u krutom obliku (snijeg i tuča), ali mogu nastati na tlu (mraz, inje i rosa) (Šimunić, 2013).

### 2.2.2. Površinske vode

Od ukupnih oborina koje padnu na površinu zemlje, dio oborina ispari, dio se infiltrira u tlo, a dio oborina ostaje na površini i od njih nastaju površinske vode. Veći dio površinske vode otječe s površine (sliva) do recipijenta – primatelja vode, a recipijenti površinskih voda mogu biti potočić, potok, rijeka, jezero i more. Nastajanje površinskih voda i brzina njihova otjecanja ovise o klimatskim i slivnim značajkama područja. Klimatske značajke područja su definirane elementima klime, količinom i rasporedom oborina, temperaturom zraka, vlagom zraka, brzinom vjetera i dr., dok su slivne značajke područja određene oblikom i veličinom slivne površine, reljefom i nagnutosti sliva, pedološkim i geološkim značajkama, vrstom i gustoćom biljnog pokrova, utjecajem čovjeka i dr.

Poznavanjem prirodnih okolnosti nastajanja površinskog otjecanja voda i dinamike otjecanja omogućava praćenje količine vode koja se u nekom vremenu može pojaviti u određenoj točki sliva. Podaci koji se dobivaju mjerenjem koriste se u projektiranju i gradnji različitih vodnih sustava i hidrotehničkih građevina za obranu od poplava, za potrebe odvodnje i navodnjavanja, za sakupljanje voda, regulaciju vodotoka.

Prema načinu nastajanja površinske vode dijele se na:

- tekuće vode (tekućice),
- stajaće vode (stajaćice).

Tekuće vode spadaju u kopnene vode, a nastaju nakupljanjem i otjecanjem površinskih i potpovršinskih voda. U tekuće ubrajaju se izvori, bujice, potoci, i rijeke. Tok tekućice od izvora do ušća dijeli se na: gornji, srednji i donji tok.

Gornji tok je slivna površina s koje vode otječu i stvaraju srednji tok. U srednjem toku zajedno s vodom najčešće se pronosi suspendirani (lebdeći) nanos (krute čestice u tekućoj

vodi - čestice tla, sitnog pijeska, krupnog pijeska) koji se ispiru površinskim otjecanjem oborina na slivnoj površini. Osim suspendiranog nanosa u srednjem toku može biti i vučeni nanos, koji nastaje erozijom u koritu vodotoka zbog djelovanja tekuće vode, a količina nanosa ovisi o teksturi tla i geološkoj podlozi kojom protječe voda. U donjem toku suspendiranog i vučenog nanosa mogu nastati aluvijalni sedimenti. Donji tok završava utokom vode u recipijent (brdski potok, rječicu, rijeku).

U stajaće vode ubrajaju se lokve, močvare, ribnjaci, umjetne akumulacije, retencije i jezera. Lokve i močvare karakterizira mala izdašnost vode i bogatstvo i razvijenost vodenog bilja, dok jezera i akumulacije imaju veću izdašnost vode koja se prema potrebi može koristiti za piće, navodnjavanje, uz uvjet da odgovara propisanim standardima kakvoće voda. Retencije, močvare i lokve većeg volumena mogu poslužiti kao recipijent (vodoprijemnik) određene količine vode kod visokih vodostaja rijeka koje bi mogle prouzročiti poplavu u nizvodnom području i kao recipijent suvišne vode u melioracijskoj odvodnji (Šimunić, 2013).

### 2.2.3. Podzemne vode

Podzemne vode se nalaze ispod površine tla i ispunjavaju pore i pukotine u stijenama. Pojavljivanje podzemnih voda uvjetovano je postojanjem pora u stijeni i vodonepropusne podloge. Najveće količine podzemnih voda nastaju od oborina koje se kroz površinski sloj infiltriraju na tlo. Nakon infiltracije kada opna vode oko čestice tla postane toliko velika da je sile tla ne mogu držati, voda postaje slobodna i pod utjecajem gravitacije procjeđuje se kroz tlo u dublje slojeve, sve do vodonepropusne podloge na kojoj se nakuplja i popunjava pore u stijenama (sedimentima).

Između površine tla i vodonepropusnog sloja razlikuju se dva područja, i to ozračeno (nezasićeno) i zasićeno područje. Ozračeno područje nalazi se između površine tla i razine podzemne vode. U ozračenom području većina pora ispunjena je zrakom te se još naziva i nezasićenim pojasom premda se u njemu nalaze različiti oblici vode (higroskopna, kapilarna, gravitacijska voda).

Granica između ozračenog i zasićenog područja naziva se vodna ploha ili vodno lice. Zasićeno područje nalazi se između vodene plohe i vododrživog sloja. U zasićenom području sve pore (šupljine) u stijeni (sedimentu) ispunjene su vodom. Voda u zasićenom području naziva se podzemna voda i može se nalaziti na različitim dubinama. Podzemne vode su najznačajniji raspoloživi izvor pitke vode koje su izloženi prekomjernom iscrpljivanju tako da se zbog narušene ravnoteže sve više osiromašuju postojeće zalihe (Šimunić, 2013).

#### 2.2.4. Voda u tlu

Vodu u tlu proučava hidropedologija, a naziv potječe od grčkih riječi *hydor* = voda i *pedon* = tlo. Najvažniji čimbenik koji utječe na rast i razvoj biljaka je dostupna voda u tlu. Voda utječe i na procese u tlu jer otapa hranjive tvari koje biljka pomoću korjenovog sustava prima s vodenom otopinom tla i raspodjele u organe biljke, pri čemu iz jednostavnih tvari fiziološkim procesom nastaju složene organske tvari. Pomoću vode u tlu neprekidno se dešavaju pedogenetski procesi što obuhvaća trošenje primarnih i stvaranje sekundarnih minerala gline, akumulacija i transformacija organske tvari i dr. i biološki procesi kao što su humifikacija i mineralizacija, koji utječu na tvorbu tla. Voda i mikroorganizmi uzrokuju neprestano kruženje tvari i energije tlu.

Količina vode u tlu ovisi o više čimbenika, kao što su tekstura i struktura tla, ukupni sadržaj pora u tlu odnos makropora i kapilarnih pora, sadržaj organske tvari u tlu. Tako npr. tla glinovite teksture zbog veće aktivne površine čestica i većeg sadržaja pora, pogotovo mikropora vežu i zadržavaju veću količinu vode nego tla grubljih teksturnih frakcija (pjeskovita). Organska tvar (humus) ima veliku sposobnost vezanja i zadržavanja vode u tlu, i do nekoliko puta veću od njezina sadržaja u tlu.

Voda se u tlu prema obliku vode i snazi držanja za čestice tla, najčešće dijeli na (Šimunić, 2013):

- kemijsku vodu,
- higroskopnu vodu,
- opnenu vodu,
- kapilarnu vodu,
- gravitacijsku (procjednu) vodu

#### 2.2.5. Kemijska voda

Kemijska voda je sadržana u različitim kemijskim spojevima, odnosno solima tla. Prema obliku u kojem se nalazi u kristalima određenih soli, može biti kristalna i konstrukcijska voda. Kristalna voda u sastavu soli je u obliku molekula, dok je konstrukcijska voda u obliku  $\text{OH}^-$  iona. Kemijska voda spada u kategoriju vezane vode. Drži se silom što odgovara tlaku većem od 5000 bara te je nepristupačna biljkama (Šimunić, 2013).

### 2.2.6. Higroskopna voda

Higroskopna voda je zapravo vlaga, koja se u obliku molekula adsorbira na površini koloidnih čestica tla i pri tom nastaje molekularna opna. Čestice tla drže molekularnu opnu silom koja odgovara tlaku od 30 bara do 1000 bara. Higroskopna voda je čvrsto vezana za koloidne čestice, nepokretna je i nepristupačna biljkama (Šimunić, 2013).

### 2.2.7. Opena voda

Opena voda je u tekućem obliku i obavija koloidne čestice tla u obliku opne ili filma. Povećanjem vlage u tlu stvara se početna tanka opna, a ujedno se smanjuje sila držanja vode za čestice tla. U trenutku kad vlaga tla dosegne vrijednost da je njezina sila držanja manja od 30 bara nastaje opena voda. Interval vlažnosti opnene vode završava kod stanja vlažnosti tla koja odgovara točki venuća ili dvostrukoj vrijednosti higroskopiciteta, tj. sili držanja koja odgovara tlaku od 15 bara. Opena voda čvrsto je vezana za koloidne čestice i nepristupačna je biljkama (Šimunić, 2013).

### 2.2.8. Kapilarna voda

Kapilarna voda se nalazi u kapilarnim porama tla i drži se silama površinske napetosti čestica tla. Zbog jačih adhezivnih sila od sile gravitacije kapilarna voda se zadržava u kapilarnim porama. Kapilarna voda je u tekućem obliku i giba se u svim smjerovima po gradijentu vlažnosti, od vlažnijeg dijela tla prema manje vlažnom dijelu tla. Drži se silama koje odgovaraju tlaku od 15 bara. Do 0,33 bara. Prema pokretnosti u tlu kapilarna voda može biti: nepokretna, teže pokretna i lako pokretna kapilarna voda. Nepokretna kapilarna voda drži se silom koja odgovara tlaku oko 15 bara i biljkama je nepristupačna. Teže pokretna kapilarna voda drži se silom koja odgovara tlaku oko 15 bara pa do sile držanja voda koja odgovara tlaku od 6,25 bara i biljkama je teže pristupačna. Lako pokretna kapilarna voda drži se silama koje odgovaraju tlaku od 6,25 bara pa da 0,33 bara i biljkama je lako pristupačna te predstavlja najkorisniju vodu za biljke (Šimunić, 2013).

### 2.2.9. Gravitacijska ili procjedna voda

Gravitacijska ili procjedna voda je slobodna voda, nastaje u trenutku kad su sve pore tla popunjene vodom, odnosno kad je tlo potpuno zasićeno vodom. Stanje potpunog zasićenja pojavljuje se nakon obilnijih kiša, otapanja većih količina snijega, poplava ili nakon navodnjavanja prekomjernom količinom vode. Kod stanja potpunog zasićenja tlo ne drži vodu već se ona pod utjecajem sile gravitacije procjeđuje kroz makropore. Stanje potpune zasićenosti nepovoljno je za rast biljaka (Šimunić, 2013).

### 2.3. Analiza vode

Analiza vode je određivanje organoleptičkih, mikrobioloških, fizikalno-kemijskih i drugih svojstava vode zbog utvrđivanja njezine zdravstvene ispravnosti.

Organoleptička svojstva obuhvaćaju određivanje boje, mutnoće, okusa i mirisa. Mikrobiološka svojstva obuhvaćaju određivanje broja patogenih i drugih mikroorganizama.

Fizikalno-kemijska svojstva obuhvaćaju određivanje temperature, koncentracije  $H^+$  iona, utrošak  $KMnO_4$ , elektrovodljivost, ukupni suhi ostatak, ukupnu tvrdoću, otopljeni kisik, suspendirane tvari, slobodni ugljikov dioksid, sumporovodik, slobodni rezidualni klor i azbest.

Pored navedenih sastojaka ispitivati se mogu i udjeli drugih sastojaka vode što ovisi o namjeni vode. Kod industrijskih otpadnih voda određuju se udjeli sastojaka koji su karakteristični za pojedinu proizvodnju. Osim industrijskih, ispituju se i otpadne vode domaćinstava. Opseg ispitivanja kakvoće vode ovisi o prirodi vode te njezinoj namjeni. Prema namjeni razlikuju se vode za piće, vode za pripravu sokova i piva, vode za napajanje kotlova, hlađenje i slično (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).

### 2.4. Način uzimanja uzorka vode za analizu

Uzimanje uzoraka vode za određivanje fizikalno-kemijskih i organoleptičkih svojstava izvršiti se mora prema propisanom postupku. Uzorak vode uzima se u čistu staklenku ili u plastičnu posudu u količini koja je dostatna za izvršenje analiza. Prije punjenja u uzorka u posudu, posudu je potrebno dva do tri puta isprati vodom od koje se uzima uzorak. Boce se zatvaraju staklenim ili plutenim čepom. Pri uzimanju uzorka svaku bocu u kojoj se nalazi

uzorak potrebno je označiti etiketom koja sadrži podatke o vrsti vode, vremenu uzimanja uzorka i mjestu, temperaturi vode, te temperaturi zraka na mjestu uzimanja uzorka.

Postupak uzimanja uzorka vode (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000):

1. Iz vodovoda se voda uzima stavljanjem boce pod mlaz, nakon što je prethodno voda istjecala 10 minuta,
2. Iz izvora uzorak se uzima stavljanjem boce pod mlaz,
3. Vodu iz bunarskih pumpi prije uzimanja uzorka treba se lagano ispumpavati 15 do 20 minuta, da se izbjegne zamućenje,
4. Iz površinskih voda uzorak se uzima na približno 15 cm ispod površine, pri čemu bocu treba okrenuti prema struji, čime se izbjegava prljanje vode nečistoćama s površine i muljem.

## 2.5. Boja

Razlikuje se boja vode u velikim količinama, odnosno vode rijeke ili jezera od boje vode u boci. Prirodna obojenost vode sastoji se od vlastite boje i boje koju reflektira nebo. Voda u prirodi može imati obojenost koja je karakteristična, dok se međutim boja vode u boci često ne primjećuje. Boja se određuje promatranjem prema bijeloj podlozi. Zbog određivanja boje voda se stavlja u bezbojnu bocu duboku od 10 do 15 cm. Boja mutne vode određuje se u nefiltriranoj vodi i vod filtriranoj kroz kvalitativni filter. Intenzitet boje označava se sa: „slabo obojena“, „obojena“ ili „jako obojena“ i takvoj oznaci dodaje se nijansa tona. Boja se može odrediti pomoću Helige-ovog komparatora ili kolorimetrijsko pomoću kobalt-platinske skale (Glauser-Šolja et al., 1982).

## 2.6. Mutnoća

Mutnoću vode čine suspendirane anorganske tvari, dispergirane organske tvari, te mikroorganizmi i slično. Mutnoća se određuje uspoređivanjem uzoraka vode sa standardnim vodenim suspenzijama silikatne zemlje, koje se drže u bocama od bezbojnog stakla. Uspoređivanje se vrši bez upotrebe optičkih instrumenata (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).



## 2.7. Miris

Miris vode određuje se organoleptički na sobnoj temperaturi, a često se može utvrditi pri uzimanju uzorka. Intenzitet mirisa raste sa porastom temperature, pa se na višim temperaturama može lakše utvrditi. Miris se izražava opisno prema nekom sličnom ili poznatom materijalu, a intenzitet se boduje. Miris se određuje neposredno nakon uzorkovanja, a najjasnije u roku od dva sata. Može se odrediti na terenu i u laboratoriju prije početka kemijske analize (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).

## 2.8. Okus

Okus vode se određuje na terenu ili u laboratoriju ako se ne sumnja na mikrobiološku i toksikološku ispravnost vode, odnosno samo ako je isključena mogućnost infekcije ili trovanja. Provjera okusa vode obavlja se ukoliko je dezinficirana i kontrolirana. Da bi se okus vode odredio, usna šupljina mora biti „pripremljena“. Prije ocjenjivanja okusa ne smije se piti niti jesti ništa gorko, kiselo, ljuto ili bilo kojeg drugog intenzivnog okusa. Okus vode također se teško određuje nakon pušenja ili konzumiranja alkoholnih pića (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).

Tablica 1. Sustav bodovanja intenziteta okusa i mirisa od 0 do 5 bodova (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000)

BROJ BODOVA	INTENZITET	OPISANO ODREĐIVANJE
0	Bez okusa (mirisa)	Okus (miris) se ne osjeća
1	Vrlo slab okusa (mirisa)	Osjećaju samo iskusne osobe
2	Slab okus (miris)	Potrošači ne osjećaju sve dok im se ne skrene pažnja
3	Osjetan okus (miris)	Okus (miris) se lako osjeća i može biti povod za žalbu
4	Jasan, upadljiv okus(miris)	Okus (miris) se zapaža i može izazvati nelagodu kod potrošača
5	Vrlo jak okus (miris)	Okus (miris) je takvog intenziteta da voda nije pogodna za piće

## 2.9. Temperatura

Mjerenje temperature vode potrebno je provoditi pri kontroli uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, pri postupcima hlađenja u procesima u industriji, kao i pri izračunavanju koncentracije otopljenog kisika i određivanju acidobazne ravnoteže. Temperatura vode utječe na okus vode (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).

## 2.10. Koncentracija $H^+$ iona – pH vode

pH u prirodnim vodama regulira ravnoteža ugljik-dioksida i karbonata i nalazi se u intervalu od 4,5 i 8,5. Na pH utječu tvari humusa koje mijenjaju karbonatnu ravnotežu, biološka aktivnost bilja, a u nekim slučajevima soli koje se mogu hidrolizirati. Otpadne i zagađene vode mogu imati niže ili više pH-vrijednosti. Zbog utjecaja pH na kemijska i biološka svojstva vode, određivanje pH je jako značajno, na primjer, za suzbijanje korozije i kontroliranje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (Čoha, 1990).

Koncentracija vodikovih iona i pH određuju se mjerenjem elektromotorne sile u članku koji sadrži indikatorsku elektrodu, koja se stavlja u ispitivani uzorak i referentnu elektrodu. Kontakt između ispitivane i referentne elektrode postiže se spajanjem tekućina koje su sastavni dio referentne elektrode. Razlika od jedne pH jedinice stvara potencijalnu promjenu od 58,16 mV na 20 °C ili 59,16 mV na 25 °C. Elektromotorna sila mjeri se pH-metrom, odnosno voltmetrom visokog otpora podešenim na pH vrijednost. Voda za piće mora reagirati neutralno do slabo alkalno (pH=7,0-7,4) jer kisele vode nagrizaju vodovodne cijevi, dok alkalne stvaraju talog (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).

Elektromotorna sila je razlika između dviju različitih elektroda koje su uronjene u isti elektrolit ili između dvaju polučlanaka spojenih elektrolitnim mostom (Anonymus\_1, 24.04.2017., url).

## 2.11. Elektrovodljivost

Određivanje elektrovodljivosti obuhvaća mjerenje elektrovodljivosti vode i njezine recipročne vrijednosti – električnog otpora. Elektrovodljivost je recipročna vrijednost otpora u omima, mjerena između dviju suprotnih strana kocke jednog kubičnog centimetra vodene otopine pri određenoj temperaturi. Standardna jedinica za elektrovodljivost je mikro simens

po centimetru ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Elektrovodljivost za destiliranu vodu je od 0,01 do 0,05  $\text{mS}/\text{cm}$ . Vrijednost se povećava i do dva puta apsorpcijom atmosferskog ugljikovog dioksida.

Temperatura utječe na elektrovodljivost koja varira oko 2 % na 1 °C. Standardna temperatura za određivanje elektrovodljivosti je 25 °C. Određivanje treba biti na navedenoj ili što bližoj temperaturi. Otopljeni ugljični dioksid povećava vodljivost, međutim njegov utjecaj nije velik, a njegovo otklanjanje iz tvrde vode ne može se postići bez taloženja kalcijeva karbonata. Zbog toga se utjecaj ugljičnog dioksida zanemaruje pri analizi vode. Također uzorci s niskom pH vrijednošću pokazuju veliku elektrovodljivost zbog visoke ekvivalentne vodljivosti vodikovih iona (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).

## 2.12. Utrošak Kalijevog permanganata

Potrošnja kalij-permanganata pri standardnim uvjetima izvođenja analize predstavlja mjerilo sadržaja organskih tvari u vodi. Naime, voda koja sadrži organske supstance ljudskog, biljnog, životinjskog ili industrijskog podrijetla utrošit će određenu količinu  $\text{KMnO}_4$  za njihovu oksidaciju. Količina utrošenog  $\text{KMnO}_4$  zavisi od količine organskih tvari u vodi, ali i od njihove kemijske strukture (Čoha, 1990).

## 2.13. Klor

Klor i njegovi spojevi najčešće upotrebljavaju se kao sredstva za dezinfekciju vode, bilo da se radi o dezinfekciji manjih količina vode u domaćinstvu ili na terenu, pa sve do dezinfekcije velikih količina vode u vodovodima (Mijatović, 1996).

Klor s dietil-p-fenilendiaminom daje crveno obojenje čiji je maksimum apsorpcije na 515 nm. Jačina boje se mjeri spektrometrom ili pomoću komparatora vizualno se uspoređuje sa standardima. Bez prisutnosti jodida reagira samo slobodni klor, i drugi spojevi klora koji imaju oksidirajuća svojstva. Uz određivanje ukupnog klora, uz modifikaciju metode moguće je odrediti posebno slobodni i vezani klor. Spektrometrijskom metodom moguće je odrediti koncentracije od 0,05mg/l klora, a ukoliko je određivanje vizualno *Helligeovim komparatorom*, najniža koncentracija je 0,1 mg/l. Smetnje pri određivanju mogu uzrokovati: mangan u višem oksidacijskom stupnju, (izbjegava se reakcijom s DPD-reagensom u prisustvu natrijeva arsenita); bakar u koncentraciji do 10 mg/l; jodidni ioni pri čemu su u rezultat uključeni kloridni spojevi sa oksidirajućim svojstvima. Bez prisutnosti jodidnih iona

određuje se samo klor. Klor u koncentraciji iznad 4 mg/l može obezbojiti uzorak, te se pritom vrši razrjeđenje (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).

#### 2.14. Ukupna tvrdoća

Tvrdoća vode mjera je za sadržaj kalcijevih i magnezijevih soli, koje čine tzv. „kamen kotlovač“. Zato prirodna voda zove se „tvrdom“ vodom, jer uparivanjem daje tvrdi kamen kotlovač. Prema tome, sadrži li neka voda više ili manje kalcijevih ili magnezijevih soli, ona može biti tvrda ili mekša. Da bi se mogla mjeriti tvrdoća vode i uspoređivati različite vode različitih tvrdoća, ustanovljena je jedinica za tvrdoću vode, a to je stupanj tvrdoće. Postoje njemački, engleski i francuski stupnjevi. U Hrvatskoj upotrebljava se njemački stupanj. 1 °nj tvrdoće ima ona voda koja u jednoj litri sadrži 10 mg CaO ili ekvivalentnu količinu 7,19 mg MgO. Kemijskom analizom možemo ustanoviti koliko neka voda sadrži kalcijevih i magnezijevih soli izraženo u miligramima CaO i MgO u litri.

Ukupnu tvrdoću sačinjavaju u vodi sadržane sve kalcijeve i magnezijeve soli, odnosno ne samo one koje su vezane na ugljičnu kiselinu u obliku bikarbonata i karbonata, već i one koje su vezne na sumpornu, solnu i dušičnu kiselinu (Mijatović, 1996).

Tablica 2. Kvaliteta vode prema ukupnoj tvrdoći (Wikipedia, 05.03.2017., url)

TVRDOĆA °dH	KVALITETA VODE
0-5	vrlo mekana
5-10	mekana
10-15	umjereno tvrda
15-25	tvrda
Preko 25	vrlo tvrda

#### 2.15. Željezo

Željezo pripada najrasprostranjenijem elementu. Zemljina kora sadrži oko 4,7 % željeza. Vode koje sadrže željeza su kod uzimanja uzoraka bistre. Za kratko vrijeme stajanja, u dodiru sa zrakom voda se zamuti. Isprva se u kontaktu s kisikom iz zraka izlučuje

oksidirano 3-valentno željezo, koje se konačno u obliku flokula istaloži na dno kao crveno-smeđi mulj. Koncentracije od 0,3 mg/l željeza u pitkoj vodi izaziva zamućenje, a veće koncentracije okus po tinti. Vode koje sadrže željezo nisu za tehnološke procese prikladne u tekstilnoj industriji (radi smetnji kod pranja), u kožnoj i papirnoj industriji, a također iznad gornjih dozvoljenih granica u prehrambenoj industriji i kao kod vode za piće. Osim toga željezo u vodoopskrbnoj mreži mogu izazvati razmnožavanje nekih mikroorganizama (Mijatović, 1996).

## 2.16. Mangan

Mangan je prijeko potreban za život biljaka i životinja te nastaju smetnje u rastu ako ga u tlu ili hrani nema dovoljno. Esencijalan je za sve vrste, blago toksičan ako se proguta, a smrtonosna doza mu je:  $LD_{50} = 1715 \text{ mg kg}^{-1}$ . Mangan je u malim količinama važan za ljudski organizam i dnevno ga se ishranom mora unositi u količini 10-20 mg, a njegovo pomanjkanje usporava rast i skraćuje životni vijek jer sudjeluje u reprodukcijским procesima. Mangana ima u žitaricama i različitim sjemenkama, osobito u kavi i čaju. U većim količinama je otrovan. Trovanja nastaju udisanjem para mangana, prašine oksida ( $MnO_2$ ) ili nekog drugog spoja. Dozvoljena koncentracija mangana u radnim prostorijama je do 5 mg u  $m^3$  zraka, a u vodi za piće 50  $\mu\text{g/l}$  (Wikipedia, 10.03.2017., url).

## 2.17. Kloridi

Metoda je primjenjiva za direktno određivanje otopljenih klorida u vodi u koncentraciji od 5 do 150 mg/l. Koncentracije klorida do 400 mg/l mogu se odrediti upotrebom birete većeg obujma ili razrjeđivanjem uzorka vode. Uzorak vode u kojem se određuju otopljeni kloridi treba imati pH-vrijednost između 5 i 9,5. Uzorak se titrira otopinom srebrenog nitrata uz prisutnost kalijeva kromata kao indikatora. Na početku titracije nastaje bijeli, netopljivi srebreni klorid, a završnu točku titracije označava pojava crveno-smeđe boje koja potječe od srebrenog kromata nastalog reakcijom suviška srebrenih iona s kromatnim ionima (Kuleš & Habuda-Stanić, 2000).

## 2.18. Amonijak

Amonijak u podzemnim vodama može biti prisutan kao rezultat kemijskih i bioloških procesa. Biološki procesi se odvijaju u prisustvu bakterija u anaerobnim uvjetima. Povećane koncentracije iona amonijaka izrazite su u podzemnim vodama dubokih arteških bunara. Amonijak u vodi indikator je moguće bakterijske aktivnosti, kanalizacijskog i životinjskog otpada. Prirodan nivo amonijaka u podzemnim i površinskim vodama je ispod 0.2 mg/l, dok anaerobne podzemne vode mogu sadržavati do 3 mg/l (Anonymus\_2, 05.04.2017., url).

## 2.19. Nitrati

Nitrati su soli dušične kiseline i predstavljaju krajnji produkt oksidacije dušičnih spojeva. Nitrati se mogu pronaći u tlu, odakle se šire u okolišu, tako da ih se može pronaći u hrani, atmosferi i vodi. Više koncentracije se očekuju tamo gdje se koriste gnojiva, pri truljenju životinjskih i biljnih ostataka, u otpadnim vodama iz deponija mulja i smeća i u industrijskom otpadu. Prevelika količina nitrata u vodi za piće izaziva teške bolesti, a ponekad i smrt (Anonymus\_3, 05.04.2017., url).

## 2.20. Nitriti

Nitriti se prirodno pojavljuju kao dio dušičnog ciklusa. Nitritni ion je vrlo nepostojan i u aerobnoj zoni pod utjecajem kisika oksidira do nitrata, a uz pomoć bakterija Nitrobacter. Nitriti se koriste kao gnojivo i oksidacijski agens u kemijskoj industriji. Nitriti u vodi mogu također biti dokaz svježeg fekalnog zagađenja. Kada se nitriti nađu u vodi u značajnoj količini, to je znak zagađenja otpadnih voda bakterijama i oličenje neadekvatne dezinfekcije. Mogu se naći u otpadnim vodama i otpadnim vodama deponija, poljoprivrednih površina i oborinske kanalizacije gradova (Anonymus\_3, 05.04.2017., url).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Zadatak

Provođenje kemijske analize vode kojom je potrebno odrediti pojedine parametre u vodi za piće i provjeriti jesu li ti parametri unutar propisanih dozvoljenih količina, te utvrditi je li voda za piće zdravstveno ispravna. U ovom slučaju određuju se boja, mutnoća, miris, okus, temperatura, koncentracija vodikovih iona, elektrovodljivost, utrošak kalijevog permanganata, slobodni klor, ukupna tvrdoća, željezo, mangan, kloridi, amonijak, nitrati i nitriti. Uzorkovanje vode provedeno je na 5 različitih lokacija na području Požeško-slavonske županije.

Tablica 3. Popis uzoraka za analizu

BROJ UZORKA	DATUM UZORKOVANJA	MJESTO UZORKOVANJA	VRSTA UZORKA
1.	03.03.2015.	BRESTOVAC	VODA ZA LJUDSKU POTROŠNJU
2.	09.03.2015.	O. Š. VELIKA	VODA ZA LJUDSKU POTROŠNJU
3.	09.03.2015.	O. Š. KAPTOL	VODA ZA LJUDSKU POTROŠNJU
4.	09.03.2015.	O. Š. JAKŠIĆ	VODA ZA LJUDSKU POTROŠNJU
5.	09.03.2015.	KUTJEVO	VODA ZA LJUDSKU POTROŠNJU
6.	16.03.2015.	O. Š. VELIKA	VODA ZA LJUDSKU POTROŠNJU
7.	16.03.2015.	O. Š. KAPTOL	VODA ZA LJUDSKU POTROŠNJU

#### 3.2. Određivanje mutnoće vode

Uređaj za određivanje mutnoće vode je turbidometar. Metoda je zasnovana na efektu rasipanja svjetlosti koja nastaje pri prolasku kroz uzorak koji sadrži netopljene čestice. Dva detektora optičkog sistema uravnotežavaju boju u uzorak, promjenu svjetla i slučajno (zalutalo) svjetlo omogućujući primjenu na velikom broju uzoraka pod različitim uvjetima.

Svjetlost je fokusirana i prolazi kroz uzorak. Detektor raspršene svjetlosti prima raspršenu svjetlost, a detektor propuštene svjetlosti prima svjetlost koja prođe kroz uzorak. Izlazni signal je odnos dvaju detektora (HRN EN ISO 7027:2001).



Slika 1. Turbidometar (Izvor: autor)

### 3.3. Mjerenje pH

Prije mjerenja pH uzorka koji se ispituje kombiniranu elektrodu treba pažljivo oprati destiliranom vodom, a zatim uzorkom. Otvoriti otvor za punjenje na gornjem dijelu elektrode, uroniti elektrodu okomito u uzorak tako da je „*junction*“ kompletno uronjen u uzorak („*junction*“ je mjesto gdje se spajaju elektrolit i uzorak). Nivo elektrolita u elektrodi treba biti najmanje 2 cm iznad nivoa uzorka koji se mjeri. Mjerenje se vrši u uzorku koji miruje da bi se izbjegao gubitak CO<sub>2</sub> ili drugih hlapljivih sastojaka koji mogu izmjeriti pH vrijednost.

Po završetku mjerenja kombiniranu elektrodu treba isprati destiliranom vodom i čuvati u referentnom elektrolitu (otopini KCl) (HRN EN ISO 10523:2012).





Slika 2. pH metar (Anonymus\_6, 04.04.2017., url)

### 3.4. Mjerenje elektrovodljivosti

Uređaj za mjerenje elektrovodljivosti je konduktometar. Prije mjerenja električne vodljivosti uzorka koji se ispituje standardnu elektrodu treba pažljivo oprati destiliranom vodom, a zatim uzorkom. Uroniti elektrodu okomito u uzorak tako da je temperaturni senzor kompletno uronjen u uzorak. Mjerenje se vrši u uzorku koji miruje da bi se izbjegao gubitak ugljičnog dioksida ili drugih hlapljivih sastojaka koji mogu izmijeniti vrijednosti električne vodljivosti. Po završetku mjerenja elektrodu treba isprati destiliranom vodom, posušiti i čuvati na zraku na sobnoj temperaturi (HRN EN ISO 27888:2008).

### 3.5. Utrošak $\text{KMnO}_4$

U Erlenmeyerovu tikvicu od 300 ml odmjeri se 100 ml uzorka vode, doda 5 ml razrijeđene sumporne kiseline i 15 ml 0,01 N otopine  $\text{KMnO}_4$ . Tikvica se poklopi staklenim lijevkom i zagrijava do vrenja. Od trenutka vrenja zagrijavanje se nastavi još točno 10 minuta. Otopina treba lagano i ujednačeno miješati. Nakon 10 minuta, tikvica se skine s grijače ploče i odmah u vruću otopinu dodaje se 15 ml 0,01 N oksalne kiseline. Otopina se obezbojila, te se titrira s 0,01 N otopinom kalijeva permanganata do pojave slabo ružičaste boje koja je

postojana 30 sekundi. Rezultat se računa prema formuli u koju se uvrštava količina kalij permanganata utrošenog za titraciju. Rezultat se izražava u mg/l (Anonymus\_4, 24.04.2017., url).

### 3.6. Određivanje ukupne tvrdoće

Kod određivanja ukupne tvrdoće u tikvicu od 300 ml stavi se 100 ml uzorka vode. Dodaje se 1 ml amonij pufer (6,75 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  + 57 ml  $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Zatim se dodaje eriokrom crnilo (indikator u zrcima), te se sve titrira s kompleksalom B do pojave plave boje. Utrošak kompleksala B jednak je njemačkom stupnju (HRN EN ISO 6059:1998).

### 3.7. Određivanje ukupnog željeza

Uređaj za određivanje ukupne koncentracije željeza je kolorimetar pri valnoj duljini 510 nm. Koristi se Ferra Ver Metoda (0-3 mg/l Fe). Kiveta se napuni s 10 ml uzorka (slijepa proba). Potrebno je napuniti drugu kivetu s 10 ml uzorka, te dodati sadržaj vrećice Ferra Ver reagensa u drugu kivetu s uzorkom, začepiti i ostaviti kivetu da se otopi reagens prah. Nakon toga se pritisne timer, 3 min (vrijeme reakcije), staviti kivetu u držač, poklopiti poklopcem instrumenta. Stisnuti read, rezultat se pojavi u mg/l Fe (HRN EN ISO 15586:2008).

### 3.8. Određivanje klorida

Za određivanje klorida koristi se tikvica od 300 ml u koju se dodaje se 50 ml uzorka. Zatim se dodaju 2-3 kapi  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  pri čemu nastaje žuto obojenje. Nakon toga vrši se titracija sa automatskom digitalnom biretom, titrira se sa  $\text{AgNO}_3$  do pojave narančaste boje gdje se očitava utrošak  $\text{AgNO}_3$  na bireti (HRN EN ISO 9297:1998).



Slika 3. Kolorimetar (Izvor: autor)

### 3.9. Određivanje amonijaka

Amonijak se određuje dodavanjem 40 ml uzorka vode u čašice u koje se zatim dodaje 4 ml salicilat-citrat otopine i 4 ml amonij reagensa, nakon čega se pojavljuje žuta boja. Ukoliko ima amonijaka u vodi, žuta boja nakon kratkog stajanja prelazi u zelenkastu. te se nakon toga očitava koncentracija pomoću spektrofotometra (HRN EN ISO 11261:1995).

### 3.10. Određivanje nitrata

Uzorak vode stavi se u menzuru i nadopuni do 100 ml destiliranom vodom. Ta se otopina stavi u čistu biretu ispranu istom otopinom. Pipetom se odmjeri točno 20 ml otopine kalijeva permanganata u čistu Erlenmeyerovu -tikvicu i doda 20 mL razrijeđene sumporne kiseline. Otopina se zagrijava na oko 40 °C nakon razrjeđivanja do 100 ml s vodom. Otopini uzorka vode u Erlenmeyerovoj tikvici dodaje se kap po kap i žustro miješa nakon dodatka svake kapi uzorka. Kraj titracije je kada nestane ružičasta boja. Iz volumena potrošenog uzorka vode, tj. nitrata izračuna se njihova koncentracija u uzorku (Anonymus\_4, 24.04.2017., url).

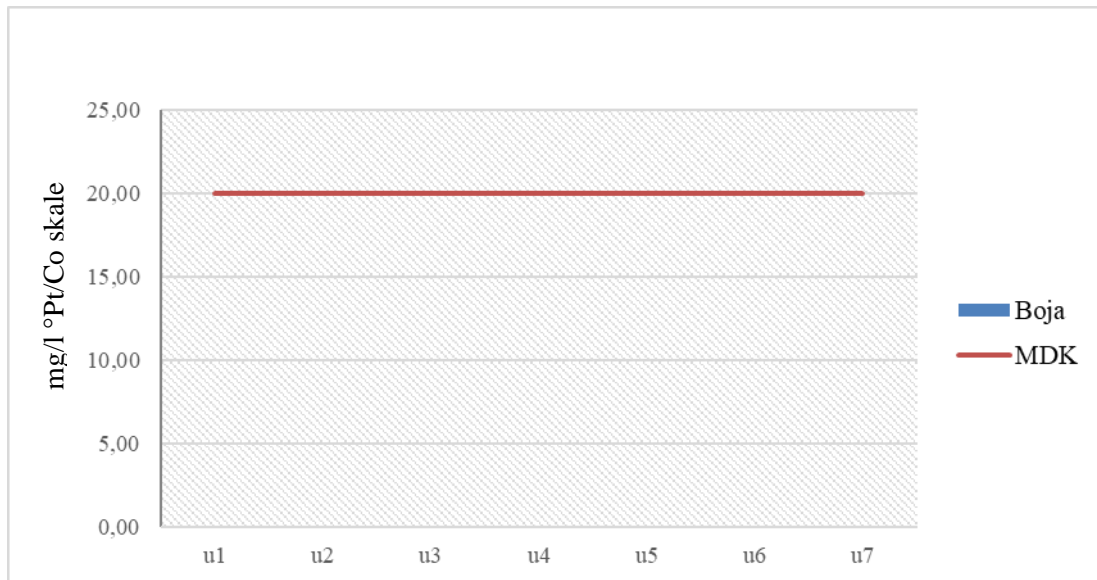
### 3.11. Određivanje nitrita

Za određivanje nitrita u Erlenmyerovu tikvicu od 100 ml odmjeriti 50 ml uzorka. Doda se 1 ml EDTA i 1 ml sulfatne kiseline. Ostaviti da stoji 3-10 min. Nakon toga dodati 1 ml  $\alpha$ -naftilanin i to ostaviti da stoji 5-10 minuta. Mjeri se na spektrometru na valnoj duljini 520 nm. Ukoliko u uzorku ima nitrita javlja se ružičasto obojenje (HRN EN 26777:1998).

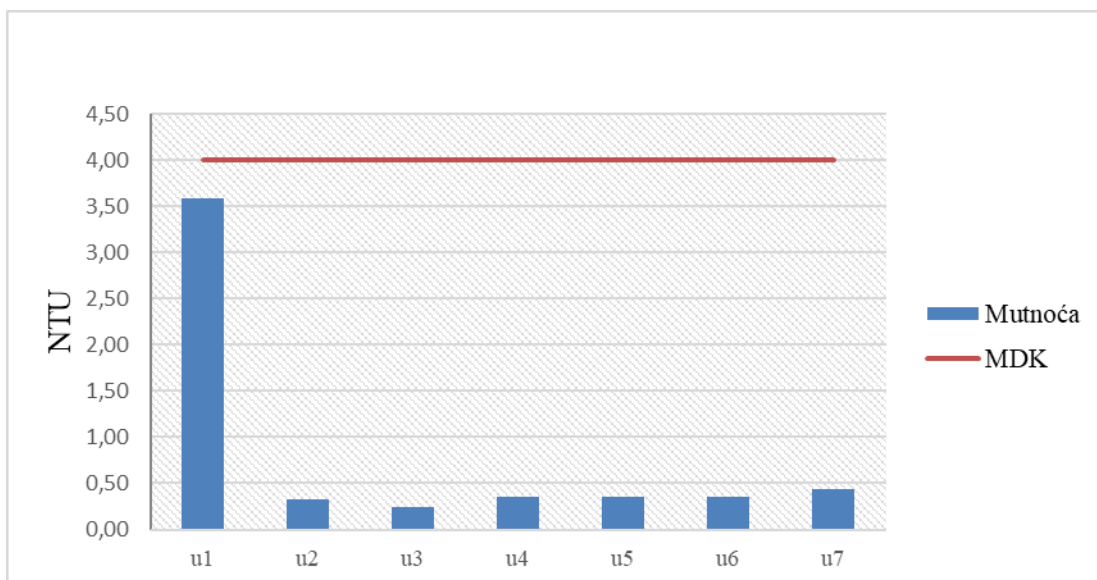


Slika 4. UV/VIS Spektrofotometar (Anonymus\_5, 24.04.2017., url)

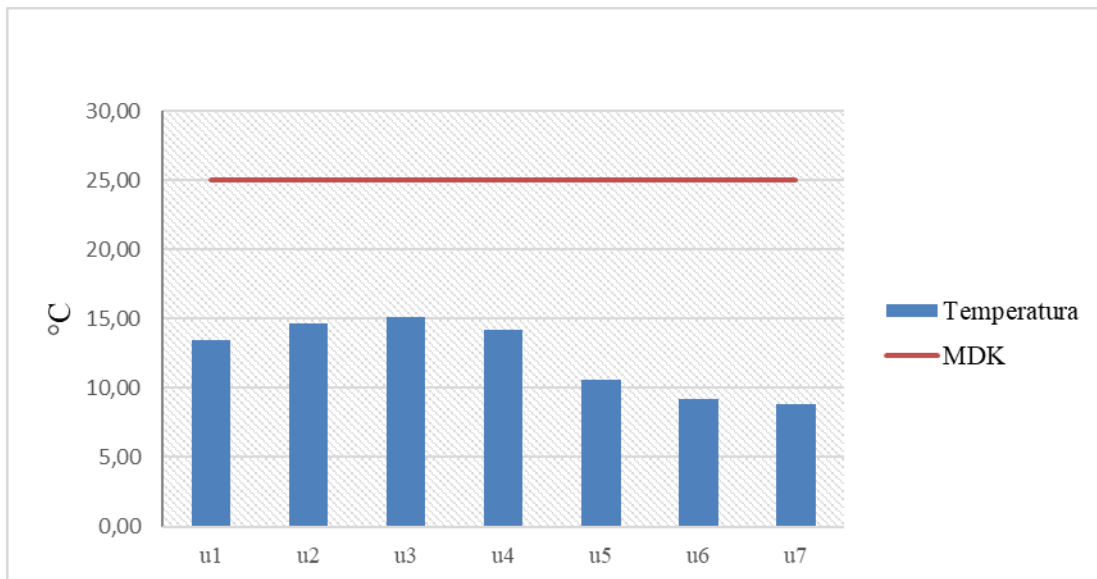
## 4. REZULTATI



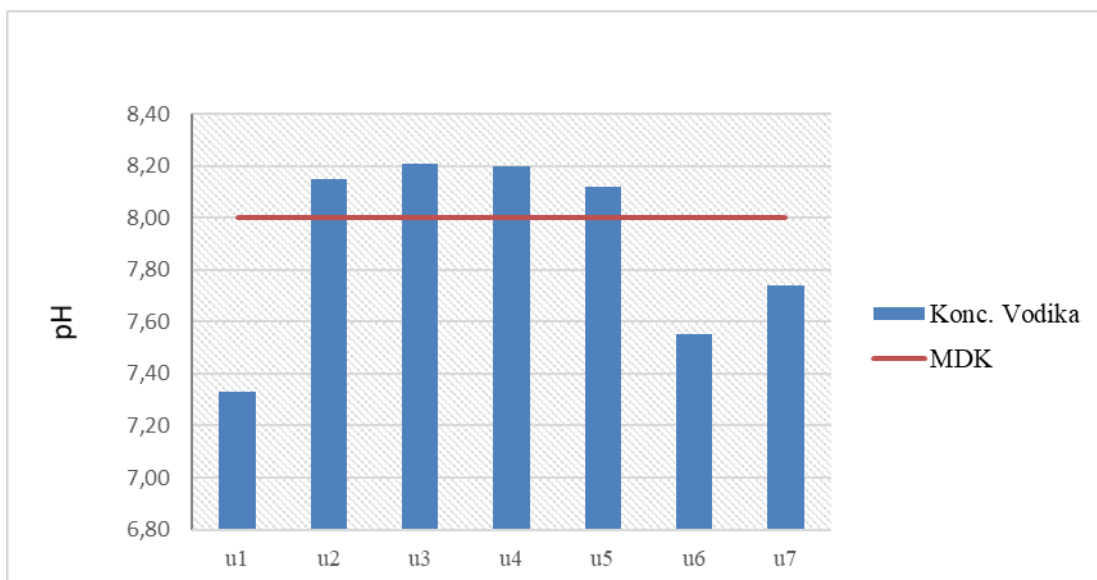
Slika 5. Boja ispitanih uzoraka



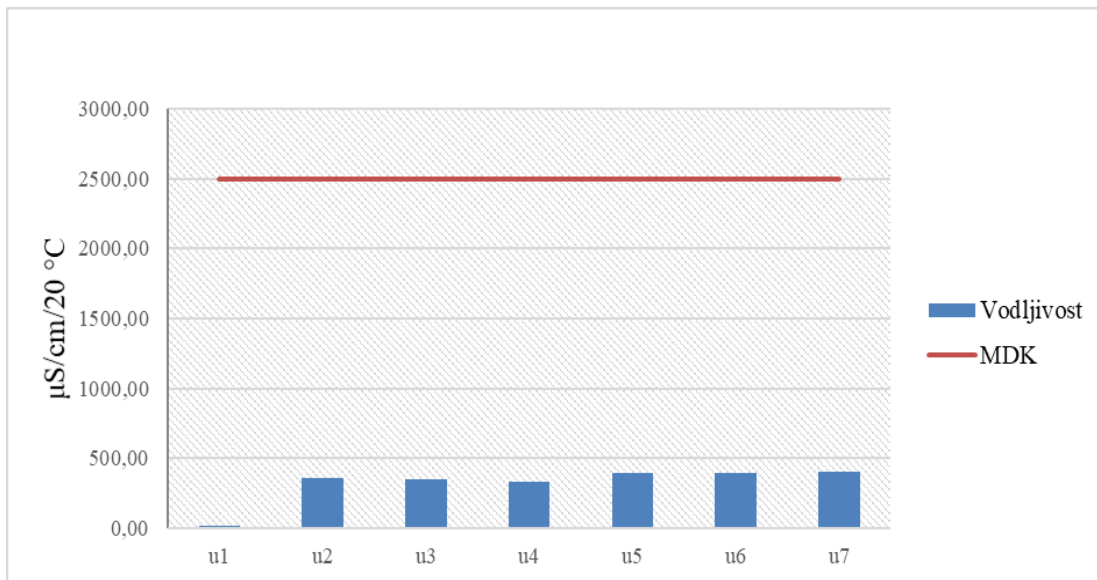
Slika 6. Mutnoća ispitanih uzoraka



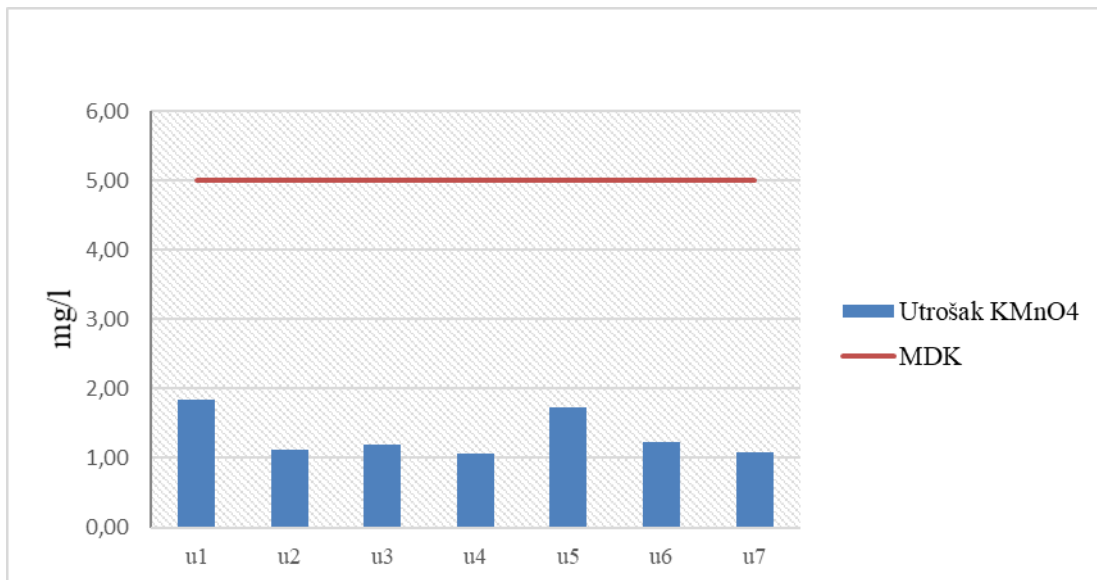
Slika 7. Temperatura ispitanih uzoraka



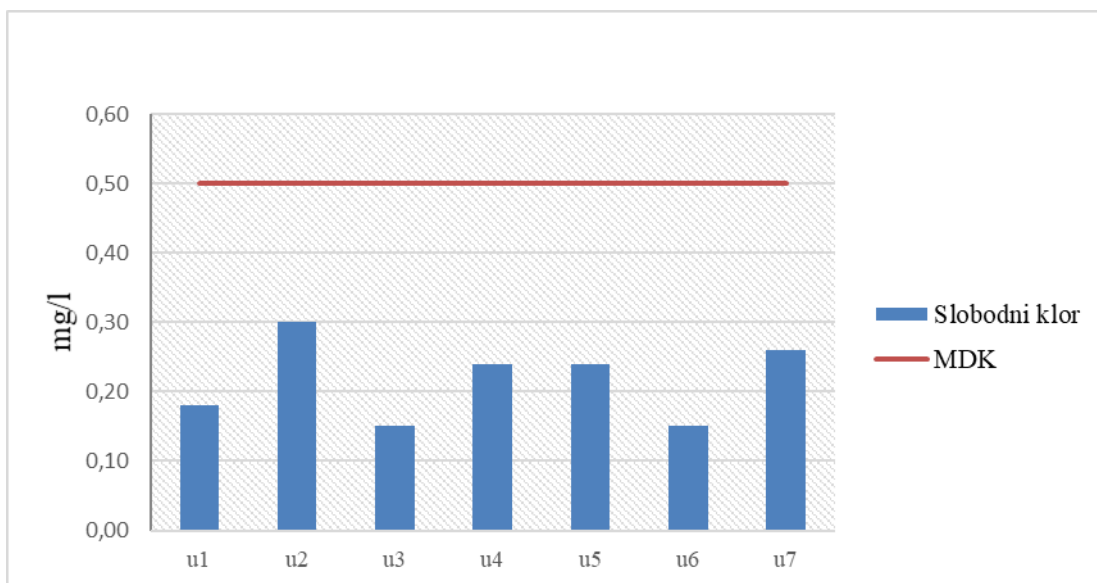
Slika 8. pH ispitanih uzoraka.



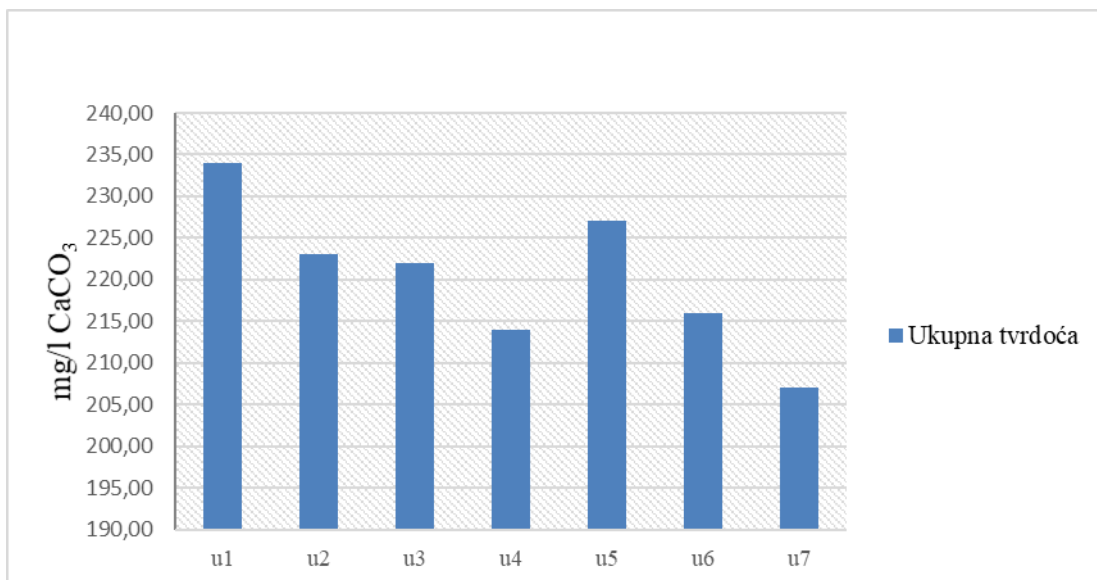
Slika 9. Elektrovodljivost ispitanih uzoraka



Slika 10. Utrošak kalijevo permanganata u ispitanim uzorcima

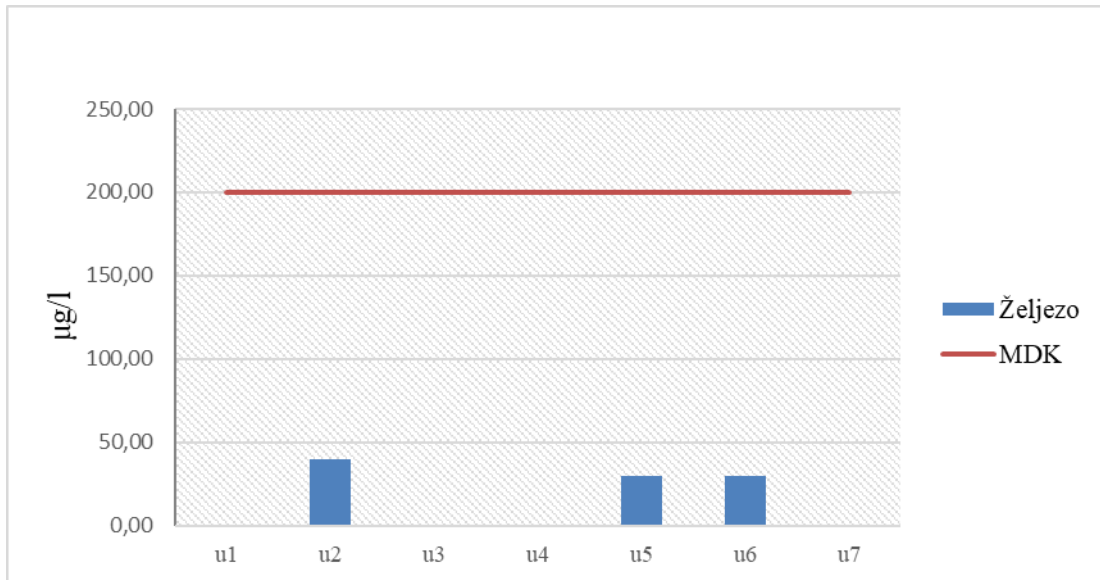


Slika 11. Udio slobodnog klora u ispitanim uzorcima

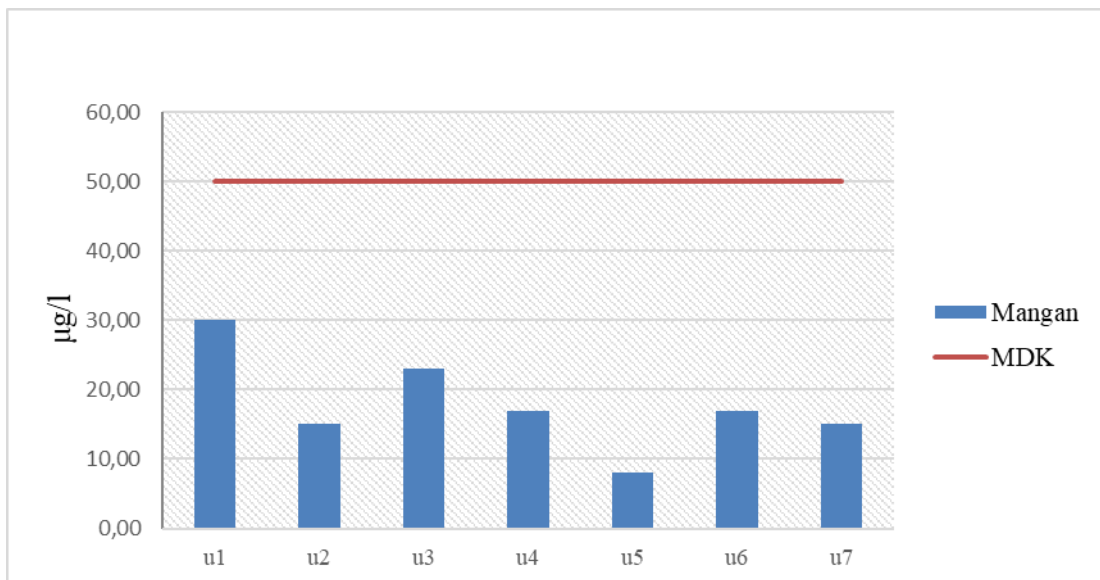


Slika 12. Ukupna tvrdoća ispitanih uzoraka

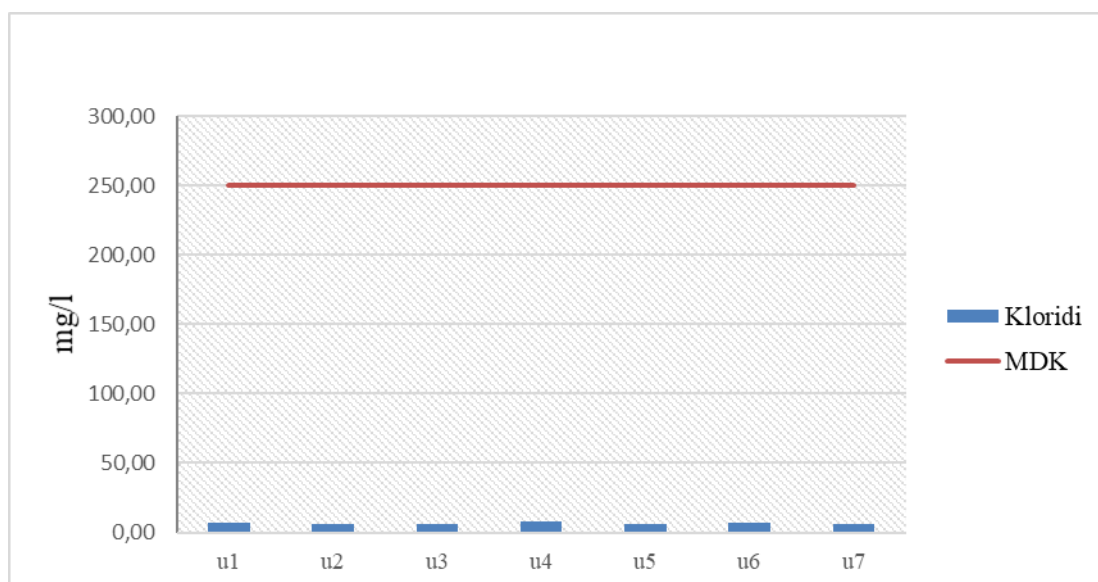




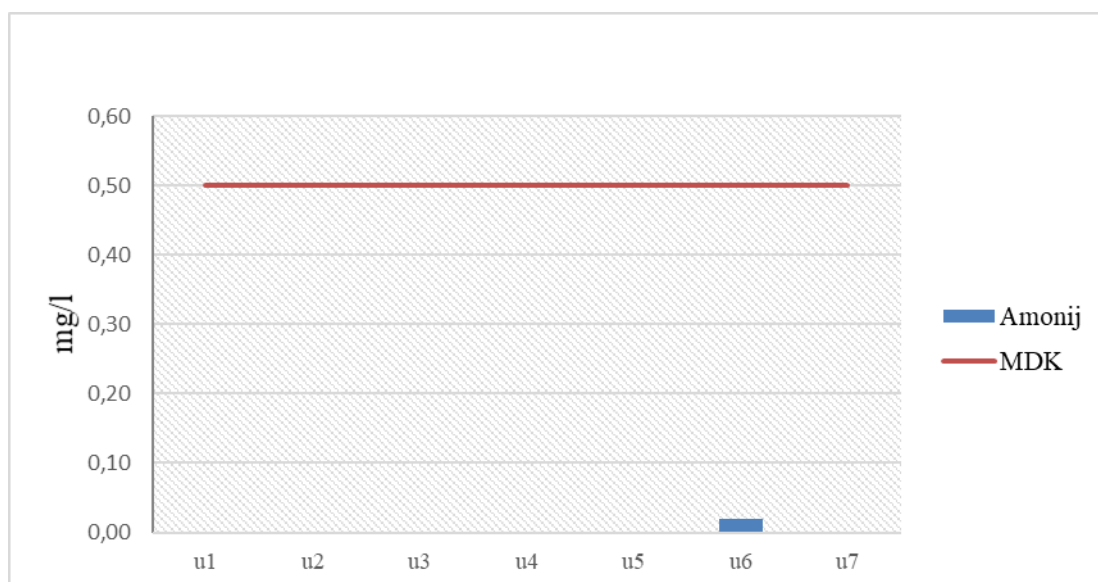
Slika 13. Udio željeza u ispitanim uzorcima



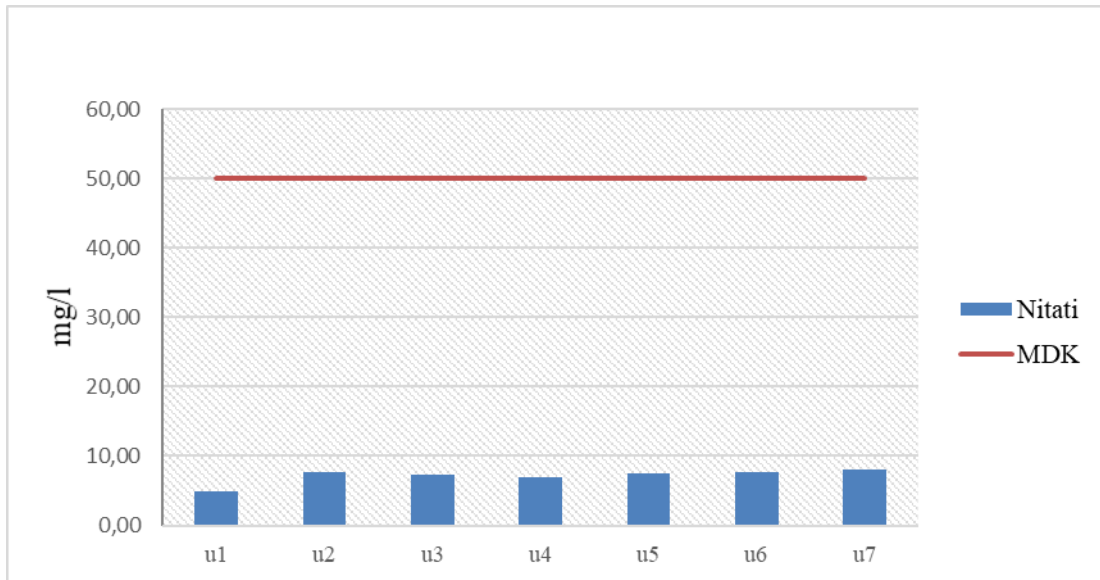
Slika 14. Udio mangana u ispitanim uzorcima



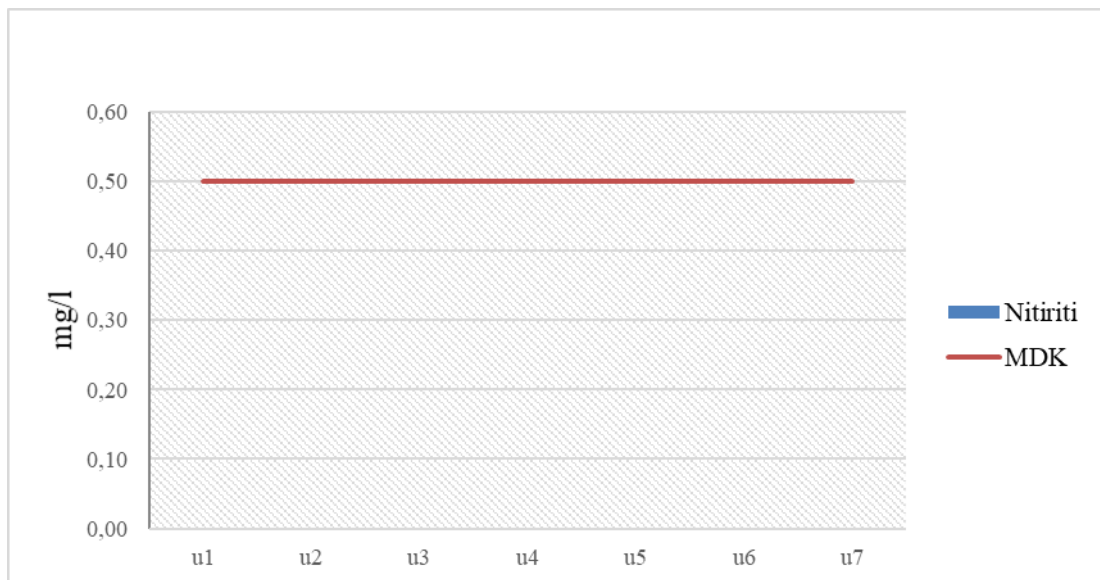
Slika 15. Udio klorida u ispitanim uzorcima



Slika 16. Udio amonijaka u ispitanim uzorcima



Slika 17. Udio nitrata u ispitanim uzorcima



Slika 18. Udio nitrita u ispitanim uzorcima

## 5. RASPRAVA

U ovom radu zadatak je bio provesti kemijsku analizu određenih uzoraka vode, utvrditi je li voda za piće zdravstveno ispravna i jesu li dobiveni rezultati u skladu s maksimalno dopuštenim vrijednostima koje su određene prema zakonskim propisima.

Slika br. 5. prikazuje boju ispitanih uzoraka. Uzorci su slabo obojeni što ukazuje na zdravstvenu ispravnost ispitanih uzoraka.

Slika br. 6. prikazuje mutnoću ispitanih uzorka koja je najviša u uzorku br. 1, međutim vrijednosti su ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija, te su zdravstveno ispravni.

Na slici br. 7. prikazana je temperatura ispitanih uzoraka. Najviša temperatura je očitana za uzorak 3, a najmanja za uzorak 7. Rezultati ukazuju na zdravstvenu ispravnost svih uzoraka.

pH uzoraka prikazuje slika br. 8. Najviši pH su imali uzorci 2, 3, 4 i 5 od kojih je izrazito najviši iznosi 8,21 u uzorku 3. Međutim, zakonski dozvoljene vrijednosti su u rasponu od 6,5-9,5 pH, što ukazuje da nema odstupanja ispitanih uzoraka, te da su ispitani uzorci zdravstveno ispravni.

Slika br. 9. prikazuje elektrovodljivost ispitanih uzoraka. Vrijednosti su ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija, te su uzorci zdravstveno ispravni.

Utrošak kalijevog permanganata u ispitanim uzorcima prikazan je na slici br. 10. gdje je vidljivo da je najveća koncentracija u uzorku 1, a najmanja u uzorku 4, te da su vrijednosti ispitanih uzoraka ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija i zdravstveno ispravni.

0,15 mg/l najmanja je koncentracija slobodnog klora ispitivanih uzoraka dokazana u uzorcima 3 i 6, dok je najviša koncentracija 0,30 mg/l dokazana u uzorku 2. Maksimalno dopuštena vrijednost slobodnog klora iznosi 0,50 mg/l, što ukazuje na zdravstvenu ispravnost ispitanih uzoraka. Svi rezultati su prikazani na slici br. 11.

Ukupna tvrdoća ispitanih uzoraka prikazana je na slici br. 12. Najviša vrijednost ukupne tvrdoće prisutna je u uzorku 1, dok je najmanja u uzorku 7. Nakon provedenih ispitivanja na svim uzorcima rezultati ukazuju na to da se voda sa područja grada Požege i okolice ubraja u tvrde vode.

Slika br. 13. prikazuje udio željeza. Najviša koncentracija željeza dokazana je u uzorku 2. U uzorcima 5 i 6 koncentracija je ista, no u uzorcima 1, 3, 4 i 7 nije dokazano prisustvo željeza, te rezultati ispitivanja ukazuju na zdravstvenu ispravnost svih uzoraka.

Slika br. 14. prikazuje udio mangana čije su koncentracije najviše u uzorku 1, u koncentraciji od 30 µg/l, a najmanje u uzorku 5 u koncentraciji 8 µg/l. Vrijednosti ispitanih uzoraka su ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija čija je granica 50 µg/l, te je dokazano da su uzorci zdravstveno ispravni.

Na slici br. 15. prikazan je udio klorida u ispitanim uzorcima. Rezultati ispitivanja ukazuju na zdravstvenu ispravnost svih uzoraka.

Slika br. 16. prikazuje udio amonijaka u ispitanim uzorcima. U uzorku 6 očitana je koncentracija amonijaka u iznosu 0,02 mg/l. U svim ostalim uzorcima rezultat je iznosio 0,00 mg/l, a s obzirom na to da je maksimalno dopuštena vrijednost amonijaka u vodi 0,50 mg/l, dokazano je da su svi ispitani uzorci zdravstveno ispravni.

Udio nitrata u ispitanim uzorcima prikazan je na slici br. 17. Rezultati ispitivanja ukazuju na zdravstvenu ispravnost svih uzoraka.

Na slici br. 18. Prikazan je udio nitrita. U niti jednom uzorku nije očitana koncentracija nitrita, te su svi ispitani uzorci zdravstveno ispravni.

Svi ispitivani uzorci vode su sukladni zahtjevima Direktive Vijeća 98/83/EZ od 3. studenog 1998. o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju, Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (2013) i Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (2013).

## 6. ZAKLJUČAK

Prema kemijskoj analizi odabranih 7 uzoraka vode iz javne vodoopskrbe grada Požege i okolice, dobivenim rezultatima mogu se izvesti slijedeći zaključci:

- ispitivanjem uzoraka vode utvrđena je zdravstvena ispravnost svih ispitivanih uzoraka vode
- budući da su svi uzorci u skladu sa zakonski propisanim vrijednostima, može se zaključiti kako postupci koji se provode od strane tvrtke koja opskrbljuje potrošače vodom zadovoljavaju.

## 7. LITERATURA

1. Čoha F. (1990) *Voda za piće – Standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti*. Privredni pregled: Beograd.
2. Duraković S.; Redžepović S. (2002) *Uvod u opću mikrobiologiju: udžbenici Sveučilišta u Zagrebu*. Zagreb: Hinus.
3. Glauser-Šolja M.; Mijatović I.; Piljac I.; Šljivarić Z.; Pošpil O.; Duraković S. (1982) *Priručnik laboratorijske i pogonske analize otpadnih voda*. Zagreb: PBF – Zagreb.
4. Kuleš M.; Habuda – Stanić M. (2000) *Analiza vode*. Osijek: Sveučilište J. J. S. u Osijeku.
5. Mijatović I. (1996) *Tehnologija vode (interna skripta)*. Zagreb: Prehrambeno – biotehnološki fakultet sveučilišta u Zagrebu.
6. Šimunić I. (2013) *Uređenje voda*. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada.
7. International Standard organisation: Determination of total nitrogen. ISO 11261:1995
8. International Standard organisation: Determination of turbidity. ISO 7027:2001
9. International Standard organisation: Determination of pH. ISO 10523:2012
10. International Standard organisation: Determination of conductivity. ISO 27888:2008
11. International Standard organisation: Determination of calcium. ISO 6059:1998
12. International Standard organisation: Determination of total iron. ISO 15586:2008
13. International Standard organisation: Determination of chloride. ISO 9297:1998
14. International Standard organisation: Determination of nitrite. ISO 26777:1998
15. Wikipedia, <https://bs.wikipedia.org/wiki/Voda> (28.02.2017.)
16. Wikipedia, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Tvrdo%C4%87a\\_vode](https://hr.wikipedia.org/wiki/Tvrdo%C4%87a_vode) (05.03.2017.)
17. Wikipedia, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Mangan> (10.03.2017.)
18. Anonymus2, <http://www.nmw.co.rs/nmw/index.php?page=74> (05.04.2017.)
19. Anonymus3, <http://www.nobel.rs/nitrati-nitriti.php> (05.04.2017.)
20. Anonymus1, <http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=elektromotorna+sila> (24.04.2017.)
21. Anonymus4, <http://ipaq.petagimnazija.hr/wp-content/uploads/2013/10/Analiza-vode-i-tla-Materijal-za-ucenike.docx> (24.04.2017.)
22. Anonymus5, <http://www.oasisscientific.com/t80-uvvis-spectrophotometer.html> (24.04.2017.)
23. Anonymus6, <https://www.hogentogler.com/mettler-toledo/fp20-kit-fiveeasy-plus-benchtop-ph-meters.asp> (04.04.2017.)

## POPIS TABLICA, SLIKA I DIJAGRAMA

Tablica 1. Sustav bodovanja intenziteta okusa i mirisa od 0 do 5 bodova

Tablica 2. Kvaliteta vode prema ukupnoj tvrdoći

Tablica 3. Popis uzoraka za analizu

Slika 1. Turbidometar

Slika 2. pH metar

Slika 3. Kolorimetar

Slika 4. UV/VIS Spektrofotometar

Slika 5. Boja ispitanih uzoraka

Slika 6. Mutnoća ispitanih uzoraka

Slika 7. Temperatura ispitanih uzoraka

Slika 8. Koncentracija vodikovih iona ispitanih uzoraka.

Slika 9. Elektrovodljivost ispitanih uzoraka

Slika 10. Utrošak kalijevog permanganata u ispitanim uzorcima

Slika 11. Udio slobodnog klora u ispitanim uzorcima

Slika 12. Ukupna tvrdoća ispitanih uzoraka

Slika 13. Udio željeza u ispitanim uzorcima

Slika 14. Udio mangana u ispitanim uzorcima

Slika 15. Udio klorida u ispitanim uzorcima

Slika 16. Udio amonijak u ispitanim uzorcima

Slika 17. Udio nitrata u ispitanim uzorcima

Slika 18. Udio nitrita u ispitanim uzorcima

## POPIS KRATICA

EDTA-Etilendiamintetraoctena kiselina

ISO-međunarodna organizacija za standardizaciju

LD- Lethal Dose, smrtonosna doza

MDK-maksimalno dozvoljena koncentracija

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



## IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, Ružica Knežević, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog/diplomskog rada pod naslovom: Kemijski parametri vode iz javnog vodoopskrbnog sustava na području grada Požege ožujku 2015. godine, te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, Datum: \_\_\_\_\_

Ime i prezime studenta: \_\_\_\_\_