

# Kemijska kakvoća procjedne vode vinogradskog padinskog tla na pokušalištu Jazbina

---

**Bandov, Iva**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:627203>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-17**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## DIPLOMSKI RAD

# **KEMIJSKA KAKVOĆA PROCJEDNE VODE VINOGRADSKOG PADINSKOG TLA NA POKUŠALIŠTU JAZBINA**

Iva Bandov

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Biljne znanosti

**KEMIJSKA KAKVOĆA PROCJEDNE VODE  
VINOGRADSKOG PADINSKOG TLA NA POKUŠALIŠTU  
JAZBINA**

DIPLOMSKI RAD

Iva Bandov

Mentor:

Doc. dr. sc. Lana Filipović

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## **IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, Iva Bandov, JMBAG 01781110378, rođena 19.07.1997. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

### **KEMIJSKA KAKVOĆA PROCJEDNE VODE VINOGRADSKOG PADINSKOG TLA NA POKUŠALIŠTU JAZBINA**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studentice*



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Ive Bandov**, JMBAG 01781110378, naslova:

### KEMIJSKA KAKVOĆA PROCJEDNE VODE VINOGRADSKOG PADINSKOG TLA NA POKUŠALIŠTU JAZBINA

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |                 |                 |           |       |
|----|-----------------|-----------------|-----------|-------|
| 1. | Doc.dr.sc.      | Lana Filipović  | mentorica | _____ |
| 2. | Izv.prof.dr.sc. | Mario Sraka     | član      | _____ |
| 3. | Doc.dr.sc.      | Vilim Filipović | član      | _____ |

## **Zahvala**

.

## Sadržaj

|      |                                                              |    |
|------|--------------------------------------------------------------|----|
| 1.   | UVOD .....                                                   | 1  |
| 1.1. | Cilj istraživanja.....                                       | 2  |
| 2.   | PREGLED LITERATURE .....                                     | 3  |
| 2.1. | Vinogradska tla i vinogradarska praksa .....                 | 3  |
| 2.2. | Voda u tlu .....                                             | 7  |
| 2.3. | Kakvoća podzemne vode.....                                   | 15 |
| 2.4. | Kakvoća procjedne vode.....                                  | 20 |
| 3.   | MATERIJALI I METODE .....                                    | 24 |
| 3.1. | Pokušalište Jazbina.....                                     | 24 |
| 3.2. | Instalacija tlačnih lizimetara.....                          | 26 |
| 3.3. | Prikupljanje uzoraka procjedne vode .....                    | 29 |
| 3.4. | Laboratorijske analize kemijske kakvoće procjedne vode ..... | 29 |
| 3.5. | Statistička obrada podataka .....                            | 32 |
| 4.   | REZULTATI I RASPRAVA .....                                   | 33 |
| 5.   | ZAKLJUČAK .....                                              | 41 |
| 6..  | POPIS LITERATURE .....                                       | 43 |
|      | Životopis.....                                               | 49 |

## Sažetak

Diplomskog rada studentice **Ive Bandov**, naslova:

### **KEMIJSKA KAKVOĆA PROCJEDNE VODE VINOGRADSKOG PADINSKOG TLA NA POKUŠALIŠTU JAZBINA**

Procjedna voda je voda koja se procjeđuje i ispire kroz dublje slojeve tla te može onečistiti podzemnu vodu koja je glavni izvor vode za piće. Stoga je cilj ovog istraživanja bio odrediti kemijsku kakvoću procjedne vode vinogradskog padinskog tla na pokušalištu Jazbina s obzirom na lokaciju uzorkovanja na padini - vrh, sredina i dno padine. Za interpretaciju rezultata koristio se Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008) te je utvrđeno je da su vrijednosti amonijaka bile više od maksimalno dopuštene koncentracije (MDK) prilikom sva tri uzorkovanja. Statistički značajna razlika s obzirom na položaj na padini utvrđena je za  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$  i  $\text{Na}^+$ , čija je koncentracija u uzorcima procjedne vode bila najviša na vrhu padine, te  $\text{K}^+$  čija je koncentracija bila najviša na dnu padine. Stoga možemo zaključiti da nagib terena ima statistički značajan utjecaj na koncentraciju određenih elemenata u procjednoj vodi.

**Ključne riječi:** vinogradsko tlo, procjedna voda, kakvoća vode, lizimetar



## Summary

Of the master's thesis– student **Iva Bandov**, entitled

### **CHEMICAL QUALITY OF LEACHATE FROM SLOPED VINEYARD SOIL AT JAZBINA EXPERIMENTAL STATION**

Leachate is water which percolates through deeper soil layers and can contaminate groundwater, the main source of drinking water. Therefore, the aim of this study was to determine the chemical quality of leachate from the wick lysimeters installed at sloped vineyard soil at the Jazbina experimental station, with a respect to the sampling position on the slope - top, middle and bottom of the slope. The national legislative on the health safety of drinking water (NN 47/2008) was used for data interpretation, and it was determined that the values of ammonia were higher than the maximum allowable concentration (MDK) during all three sampling dates. Statistically significant difference was found for  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+$ , with their highest concentration measured at the top of the slope, and for  $\text{K}^+$  which had the highest concentration at the bottom of the slope. Data suggest that the slope of the terrain has a statistically significant effect on the concentration of certain elements in percolation water.

**Keywords:** vineyard soil, leachate, water quality, lysimeter

## 1. UVOD

Ukupni potencijali svježe vode u tekućem stanju koji su na raspolaganju za razne čovjekove potrebe u neprestanom su višedesetljetnom opadanju. U razdoblju između 1970. i 2000. godine raspoloživost dostupnih vodnih resursa smanjena je sa 12.900 m<sup>3</sup> na manje od 7.000 m<sup>3</sup> per capita, a u srednjoročnom razdoblju očekuje se dodatno smanjenje za preko 25% te bi u 2025. na raspolaganju bilo oko 5.100 m<sup>3</sup> vode po stanovniku (UNEP, 2008). Glavni razlozi tako drastičnog smanjenja raspoloživih vodnih resursa mogu se objasniti prije svega progresivnim rastom ljudske populacije i urbanizacije zemalja u razvoju te sve većim potrebama za vodom u raznim gospodarskim sektorima, a što za posljedicu ima sve izraženije nekontrolirano crpljenje i razna antropogena onečišćenja hidroloških resursa (Ondrašek, 2014). Veći dio ukupnog volumena svježe vode, ~24 mil. km<sup>3</sup> zaprema snježni i/ili ledeni pokrivač (Arktik, Antarktika, Grenland, planinski glečeri), preostalih oko 10,8 mil. km<sup>3</sup>(30%) nalazi se u gornjem, površinskom sloju Zemljine kore ili litosfere do 2.000 m dubine(voda u tlu, podzemna voda u vodonosnicima), a ostatak od oko 105.000 km<sup>3</sup> (0,3%) sadrže tekuće vode (rijeke, potoci i sl.) i stajće vode na površini Zemlje (Ondrašek i sur, 2015).

Onečišćenje površinske i podzemne vode prepoznato je u svijetu kao jedan od većih okolišnih problema (Almasri, 2007). U vinogradu, hranjiva koja su u mineralnom obliku i ukoliko ih loza ne usvoji mogu se inaktivirati (prijeći u nepristupačan oblik za biljku), ili se isprati u dublje horizonte tla te uzrokovati onečišćenje površinskih vodotoka ili podzemnih voda. Najčešće, velik problem je ispiranje dušika u obliku nitrata i nitrita koji se u tlo unose mineralnim gnojivima. Nagomilavanje nitrarnog dušika (N-NO<sub>3</sub>) u tlu ima velik utjecaj na pojačano ispiranje i kontaminaciju okolnih vodotoka i podzemnih voda, a nakupljanje u hrani štetno djeluje na ljude i životinje. Stoga se kao poželjna praksa u vinogradima preporuča zatravljivanje, koje s gnojdbom čini nerazdvojivu cjelinu. Za obogaćivanje tla organskom tvari koriste se i organska gnojiva, najčešće ona životinjskog podrijetla, ali sve više i kompost. Važno je da su organska gnojiva propisane kvalitete, odnosno bez ostataka pesticida, metala i sjemena korova, što se utvrđuje analizom u ovlaštenim laboratorijima. U suprotnom mogu imati štetan učinak na tlo, vodu i biljku. Kako se pod procjednom vodom podrazumijeva voda koja se procjeđuje kroz horizonte tla do podzemne vode, njena je kakvoća usko povezana s kvalitetom vinogradskog tla te se odražava na kakvoću podzemne vode. Kako bi se smanjilo i spriječilo onečišćenje vinogradskog tla, procjedne i podzemne vode, unutar gospodarstva valja težiti održivoj poljoprivrednoj praksi i stvaranju zatvorenog proizvodnog kruga tako da se svi

pogodni organski ostaci ponovo nakon kompostiranja vrate u vinograd (Mirošević, Karoglan - Kontić, 2008.).

### **1.1. Cilj istraživanja**

Cilj ovog istraživanja je odrediti kemijsku kakvoću procjedne vode vinogradskog padinskog tla na pokušalištu Jazbina s obzirom na lokaciju uzorkovanja na padini - vrh, sredina i dno padine.

## **2. PREGLED LITERATURE**

### **2.1. Vinogradska tla i vinogradarska praksa**

Kako navode Mirošević i Karoglan Kontić (2008), različite sorte vinove loze imaju različite zahtjeve i različito reagiraju na okolišne uvjete, prvenstveno na klimu i tlo.

Na uzgoj vinove loze utječu geografska širina i nadmorska visina. Republika Hrvatska nalazi se cijelim ozemljem i u granicama između 42° i 47° sjeverne širine, što govori o prikladnosti za uzgoj vinove loze. Osim o geografskoj širini uzgoj vinove loze ovisi i o nadmorskoj visini. Kod nas se vinogradi regije Primorske Hrvatske nalaze uglavnom od 3 do 250 m nadmorske visine, a vinogradi regije Kontinentalne Hrvatske od 120 do 350 m. Na izbor položaja za vinograde utječu i uvjeti klime, a češće i uvjeti nekog uskog područja, uvjeti mezoklime. Najboljim položajima za vinograde smatraju se brežuljkasti tereni.

Vinova loza ima velike zahtjeve prema toplini, a za uzgoj su prikladna područja sa srednjom godišnjom temperaturom od 10 – 20 °C. Vinovoj lozi najbolje odgovaraju južne i jugozapadne ekspozicije, gdje dolazi do bržeg isparavanja vlage iz zone lisne mase pa je smanjena mogućnost razvoja gljivičnih bolesti poput plamenjače, pepelnice i sive plijesni, a time se smanjuje i učestalija primjena sredstava za zaštitu. Također, uzgojem na određenoj nadmorskoj visini poput brežuljaka i obronaka smanjuje se rizik od kasnih proljetnih mrazeva i zbog bolje ocjeditosti i strujanja zraka također je manja opasnost za razvijanje bolesti (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Vinovoj lozi najviše odgovaraju hranjivima bogata, propusna tla s velikim kapacitetom za zrak i vodu, lakšeg mehaničkog sastava i povišene mikrobiološke aktivnosti. To su različita skeletoidna, šljunkovita, ilovasto-pjeskovita tla u koja korijen može duboko prodrijeti, dobra je perkolacija vode i nema zadržavanja suvišne vode u zoni rizosfere. Teška, glinena tla zbog slabijih vodozračnih odnosa uzrokuju slabiji razvoj korijenove mreže. Optimalna pH reakcija je u granicama od 5.2 do 7.5 (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Kako navode Mirošević i Karoglan Kontić (2008), za podizanje vinograda primjenjuje se duboka obrada tla, odnosno rigolanje. Rigolanjem postižemo prorahljivanje tla na dubini većoj od 50 cm, čime se popravljaju struktura tla, vodozračni uvjeti i biološka aktivnost u tlu, uklanjanje ostataka korijena prethodne kulture ili šikare, miješanje horizonata tla i unošenje organskih i često mineralnih hraniva u dublje horizonte gdje će se razviti korijen. U vinogradskoj praksi poznato je više sustava rigolanja, a njihov izbor pri pripremi tla ovisi o više čimbenika, kao što su: konfiguracija terena, nagib, tipovi tla, klimatski uvjeti, veličina parcele, raspoloživi alati ili strojevi i drugo. Dublje će se rigolati u suhim, propusnim i skeletnim tlima (80-100 cm; Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Kako navode Mirošević i Karoglan Kontić (2008) vlaga ima vrlo važan utjecaj na rast i razvitak loze. Vlaga ponajprije obuhvaća sve vrste oborina, bilo u obliku kiše, snijega, rose itd. Prevelika količina vlage, a i njezin nedostatak u tlu, negativno se očituje na razvoj vegetacije te na veličinu i kakvoću priroda. Potrebnom količinom vode za normalan rast loza se opskrbljuje uglavnom preko korijena iz tla. U vodi se nalaze otopljene hranjive tvari, koje se putem korjenova sustava prenose u ostale dijelove trsa. Voda u trsu prenosi asimilacijom nastale organske tvari iz lista u ostale organe. Najviše je vlage potrebno u početku vegetacije za intenzivan rast mladica i poslije za razvoj bobica, a višak može štetno djelovati u fazi cvatnje i oplodnje te u fazi dozrijevanja. Količina vode potrebna vinovoj lozi tijekom vegetacije ovisi o svojstvima kultivara, načinu uzgoja, gustoći sadnje, značajkama tla i dr. Stoga je vrlo važna količina oborina koja padne tijekom godine. Najniža godišnja količina oborina potrebna za proizvodnju grožđa iznosi 300 – 350 mm, a najpovoljnija 600 – 800 mm. U našim vinogradskim krajevima godišnje padne oko 600 – 1300 mm oborina. Također, kako navode Romić i sur. (2016), navodnjavanje drvenastih kultura može poboljšati proizvodnju za oko 30 %, a vinove loze i do 38 %. Osim što se ponajviše koristi kao jedna od najpouzdanijih agrohidro-tehničkih mjera protiv nedostatka (stresa) vode u biljnoj proizvodnji, navodnjavanje ima puno širu primjenu u suvremenoj održivoj poljoprivredi, kao što je učinkovitije iskorištenje biogenih elemenata (fertirigacija), sprječavanje i/ili ublažavanje degradacije poljoprivrednih površina (desalinizacija), borba protiv mraza i mnogi drugi. Kao mjera kojom se ublažava ili potpuno sprječava nedostatak vode u poljoprivredi, uloga navodnjavanja jest maksimalno reducirati smanjenje prinosa i osigurati stabilne i visoko kvalitetne prinose poljoprivrednih kultura, ponajprije tijekom sušnih razdoblja (Ondrašek i sur., 2015).

Gnojidba se primjenjuje u vinogradima s ciljem opskrbiti biljku svim potrebnim hranjivima, odnosno biogenim elementima. U konvencionalnoj poljoprivrednoj proizvodnji ishrana se temelji na gnojidbi mineralnim gnojivima, bilo pojedinačnim ili kompleksnim gnojivima (najčešće NPK). Ovim se gnojivima u tlo dodaje poznata količina hranjiva u biljkama lako i odmah pristupačnim oblicima. U ekološkom vinogradarstvu nije dopušteno koristiti lako topiva sintetična mineralna gnojiva, već se skladna ishrana vinove loze nastoji osigurati poticanjem biogenosti tla, odnosno brojnosti i raznolikosti živih organizama tla - bakterije, alge, gljivice, kišne gliste i dr. (Hopek, 2017). Važno je da se primjenjuje pravovremena i adekvatna gnojidba kako bi se spriječilo ispiranje hranjiva u procjedne, a zatim i podzemne vode.

Četiri su glavne bolesti vinove loze: peronospora, pepelnica, siva plijesan i crna pjegavost, što iziskuje intenzivnu primjenu zaštitnih mjera. U pravilu, ali uz dosta izuzetaka, tretiranja od ovih bolesti provode se svakih 8 do 14 dana (Kantoci, 2008). Izravne mjere zaštite primjenjuju se kada prognoza i granične vrijednosti ukažu na potrebu suzbijanja, a dijele se na mehaničke, fizikalne, biološke, biotehničke i kemijske mjere. Mehaničke, fizikalne, biološke i biotehničke mjere uvijek imaju prednost pred kemijskim mjerama, a kada te mjere više nisu dovoljno učinkovite, tada se poduzimaju kemijske mjere zaštite. Primjenom tih mjera onečišćuje se zrak, tlo, voda i bilje na tretiranim površinama i oko njih, a putem zraka i vode onečišćenja se mogu širiti stotinama kilometara daleko. Zato ekološka poljoprivreda ili poljoprivredna proizvodnja po ekološkim načelima u posljednjim desetljećima dobiva sve veće značenje. Zbog bojazni od velike količine utrošenih agrokemikalija (insekticida, herbicida, fungicida i mineralnih gnojiva) te monokulture uzgoja vinove loze, vinogradarstvo je posebno zanimljiv segment ekološke poljoprivredne proizvodnje (Hopek, 2017). Najveće površine pod ekološkim vinogradima su u Italiji, oko 54.000 hektara (45 % na Siciliji), potom u Španjolskoj 21.000 i Francuskoj 10.200 hektara. Danas je u Hrvatskoj svega 1,9 % ili 930 ha vinograda u sustavu ekološke proizvodnje. U cijeloj Europi ima oko 92.500 hektara, što znači da je udio vinogradarstva u okvirima organske poljoprivrede mali, svega oko jedan posto. Glavni ciljevi ekološkog vinogradarstva prvenstveno se odnose na smanjenu količinu upotrebe insekticida i fungicida, održavanje plodnosti tla upotrebom organske tvari u zatvorenom biološkom ciklusu i smanjenom upotrebom herbicida i mineralnih gnojiva. Kod izbora sorte potrebno je uzeti u obzir njezine osnovne značajke, kao što su: priroda, kakvoća, prikladnost za određene ekološke uvjete, ali i tolerantnost prema značajnim bolestima i štetnicima. Unutar vrste *Vitis vinifera* L. (europska loza) nema kultivara koji su otporni prema plamenjači (*Plasmopara viticola*) i pepelnici

(*Uncinula necator*), stoga je stvaranje otpornih sorata dugogodišnji cilj oplemenjivača vinove loze (Hopek, 2017).

U ekološkoj proizvodnji vinove loze zaštita od gljivičnih bolesti predstavlja najveći izazov. U konvencionalnoj proizvodnji zaštita se temelji na tretiranju kemijsko sintetičkim fungicidima, a vinogradarstvo je jedna od grana poljoprivrede gdje se troše vrlo velike količine tih sredstava (u EU 70 % ukupne količine fungicida potroši se na zaštitu vinograda, koji čine svega oko 8 % ukupnih poljoprivrednih površina). Sukladno tome, 90 % zaštitnih sredstava u upotrebi u vinogradarstvu su fungicidi zbog izrazite osjetljivosti vinove loze nadvije glavne gljivične bolesti, plamenjaču (*Plasmopara viticola*) i pepelnicu (slika 2.1.1.) (*Uncinula necator*) (Rendulić, i sur., 2010). Uz značajno financijsko opterećenje proizvodnje, ovako široka upotreba pesticida pridonosi i onečišćenju procjernih, podzemnih, ali i površinskih voda te općenito globalnom onečišćenju okoliša kemijskim spojevima. Unatoč pridržavanju propisanim dozama i mjerama opreza, ipak je teško predvidjeti posljedice djelovanja rezidua i njihove međusobne interakcije u prirodi (Mirošević i Karoglan - Kontić, 2008.).

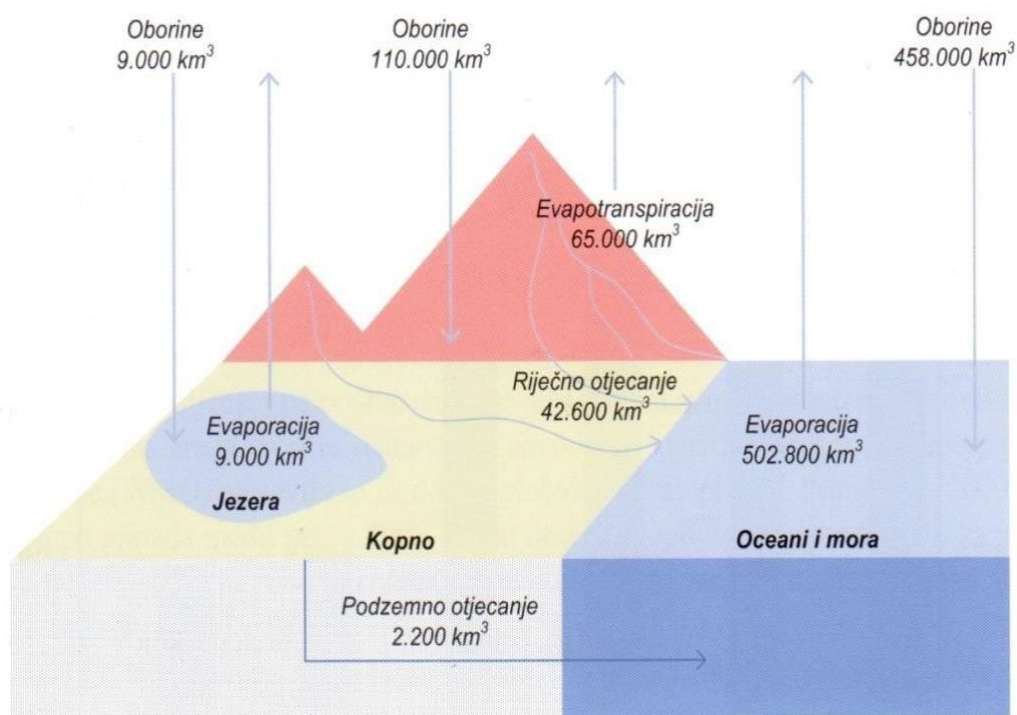


**Slika 2.1.1.** Pepelnica vinove loze

Izvor: Hopek, H. (2017)

## 2.2. Voda u tlu

Najvažnije sastavnice hidrološkog ciklusa, kako navode Ondrašek i sur. (2015) jesu oborine, otjecanje (površinsko/podzemno), infiltracija te evapotranspiracija i transpiracija, odnosno evapotranspiracija (slika 2.2.1.). Evapotranspiracija ili isparavanje jest fizikalni proces kojim se molekule vode u plinovitom stanju premještaju s površine litosfere i/ili hidrosfere u atmosferu, a transpiracija je fiziološki proces kojim se voda, najvećim dijelom usvojena iz tla korijenovim sustavom biljaka, uzlaznim ili transpiracijskim tokom premješta u nadzemne organe te kroz sitne otvore (puči), smještene uglavnom na naličju listova, izlučuje u atmosferu u obliku vodene pare (Ondrašek i sur, 2015).



**Slika 2.2.1.** Hidrološki ciklus

Izvor: Ondrašek i sur. (2015)

Prema mjestu gdje se nalaze na Zemlji i položaju u prostoru vode se dijele na: atmosferske, površinske i podzemne (Šimunić, 2013). Podzemne vode nalaze se ispod površine tla i ispunjavaju pore i pukotine u stijenama. Pojavljivanje podzemnih voda uvjetovano je postojanjem pora u stijeni i vodonosnog sloja (vodonepropusne podloge) (Šimunić, 2013).



Podzemne vode mogu biti temeljnice ili pukotinske te mogu biti prisutne na različitim dubinama. Higijenska kakvoća podzemnih voda bolja je od oborinskih i površinskih voda, premda kakvoća podzemnih voda ovisi o debljini filtracijskog sloja tla, odnosno vodonosnom sloju iz kojeg se vadi. Podzemne vode su najznačajniji raspoloživi izvori pitke vode koji su izloženi prekomjernom iscrpljivanju tako da se zbog narušene ravnoteže sve više osiromašuju postojeće zalihe (Štrljak, 2014).

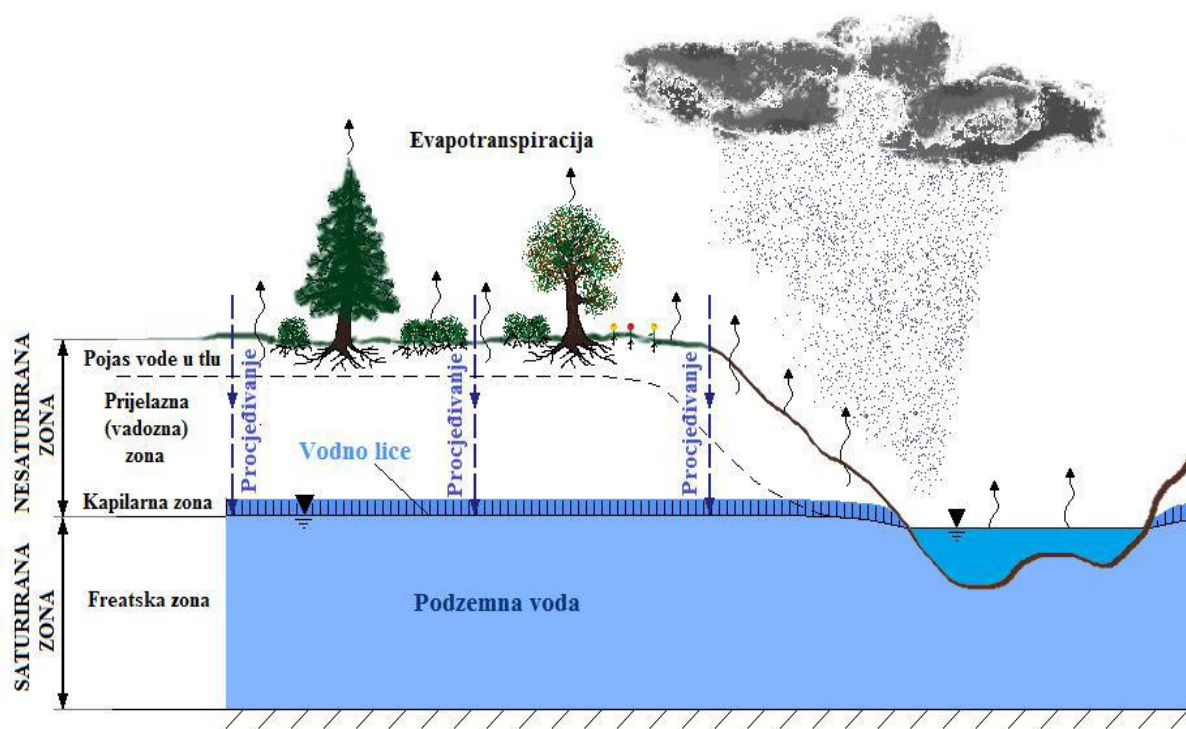
Kako navodi Šimunić (2013), voda se u tlu, prema obliku vode i snazi držanja za čestice tla, najčešće dijeli na: kemijsku vodu, higroskopnu vodu, opnenu vodu, kapilarnu vodu i gravitacijsku (procjednu) vodu. Gravitacijska (procjedna) voda je slobodna voda, nastaje u trenutku kad su sve pore tla popunjene vodom, odnosno kad je tlo potpuno zasićeno vodom. Stanje potpuno 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. Procjeđivanjem kroz tlo voda može naići na slabije propustan sloj tla te prouzročiti nastajanje suvišne stagnirajuće podpovršinske vode ili se može procjeđivati dublje do podzemnih voda, što ovisi o količini i brzini procjeđivanja vode, teksturi tla, položaju terena i dr (Šimunić, 2013).

Brzina procjeđivanja najviše ovisi o ukupnom sadržaju i veličini makropora u tlu. U pjeskovitim tlima procjeđivanje najčešće traje nekoliko sati, dok u glinovitim tlima procjeđivanje može trajati dva do tri dana. Stanje potpune zasićenosti nepovoljno je za rast biljaka. Na mnogim poljoprivrednim kulturama se uočavaju određene promjene ako stanje prekomjerne vlažnosti traje dulje od dva do pet dana, osim riže koja se uzgaja u uvjetima potpunog zasićenja tla vodom (Šimunić, 2013).

Najveće količine podzemnih voda nastaju od oborina koje se kroz površinski sloj infiltriraju u 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 vodoodrživog sloja na kojem se nakuplja i popunjava pore u stijenama (sedimentima) (Šimunić, 2013).

Između površine tla i vodoodrživog sloja razlikuju se dva područja, i to ozračeno (nezasićeno) i zasićeno područje, kao što je prikazano na profilnom presjeku (slika 2.2.2.) (Šimunić, 2013). U nesaturiranom pojasu nalazi se voda koju zadržavaju molekularne i kapilarne sile te

gravitacijska voda koja kroz njega prolazi i napaja podzemnu vodu. Na donjoj strani ozračenog pojasa je kapilarni pojas u kojem kapilarne sile nadmašuju gravitacijske sile i drže vodu iznad vodne plohe. Ukoliko je vodna ploha dovoljno duboko ispod površine da nema dodirivanja između vode u tlu i kapilarnog izdizanja, nastaje međupojas odnosno vadozna zona (Urumović, 2003).



**Slika 2.2.2.. Nesaturirana i saturirana zona tla**

Izvor: Pokrovac,(2018)

Osim vrsta vode, važno je poznavanje vodnog režima tla. U Hrvatskoj se javila potreba poznavanja vodnog režima tla jer je veliki dio poljoprivredne proizvodnje koncentriran na području gdje se povremeno javlja suša (Šimunić i sur., 2006). Postoje različite klasifikacije vodnih režima, a prema Pernaru (2017) izdvajaju se sljedeći tipovi režima: ledeni ili kriogeni vodni režim, procjedni vodni režim, periodično procjedni (ili uravnoteženi) vodni režim, evaporacijski-transpiracijski vodni režim i irigacijski vodni režim. Kod ledenog vodnog režima tlo se odmrzava do određene dubine, a preostali smrznuti dublji dio nepropustan je za vodu te je povremeno ili stalno zasićen vodom.

Procjedni vodni režim dijeli se na tipični procjedni vodni režim, koji je tipičan za područja sa znatno većim godišnjim oborinama od prosječnog isparavanja (Škorić, 1991). Posebne

varijante tog režima su procjedni vodni režim s vodom temeljnicom i procjedni vodni režim sa stagnirajućom vodom (Pernar, 2017). Procjedni vodni režim s vodom temeljnicom je tip vodnog režima u kojem je podzemna voda stalno na dubini do koje seže cjedna voda (Škorić, 1991). Varijantu vodnog režima sa zastojskom vodom obilježava slaba propusnost dijela ili čitavog profila, zbog čega je procjeđivanje vode uvijek (izuzev kroz pukotine u sušnom razdoblju) sporo (Pernar, 2017).

Aridni podtip procjednog režima ima godišnji oborinski talog veći od aktualne, a manji od potencijalne evapotranspiracije. Karakterističan je za područja s dominacijom oborina u hladnijem dijelu godine. Periodično procjedni (ili uravnoteženi) vodni režim odražava područja s količinom oborina koja je podjednaka potencijalnoj evapotranspiraciji, no ponekad može doći da je oborinski talog veći od potencijalne evapotranspiracije.

Irigacijski vodni režim je antropogeni vodni režim karakterističan za poljoprivrednu proizvodnju u kojoj je uspostavljena kontrola prirodnog vodnog režima (Pernar, 2017).

Prema pojavljivanju i gibanju vode u ozračenom području razlikuju se tri podpodručja (pojasa), i to pojas talne vode, međupojas – u kojem se nalazi gravitacijska voda i kapilarni pojas – u kojem se nalazi kapilarna voda. Međupojas je podpodručje kroz koje se procjeđuje gravitacijska voda i koje nije izloženo većim promjenama (kao što je prikazano na slici 2.2.2.) (Šimunić, 2013). Nesaturirana zona ima važnu ulogu u transportu vode i otopljenih tvari jer funkcionira kao: medij za pohranu kojem biosfera ima direktan pristup, tampon zona koja kontrolira i može spriječiti transport onečišćivala prema podzemnoj vodi i kao životna sredina u kojoj se odvijaju različiti fizički i kemijski procesi koji mogu izolirati i usporiti izmjenu onečišćivala sa drugim okolišima (Nimmo, 2006). U posljednjih nekoliko godina sve veća pozornost pridaje se nesaturiranoj zoni tla jer se u toj zoni lakše mogu sanirati izvori onečišćenja prije nego dospiju u dublje vodonosne slojeve (Ondrašek i sur, 2015). Tok podzemnih voda dijeli se na tok u saturiranoj sredini i na tok u nesaturiranoj sredini. Tok u nesaturiranoj sredini primarno je vertikalni, a tok u saturiranoj sredini primarno je horizontalni (Gjetvaj, 2006). Voda se u tlu može gibati u svim smjerovima: descendentno, ascendentno i lateralno. Gibanje vode u tlu uglavnom uzrokuju kapilarne sile, sila gravitacije i hidrostatski tlak. Prema Selimović (2000), do tečenja vode kroz tlo doći će ukoliko postoji razlika potencijala vode u različitim točkama u tlu i to s mjesta višeg potencijala prema mjestu nižeg potencijala.

Za potrebe utvrđivanja vodnog režima tla i reguliranja vode u tlu potrebno je poznavati tri osnovna gibanja vode u tekućem obliku: kapilarno gibanje vode, infiltraciju (upijanje vode) i filtraciju (vodopropusnost) vode (Šimunić, 2013). Prema Ondrašek i sur. (2015), pojavu kapilarnosti uzrokuje kohezija, adhezija i tenzija. Kohezija je sila koja međusobno spaja molekule vode, a adhezija spaja molekule vode s nekom čvrstom tvari. Tenzija je negativan tlak (podtlak) koji nastaje zbog ulaganja energije kako bi se prekinule vodikove veze između molekula vode. Što je kapilara uža, stupac vode u njoj bit će viši jer ima manju masu, a adhezija i tenzija bit će veće.

Infiltracija je, kako navodi Šimunić (2013), proces upijanja vode u nezasićeno tlo. Voda se upija neravnomjerno vertikalnim i bočnim gibanjem kroz pore i pukotine tla. Infiltracijom se tlo vlaži od površine prema dubljim slojevima djelovanjem kapilarnih sila, sile gravitacije i osmotskih sila. Voda se giba od višeg prema nižem potencijalu. Nakon nekog vremena zasiti se određeni sloj tla vodom i razlika u potencijalu opada. Kako navodi Šimunić (2013), količina i brzina infiltracije ovisi o fizikalnim i kemijskim značajkama tla, kao što su tekstura tla, struktura i poroznost tla, kapacitet tla za vodu, sadržaj organske tvari u tlu. Ostali čimbenici koji utječu na količinu primanja vode u tlo su: vrsta oborina, njihov intenzitet, obraslost tla vegetacijom, vrsta i gustoća biljnog pokrova, reljefni oblici na površini i dr. Prema Vučijak i sur. (2011), uz sadržaj vlage u tlu, na proces infiltracije utječe vegetacija, struktura i tekstura zemljišta, sadržaj organske tvari u tlu, životinje i ljudska aktivnost. Što se tiče vegetacije, što je veća obraslost šumskim pokrivačem, to je veći stupanj infiltracije. Važan utjecaj na infiltraciju vode i kontrolu erozije imaju strukturni agregati u površinskom sloju tla. Za održavanje dobre infiltracije i kontrolu erozije, površina tla trebala bi biti rahla sa većim udjelom stabilnih strukturnih agregata (Škorić, 1991), jer se na taj način smanjuje raspršivanje tla pod utjecajem vode i sprječava zatvaranje pora sitnim agregatima i pojedinačnim česticama tla (Unger i Cassel, 1991).

Filtracija ili vodopropusnost tla je gibanje, odnosno procjeđivanje suvišne vode iz zasićenog tla u dublje slojeve. Gibanje vode u zasićenom tlu objašnjava se Darcyjevim zakonom, koji se temelji na ustaljenom toku vode kroz zasićeno pjeskovito tlo u okomito postavljenom valjku (Šimunić, 2013).

Koeficijent filtracije, kako navodi Šimunić (2013), možemo izračunati na temelju izmjerenih podataka o količini procijeđene vode kroz valjak ( $Q$ ), presjek valjka ( $F$ ), vremenskoj duljini mjerenja ( $t$ ) i hidrauličkom gradijentu ( $i = h / l$ ).

U trenutku kad se potencijali izjednače, prestanu djelovati kapilarne sile, a infiltracija postane stalna veličina i prelazi u filtraciju. Prestankom djelovanja kapilarnih sila, počne djelovati sila gravitacije, odnosno počne ujednačeno gibanje vode kroz makropore tla koja se naziva filtracija ili vodopropusnost. Brzina infiltracije i količina upijene vode ovise o fizikalnim i kemijskim značajkama tla, kao što su tekstura, struktura, porozitet i stanje vlažnosti tla, sadržaj organske tvari u tlu, temperatura tla i dr. Brža infiltracija i veća količina upijene vode bit će kod tala grublje teksture (pjeskovita), bolje strukture, većeg sadržaja makropora, većeg sadržaja organske tvari, s manjom zalihom vode, na manjem nagibu terena itd. (Šimunić, 2013).

Prema Patrčević i sur. (2014), intenzitet infiltracije je ona količina vode koja iz atmosfere ulazi u tlo u jedinici vremena. Kroz pore većih dimenzija, voda se vertikalno giba nadolje prvenstveno pod djelovanjem sile gravitacije, odnosno gravitacijskog potencijala kao gravitacijska voda. Pore manjih dimenzija, u prvom trenutku preuzimaju vodu iz gornjeg zasićenog sloja u obliku kapilarne vode, zbog djelovanja molekularnih sila, odnosno kapilarnog potencijala (Patrčević i sur, 2014).

Kako navodi Šoštarić (2016), mjerenje propusnosti tla za vodu, odnosno kretanje vode u tlu, moguće je odrediti u laboratoriju ili na terenu.

Za određivanje propusnosti u laboratorijskim uvjetima koristi se Darcy-Theima metoda. Ta metoda koristi neporemećene uzorke tla uzete metalnim cilindrima koji se u laboratoriju stavljaju u poseban aparat za mjerenje vodopropusnosti – permeametar. Permeametar (slika 2.2.3.) može raditi s konstantnim tlakom koji se koristi za jače propusna tla, i permeametar s promjenjivim tlakom za slabije propusna tla (Veinović i sur. 2003).



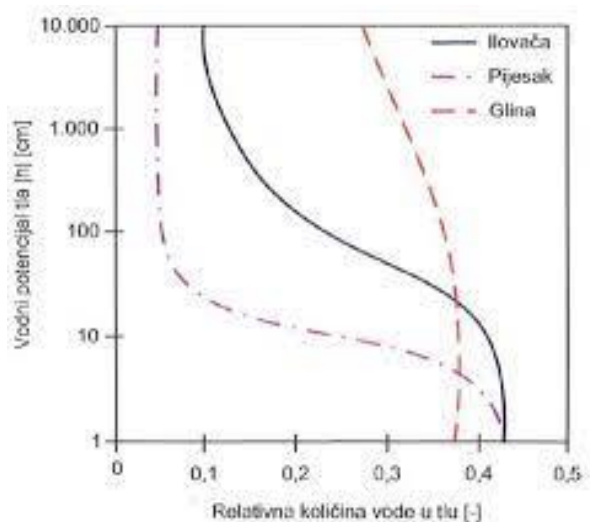
**Slika 2.2.3.** Permeametar

Izvor: <https://www.globalgilson.com/constant-head-permeameter> (pristupljeno 3.6. 2021.)

Laboratorijskim metodama koeficijent vodopropusnosti se određuje pomoću permeametara, za što se koriste neporemećeni ili poremećeni (najčešće kompaktirani) uzorci tla. Pri određivanju koeficijenta propusnosti, uzorci se podvrgavaju toku koji se može odvijati pri stalnoj razlici potencijala (permeametar sa stalnim potencijalom) ili toku s promjenjivom razlikom potencijala (permeametar s promjenjivim potencijalom). Za dobro propusne materijale ( $k > 10^{-5}$  m/s) koristi se permeametar sa stalnim potencijalom dok se za slabo propusne materijale ( $k < 10^{-5}$  m/s) koristi permeametar s promjenjivim potencijalom (Petrinjak i sur., 2018). Prema Šoštarić (2016), piezometri su posebne izrađene šuplje cijevi, čiji se završetak zabija u tlo ispod najniže razine podzemne vode kako bi voda mogla ući u cijev. Mjerenje se obavlja tako da se u cijev upušta specijalni metar koji u doticaju s vodom daje zvučni signal. U slučaju izostanka podzemne vode koristi se inverzna metoda određivanja horizontalne vodopropusnosti. Kod ove metode u bušotinu se nalijeva voda i mjeri se opadanje njene razine u nekom vremenskom intervalu (Špoljar, 2015).

Prema Šimunić (2013), voda koja se gubi površinskim otjecanjem bitno utječe na eroziju tla, a jačina erozije na nekom području ovisi o količini i intenzitetu oborina, strukturi tla, odnosno njegovoj infiltracijskoj sposobnosti, inklinaciji (nagibu terena) i duljini padine. Erozijska tla vodom uvjetovana je, kako navodi Folnović (2015), raznim prirodnim čimbenicima kao što su: nagib terena, klimatski uvjeti (temperatura zraka i tla, količina i intenzitet oborina, jačina i učestalost vjetrova itd.), tip tla (tekstura, struktura, vodozračni odnosi, propusnost tla za vodu, infiltracija itd.), plodored, način uzgoja kultura (razmak unutar i među redovima). U osnovi, što je tlo izloženije ili intenzivnije obrađivano, to je vjerojatnije da će erodirati tijekom oborina

jakog intenziteta. Kada voda odnese poljoprivredno tlo, ona sa sobom nosi i zagađivače poput gnojiva i pesticida. To otjecanje može prouzročiti onečišćenje vode, koja zatim zagađuje pitku vodu i ometa ekosustav rijeka, jezera i močvara. To negativno utječe i na prisutnu faunu, kojima su te vode nužne za ishranu i stanište.



**Slika 2.2.4.** Primjer retencijskih krivulja tla (odnos hidrauličke provodljivosti i vodnog potencijala tla i odnos hidrauličke provodljivosti i relativne količine vode u tlu) za pijesak, ilovaču i glinu.

Izvor: Ondrašek i sur.(2015)

Hidraulička provodljivost može se opisati kao sposobnost tla za prijenos (transport) vode kao i takva je inverzno povezana s otporom toka vode u tlu. Kao takva hidraulička se provodljivost smanjuje tijekom sušenja tla i sa smanjenjem volumena pora koje su ispunjene vodom. Hidraulička provodljivost u saturiranom tlu mnogo je veća u teksturno lakših tala (pijesak) nego u tlima glinovite ili ilovaste teksture. Važno je napomenuti da se hidraulička provodljivost drastično smanjuje kako tlo prelazi iz saturirane u nesaturiranu fazu. Navedeno smanjenje, kada je izraženo kao funkcija vodnog potencijala tla, mnogo je izraženije u pjeskovitih nego u ilovastih ili glinovitim tala (Filipović, 2015). Teksturno lakša (pjeskovita) tla, prema Mateković (2018), gube vodu mnogo brže od teksturno težih tala (glina) kao izravan odraz distribucije veličine pora u tlu pri određenoj teksturnoj jedinici tla. Budući da većina pora u teksturno lakšim tlima ima veći promjer, voda će se procijediti kod malih negativnih potencijala tla, a u teksturno težih tala (glina, ilovača, praškasta ilovača) procjeđivanje vode događa se vrlo velikim vrijednostima negativnog vodnog potencijala (slika 2.2.4).

## 2.3. Kakvoća podzemne vode

Prema Ondrašek i sur. (2015), najvažniji gospodarski, ali i općenito najveći sektor po ukupno zahvaćenim i potrošenim količinama vode je poljoprivreda. Procjenjuje se da je od ukupne količine vode koja se godišnje zahvati iz podzemnih voda gotovo 70% namijenjeno poljoprivrednom sektoru. Kakvoća podzemne vode najčešće se određuje mjerenjem njezinih kemijskih, fizikalnih i bioloških parametara. Kemijska kakvoća vode najčešće se određuje mjerenjem pH, električne vodljivosti, koncentracije iona (kationa i aniona) te otopljenog organskog ugljika (DOC). Poljoprivreda je nerijetko onečišćivač vode, što ovisi o primijenjenoj poljoprivrednoj praksi, a česti onečišćivači iz poljoprivrede su, primjerice, nitrati, metali i pesticidi. Kao posljedica ispiranja elemenata s poljoprivrednih površina ili njihovog odnošenja erozijom može se javiti eutrofikacija vodnih tijela. Eutrofikacija mora, jezera i sličnih hidrosustava podrazumijeva, kako navode Ondrašek i sur. (2015), obogaćivanje njihovih voda ponajprije hranjivima mineralnog i/ili organskog podrijetla, a što za posljedicu ima povećanu produkciju algi, iscrpljivanje kisika i odumiranje raznih akvatičnih organizama. Naime, zbog primjene mineralnih i organskih gnojiva na poljoprivrednim površinama u određenim uvjetima (npr. teksturno lakšim tlima nakon obilnijih oborina ili neprilagođenih obroka/intervala navodnjavanja) može se očekivati da se pojedini mobilniji oblici biogenih elemenata (nitrati) "isperu" iz pod/površinskih horizonata tla i dospiju u površinske ili podzemne vodene resurse u povećanim koncentracijama.

U kontekstu kakvoće podzemne vode posebna se pozornost pridaje nitratima. Povećanjem koncentracije nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ) u podzemnim i površinskim vodama dolazi do onečišćenja vode nitratima i pogoršanja kakvoće vode, te do eutrofikacije voda, što ima za posljedicu narušavanje prirodne ravnoteže organizama u vodi i smanjenje biološke raznolikosti u vodnim ekosustavima (Šimunić, 2013). Dušik je, kako navodi Šimunić (2013), esencijalni element za sve životne procese u biljci, stoga je i najvažnije hranjivo. Prema Filipović (2012), u prirodi se javlja u obliku dva izotopa  $^{14}\text{N}$  (99,62 %) i  $^{15}\text{N}$  (0,38 %), dok je njegova najveća količina prisutna u atmosferi u obliku elementarnog plina  $\text{N}_2$ . Osim u elementarnom stanju, dušik se u atmosferi može javiti u obliku dušičnog oksida ( $\text{NO}_x$ ) i u vrlo maloj količini u obliku amonijaka. Dušik egzistira u tlu kao nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), amonijum ( $\text{NH}_4$ ), amonijak ( $\text{NH}_3$ ) i organski dušik (organski-N). Nitrati su kristalne supstance velike mobilnosti, lako topive u vodi, s jakim oksidacijskim djelovanjem te stoga vrlo lako dospijevaju do podzemne vode ispiranjem jer su



negativno nabijeni i ne vežu se za čestica tla. Mnoge studije pokazuju čvrstu povezanost između aktivnih poljoprivrednih površina i koncentracija nitrata u podzemnoj vodi (Almasri, 2003).

Najveći dio dušika, kako navodi Šimunić (2013), gubi se ispiranjem, i to u obliku nitrata u površinske i podzemne vode, što u slučajevima neuravnoteženog unosa dušika, dakle unošenjem nepotrebnih količina, povećava količinu nitrata u vodama. Do ispiranja nitrata dolazi u stanju prezasićenosti tla vodom zbog velikih kiša, topljenja snijega ili nepravilnim navodnjavanjem, kada voda iz tla perkolacijom (filtracijom) odlazi u niže slojeve, odnosno podzemlje.

Nedovoljna i prekomjerna primjena dušika u gnojidbi poljoprivrednih kultura i hranidbi domaćih životinja imaju negativne posljedice. Prekomjerna primjena dušika uzrokuje gubitak i onečišćenje okoliša (tla, vode i zraka), a nedovoljna opskrba umanjuje ekonomske učinke proizvodnje. U procesu kruženja dušika on se neizbježno gubi, no pravilnim gospodarenjem ti se gubici trebaju svesti na najmanju moguću mjeru. Zbog zaštite od onečišćenja odlučujuću ulogu ima opterećenje poljoprivrednih površina brojem životinja. Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva propisuje opterećenje poljoprivrednih površina brojem životinja posredno, odnosno propisuje najveću količinu čistog dušika iz organskog gnojiva kojom se godišnje može gnojiti poljoprivredna površina. U početnom četverogodišnjem razdoblju najveća dopuštena količina unosa čistog dušika putem organskog gnojiva iznosi 210 kg N/ha godišnje. Nakon isteka početnog četverogodišnjeg razdoblja uvodi se trajno ograničenje najveće dopuštene količine unosa čistog dušika organskog gnojiva koja iznosi 170 kg N/ha godišnje (Katalinić i sur., 2009).

Nitratna direktiva (Council Directive 91/676/EEC) iz 1991.g. propis je Europske unije koji se odnosi na zaštitu voda od onečišćenja nitratima iz poljoprivrednih izvora. Direktiva traži od zemalja članica Europske unije da definiraju područja koja su osjetljiva na onečišćenje voda nitratima iz poljoprivrede, te da osmisle i primijene operativne programe sprječavanja takvih onečišćenja (Romić i sur., 2014). Nitratna direktiva zahtijeva od zemalja članica EU-a da je provedu u pet koraka:

1. određivanja onečišćenih, odnosno voda kojima prijeti onečišćenje nitratima,
2. određivanje područja (zona) ranjivih na nitrata na kojima treba ograničiti uporabu dušičnih gnojiva,
3. izrade načela dobre poljoprivredne prakse, čija je primjena u područjima ranjivima na nitrata obvezna, a u ostalim područjima preporučljiva,

4. izrade plana djelovanja unutar područja ranjivih na nitratre, te

5. izrade nacionalnog programa praćenja (monitoringa) koncentracije nitrata i eutrofikacije voda, te vrednovanje učinka primijenjenih mjera i izvještavanje o uspješnosti njihove provedbe.

Direktiva propisuje uvjete primjene gnojiva životinjskog podrijetla, način i trajanje njegova skladištenja, vrijeme i način primjene i sl. Direktiva o nitratima također ograničava i uporabu dušičnih mineralnih gnojiva. Njih je dopušteno koristiti samo u količini koja čini razliku između, s jedne strane potrebe uzgajane kulture za dušikom da bi se ostvario određeni prinos, i s druge strane, dušika koji će joj biti dostupan putem životinjskog gnojiva i mineralizacije organske tvari u tlu. Svaki poljoprivredni proizvođač, čije se gospodarstvo nalazi u području koje je proglašeno ranjivim na nitratre, mora poštivati zahtjeve koje proizlaze iz Direktive o nitratima. Bilanca dušika je razlika između količine N koji je tijekom godine unesen u tlo i količine N koji je s poljoprivrednog tla iznesen biljnom masom. Unos uključuje sav N dodan u tlu putem mineralnih gnojiva, organskoga gnojiva (životinjski i ostali), biološke fiksacije, atmosferske depozicije i genetskog materijala (sjeme, gomolji i sadnice). Iznos podrazumijeva sav N sadržan u požnjevenim, pobranim, pokošenim poljoprivrednim kulturama. U smislu primjene Nitratne direktive potrebno je osmisliti i primijeniti operativne programe sprječavanja onečišćavanja. U poljoprivredi treba povećati primjenu ekološki prihvatljive poljoprivredne prakse s ciljem smanjenja ispuštanja nitrata u površinske i podzemne vode, te primjenom kodeksa dobre poljoprivredne prakse (Šošćarić i sur., 2011). Ne postoji jedinstvena metodologija za provedbu Nitratne direktive za sve države članice EU niti za proglašavanje područja ranjivih na nitratre, već je postavljen zajednički cilj EU Nitratnom direktivom da se pritisci N iz poljoprivrede smanje do najviše koncentracije od 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l u podzemnoj vodi. Donošenje odluka i provođenje akcija temelji se na egzaktnim pokazateljima koji se prikupljaju nacionalnim monitoringom površinskih i podzemnih voda. Ukoliko se analizom višegodišnjih nizova podataka utvrdi da su u nekim područjima koncentracije nitrata u vodi više od 50 mg/l ili da trendovi pokazuju povećanje koncentracija, države ta područja proglašavaju ranjivima na nitratre (Romić i sur., 2014). Kao značajan pravni akt o vodama donijeta je Uredba o standardu kakvoće voda (NN 73/13), kojom je propisan standard kakvoće voda za kopnene površinske, prijelazne i priobalne vode te podzemne vode. Prema zakonskim odredbama, „standard kakvoće voda” su koncentracije određene onečišćujuće tvari u vodi, sedimentu ili bioti koje ne bi smjele biti prekoračene s ciljem zaštite ljudskog zdravlja i vodnog okoliša (Šimunić, 2013).

Metali se pojavljuju u prirodnim vodama u različitim kemijskim oblicima, kao što su slobodni ioni, anorganski i organski kompleksni spojevi. Od metala u prirodnim vodama najzastupljeniji

su kalcij, magnezij, željezo, mangan i natrij. Neki od metala koji se nalaze u tragovima u prirodnim vodama su biogeni (npr. bakar, cink, mangan, željezo), bitni su za održavanje bioloških funkcija organizma, ali mogu biti toksični kod viših koncentracija. U zaštiti okoliša naročita se pozornost posvećuje nakupljanju metala za koje je utvrđena toksičnost, ali ne i biogenost (npr. kadmij, olovo, živa). S ekološkog stajališta važni su svi metali, koji su zastupljeni u prirodnim vodama, bilo da su toksični (neesencijalni metali) ili potencijalno toksični (esencijalni metali u višestruko povećanim koncentracijama) za biljke, životinje, pa i čovjeka (Šimunić, 2013).

Prema Kirchmann i Eriksson (2011), dobro strukturirano tlo omogućuje kulturama razvoj velikih korijenskih sustava, a to rezultira pristupačnošću hranjivim tvarima i elementima u tragovima u velikom volumenu tla. Općenito, tla s prirodno visokim koncentracijama elemenata u tragovima također proizvode poljoprivredne kulture bogate metalima u tragovima. Mnogi metali u tragovima vezani su za glinene čestice, a posljedično glinovita tla sadrže više metala u tragovima od lakših.

Poznato je da pH tla ima velik utjecaj na topljivost metala u tragovima. Promjene pH tla praćene su promjenama električnog naboja na česticama tla. Pri nižim vrijednostima pH tla oslobađaju se ioni vodika u otopini tla koji povećaju naboj na anorganskim i na organskim komponentama tla, što rezultira slabijom adsorpcijom pozitivno nabijenih iona. Time kationi poput mangana, cinka, željeza, bora i bakra postaju dostupniji biljkama. S druge strane, veće pH vrijednosti u tlu rezultiraju većim negativnim nabojem, a anioni, uključujući molibdat, odbijaju se i postaju topljiviji (Fageria i sur., 2002). Slijedom toga, na koncentracije metala u tragovima u poljoprivrednim kulturama jako utječu promjene u pH vrijednosti tla (Kirchmann i Eriksson, 2010).

Tlo po svome kemijskom sastavu sadrži određenu koncentraciju različito topljivih soli, odnosno makro/mikro elemenata. Salinitet tla u najvećoj mjeri određuju koncentracije otopljenih i disociranih kationa i aniona otopine tla ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , K,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  iskazanih kao električna provodljivost tla (Rhoades i sur., 1999). Najčešći uzroci primarne salinizacije poljoprivrednih tala jesu: 1. intruzija mora, s obzirom da morska voda sadrži visoku koncentraciju otopljenih minerala (500 mM NaCl) te 2. matična podloga (supstrat) tla ako je bogata vodotopivim mineralima, a nalazi se u okruženju visoke evapotranspiracije i nedostatka oborina. Glavni uzročnici sekundarne salinizacije jesu: 1.

navodnjavanje poljoprivrednih kultura vodom neodgovarajuće kemijske kakvoće ( $EC_w > 0,7 \text{ dSm}^{-1}$ ) te manje, 2. upotreba mineralnih i organskih gnojiva (Ondrašek i sur, 2015).

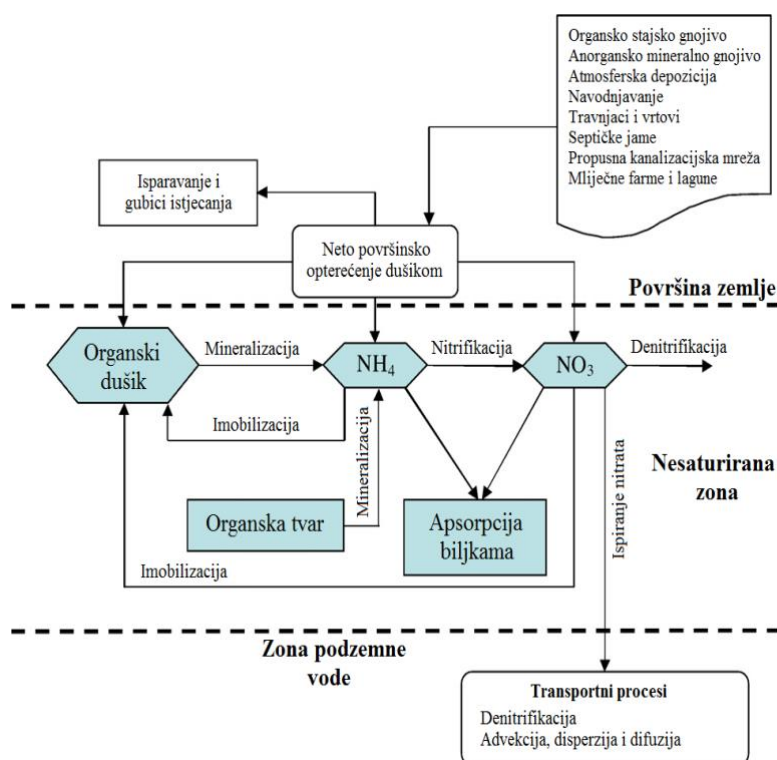
Natrij kao jedan od glavnih uzročnika salinizacije, odnosno alkalizacije tla, ujedno je i najizraženiji element degradacije sekundarnih minerala gline, s obzirom na to da zbog njegove povećane koncentracije najprije dolazi do potiskivanja površinski i/ili međuslojno adsorbiranoga kalcija ( $\text{Ca}^{2+}$ ), a zatim i drugih koagulatora ( $\text{Mg}^{2+}$ ) strukturnih agregata tla (Ondrašek i sur, 2015).

Kako navodi Šimunić (2013), u vodnom sustavu pesticidi na kakvoću voda utječu preko nekoliko čimbenika, od kojih su najznačajniji aktivna tvar u formulaciji pesticida sastojci, koji se nalaze kao onečišćenja u aktivnoj tvari, dodaci koji se miješaju s aktivnom tvari i produkti koji nastaju kemijskom, mikrobiološkom ili fotodegradacijom aktivne tvari. Zakonodavstvo Republike Hrvatske iz područja vodnog gospodarstva usklađeno je s zakonodavstvom EU tako da su u procesu usklađenja propisa, u zakonske i podzakonske akte nacionalnog zakonodavstva ugrađene i odredbe Okvirne direktive o vodama kao i odredbe ostalih direktiva EU koje se odnose na zaštitu i upravljanje vodama te kakvoće voda.

Okvirna direktiva o vodama (Directive 2000/60/EC) je najznačajniji pravni dokument Europske unije o upravljanju vodama, usvojen kao jedinstven pravni okvir zaštite kopnenih površinskih voda, prijelaznih voda, priobalnih voda i podzemnih voda na području Europe. Navedenim dokumentom predviđeni su pravni okviri, zajednička načela, smjernice, kao i obvezne aktivnosti i programi mjera s predviđenim rokovima izvršenja koje su dužne provoditi države članice kako bi se spriječilo daljnje pogoršanje stanja vodnih ekosustava i drugih o vodi ovisnih ekosustava, zaštitilo i poboljšalo stanje vodnih resursa, smanjilo i ograničilo onečišćenje voda te ublažile posljedice poplava i suša (Šimunić, 2013).

## 2.4. Kakvoća procjedne vode

Procjedna voda predstavlja infiltracijsku vodu koja se procjeđuje kroz nesaturiranu zonu tla, a koja nastaje poniranjem padalina, ili kao suvišak odnosno manjak kapilarne vode uslijed promjene atmosferskog tlaka ili kolebanja vodne plohe. Nesaturirana zona tla zapravo je ispunjena s dva neovisna fluida koji se istovremeno gibaju kroz zajednički porozni prostor, a to su voda i zrak. Matrični potencijal zadržava vodu iznad vodne plohe u različitim oblicima pomoću sila površinske napetosti koje ovise o veličini šupljina. Neposredno iznad vodne plohe javlja se voda koja se kontinuirano proteže od vodne plohe do visine kapilarnog dizanja. U ostalom dijelu ozračenog pojasa voda u obliku tankog filtra molekularne debljine prekriva sve krute čestice. U uslojenim sredinama nesaturirane zone dolazi do diskontinuiteta sadržaja vlage na dodiru pojedinačnih slojeva kao posljedica diskontinuiteta veličine šupljina. Samo pojas vode u tlu, koji doseže do dubine korijenskog usisavanja je uključen u evaporaciju i transpiraciju (Urumović, 2003).



Slika 2.3.1. Shematski prikaz kruženja dušika kroz nesaturiranu zonu

Izvor: Kovač, Z. (2017)

Kakvoća procjedne vode određuje se mjerenjem njezinih fizikalnih, bioloških i kemijskih parametara (pH, električne vodljivosti, koncentracija iona (kationa i aniona) te otopljenog organskog ugljika - DOC). Kakvoća vode koja se procjeđuje kroz poljoprivredna tla usko je povezana s primijenjenom poljoprivrednom praksom. Kako navodi Kisić (2012), procjedna ili gravitacijska voda koja se ispire kroz tlo mora biti potpuno bezopasna, a njezin kemijski sastav ne smije na duže vrijeme dovesti u opasnost biološku ravnotežu u akvatičnim ekosustavima koji dolaze u dodir s tako filtriranom vodom. U protivnom, tlo je onečišćeno, iz njega je u vodu koja protječe kroz masu tla otpuštena određena količina onečišćivača koji vodu čine ograničeno upotrebljivom ili neupotrebljivom za bilo koju namjenu. Prema Filipović i sur. (2013), najveće koncentracije nitrata u podzemnim vodama zabilježene su u područjima intenzivne poljoprivredne proizvodnje. Oborine utječu na brzinu procjeđivanja nitrata i procese razgradnje gnojiva te se s povećanjem oborina povećava i koncentracija dušika u podzemnim vodama. Nitrati ioni, kao anioni, nemaju sposobnost vezanja na adsorpcijski kompleks tla te su zbog toga podložni ispiranju u dublje slojeve tla i podzemnu vodu, a iz podzemne vode mogu biti uklonjeni samo procesima redukcije (Filipović, 2012). Najčešći dušikovi spojevi koji se nalaze u podzemnoj vodi su  $N_2$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$  i  $N_2O$  (Clark, 2015). Mesić i sur. (2002) ističu u svojem radu kako promjene u načinu korištenja tla mogu utjecati na povećanje ili smanjenje ispiranja dušika, pri čemu su naročito značajni procesi mineralizacije organske tvari. Filipović (2012) navodi da su najznačajniji procesi u ciklusu dušika nitrifikacija i denitrifikacija, ukoliko se razmatra utjecaj na koncentraciju nitrata u tlu i vodi (slika 2.3.1.).

Kao i kod podzemne vode, i kod kakvoće procjedne vode se posebna pozornost usmjerava na koncentraciju nitrata. U ovom kontekstu, nesaturirana zona zapravo predstavlja medij koji povezuje ulazne podatke vezane uz korištenje određenih količina dušika, s površine i u tlu, i izlazne podatke, koji su vidljivi u obliku određenih koncentracija, uglavnom nitrata, u podzemnoj vodi. U tu svrhu potrebno je definirati i objasniti glavne procese koji utječu na dinamiku dušika u nesaturiranoj i saturiranoj zoni. To su: fiksacija, mineralizacija, imobilizacija, degradacija organskog dušika, dekompozicija uree, aerobna i anaerobna nitrifikacija, denitrifikacija te ionizacija, isparavanje i sorpcija amonijaka (Filipović, 2012). Nitrifikacija je proces biološke oksidacije amonijevih iona. Odvija se u dva stupnja; prvo do nitrita, a zatim u nitrata. Za proces su nužne kemoautotrofne bakterije koje koriste anorganski ugljik kao izvor staničnog ugljika. Denitrifikacija je proces redukcije nitrata u plinovite oblike ( $N_2O$  i  $N_2$ ). Redukcija se odvija u nekoliko stupnjeva. Proces pospješuju heterotrofne bakterije kojima je potreban organski ugljik kao izvor energije. Denitrifikacija se odvija pri specifičnim

uvjetima u kontinentalnim i obalnim područjima (Seitzinger i sur. 2006). Posljedice povećane koncentracija nitrata u vodi za piće mogu uzrokovati razne bolesti kod djece i odraslih (kao što je methemoglobinemija ili rak), što je također tema mnogobrojnih istraživanja. Hooda i sur. (2000) u svojem radu iznose zaključke da je 97 – 98% dušika koji se ispire u obliku nitrata. Jedan od najvažnijih faktora koji utječe na koncentraciju nitrata u podzemnim vodama je svakako količina i raspored oborina. Pauwels i sur. (2000) su proveli istraživanja kojima su utvrdili razlike u koncentraciji nitrata na različitim dubinama (1 do 4 m, 7 do 15 m i 10 do 21 m). Utvrdili su da na koncentracije NO<sub>3</sub><sup>-</sup> u podzemnoj vodi utječu procesi denitrifikacije i razrjeđenja. Oksidacija atmosferskog N<sub>2</sub> pomoću munja, kako navodi Clark (2015), stvara NO i NO<sub>2</sub> koji se oksidiraju u nitrata pomoću atmosferskog ozona. Nitrati se zatim akumuliraju na površini te ispiru oborinama. U okviru aerobne i anaerobne degradacije takvih spojeva ugljika dolazi do otpuštanja reduciranog dušika u obliku amonijaka. Ukoliko se ova reakcija događa u nesaturiranoj zoni, ili primjerice u organskom gnojivu, može doći do isparavanja amonijaka ili njegova otapanja u vodi. Vrlo bitna reakcija je i dekompozicija uree, koja se danas vrlo često koristi u obliku granula, tijekom koje se pomoću bakterioloških reakcija otpušta amonijak za biljke. Bensa i sur. (2008) su promatrali ispiranje dušika iz tla procjednom vodom u uvjetima ratarske proizvodnje na dreniranom močvarnom glejnom tlu na području Donjeg Miholjca. Rezultati njihovog četverogodišnjeg istraživanja ukazuju da su koncentracije nitrata u procjednoj vodi varirale u vrlo širokom rasponu 1,9 – 231,3 mg L<sup>-1</sup>, uz maksimalne vrijednosti neposredno nakon primjene dušičnih gnojiva te u uvjetima obilnijih oborina. U izmjeranim količinama ispranog dušika dominirao je nitratni dušik, koji čini čak 93,1%, dok je amonijski predstavljao samo 6,9% od ukupno ispranog dušika (Filipović i sur., 2013).

Nitrati se posebno prate u procjednim i podzemnim vodama zbog poznatog mogućeg negativnog djelovanja na zdravlje ljudi. Najuočljiviji simptom trovanja nitratima, odnosno methemoglobinemije, je pojava plavo sive boje kože i sluznice, odnosno stanja zvanog cijanoza. Ostali simptomi su: glavobolja, anksioznost, neraspoloženost, umor, konfuzija, ubrzano disanje, vrtoglavica, lupanje i preskakanje srca. Uzorak krvi kod djece oboljelih od methemoglobinemije je čokoladno smeđe boje zbog manjka hemoglobina u krvi. Ukoliko se dijagnoza postavi na vrijeme, liječenje se relativno lako provodi bez posljedica na oboljelog, no bez odgovarajućeg tretmana methemoglobinemija može rezultirati oštećenjima unutarnih organa pa čak i smrću. Methemoglobinemija osobito pogađa dojenčad hranjenu dojenačkom formulom zbog visokog unosa nitrata naspram tjelesne težine. U prvim mjesecima života, dojenčad ima nisku proizvodnju želučane kiseline što pogoduje razvoju bakterija koje

reduciraju nitrata u nitrite. Od šestog mjeseca života probavni sustav dojenčeta je potpuno razvijen, povećana razina kiseline u želucu uništava većinu bakterija koje reduciraju nitrata te se rizik od razvijanja methemoglobinemije smanjuje. Dugotrajno konzumiranje visokih koncentracija nitrata dovedeno je u vezu s razvojem karcinogenih oboljenja jer nitriti reagiraju sa sekundarnim ili tercijarnim aminima u kiseloj sredini, pri čemu nastaju nitrozamini od kojih su mnogi karcinogeni. Postoje studije koje pokušavaju utvrditi vezu između nitrozamina i raka želuca, jednjaka i mjehura, no konačna povezanost nije dokazana zbog mnogih faktora koji također mogu utjecati na razvoj navedenih bolesti (Milinković, 2015).

Osim dušika, od visokog značaja za kakvoću procjedne vode je i koncentracija ostalih hranjiva, osobito fosfora. Fosfor u prirodi nalazi se najvećim dijelom u obliku fosfata. Zadovoljavajuća opskrba fosforom postiže se primjenom organskih i mineralnih gnojiva. Primjena fosfornih gnojiva, kao i dušičnih, ima određene posljedice u vidu transporta do vodotoka i njihove eutrofikacije. Raspon koncentracija fosfora u tlima kreće se od 0.1 do 3 g kg<sup>-1</sup>, ali bez obzira na relativno dobru zastupljenost u tlu pristupačnost fosfora biljkama je vrlo često slaba (Romić, 2003). Fosfor se iz tla gubi iznošenjem kulturom, površinskim otjecanjem, erozijom tla te ispiranjem. Najviše fosfora iz tla gubi se površinskim otjecanjem, tako da obilne oborine neposredno nakon gnojidbe mineralnim ili stajskim gnojem mogu uzrokovati značajne gubitke. Gubici fosfora vertikalnim procjeđivanjem kroz tlo su manji od gubitaka površinskim otjecanjem. Do procjeđivanja izvan rizosfere može doći kada se fosfor nalazi u topljivom organskom obliku (npr. stajski gnoj) i kada je premašen kapacitet tla da zadrži anorganske oblike fosfora (Romić, 2003).



### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Pokušalište Jazbina

Istraživanje je provedeno na vinogradarsko-vinarskom pokušalištu „Jazbina“. Pokušalište je i danas prije svega znanstveno-nastavni poligon i njegova je osnovna zadaća edukacija studenata i provođenje istraživanja iz područja vinogradarstva, vinarstva i voćarstva. Prostire se na oko 25 ha ograđenih površina i pruža jedinstvenu mogućnost stjecanja praktičnih znanja. U „Jazbini“ se provode vježbe i obavezna stručna praksa za studente studija Hortikultura, ali i druge studije Fakulteta. Na oko 9 ha površina pokušališta zasađeni su suvremeni vinogradi s brojnim tipičnim i gospodarski važnim sortama i njihovim klonovima prikladnim za ovo uzgojno područje (slika 3.1.1.). Tip tla na lokaciji istraživanja je pseudoglej obronačni.



**Slika 3.1.1.**Pokušalište Jazbina

Izvor: Benčak, K. (2018)

Vinogradarsko-vinarsko pokušalište Jazbina, prema pravilniku o zemljopisnim područjima uzgoja vinove loze, spada u vinogradarsku regiju zapadne kontinentalne Hrvatske koja ima specifične klimatske i geomorfološke karakteristike (Mirošević i Karoglan Kontić 2008). Prosječna godišnja temperatura na pokušalištu iznosi oko 10 °C, a količina oborina od 800 – 1000 mm (Maletić i sur, 2008). Vinograd je star 12 godina, redovi su okrenuti niz padinu, a međuredni prostor je zatravljen (Benčak, 2018).

Kako navodi Husnjak (2014), tip tla na istraživanom području je rigolano tlo iz pseudogleja obronačnog. Pseudoglej je tip tla koji se ubraja u red semiterestičkih tala, te razred pseudoglejnih i stagnoglejnih tala (Husnjak, 2014). Građa pseudoglejnih tala je Aoh/um–E/S–B/S–C. Pseudoglej obilježavaju, kako navodi Husnjak (2014), brojna ograničenja, a neka od važnijih su: kratko do dugo stagniranje oborinske vode, nepovoljni vodozračni odnosi, praškasta i nestabilna struktura u površinskim horizontima (A i E/S) te koherentna struktura slabo propusnog i zbijenog iluvijalno - pseudoglejnog horizonta (B/S), kisela reakcija tla, niska biološka aktivnost, srednje duboka do plitka ekološka dubina i dr. U vlažnoj fazi zadržava se oborinska voda u površinskom dijelu soluma te dolazi do redukcije Fe i Mn spojeva na dvovalentne spojeve koji su topivi u vodi i difuzno se kreću te izbljeđuju površine agregata i stijenke pora.

Na pokušalištu je smještena i "Nacionalna kolekcija autohtonih sorata vinove loze", koja danas broji više od 130 genotipova. Podignuta je s ciljem očuvanja hrvatskih autohtonih sorata vinove loze, osobito onih najugroženijih, koje su na taj način spašene od izumiranja. Za nastavne i praktične potrebe na pokušalištu se nalaze i manji nasadi stolnih i otpornih sorata. Trenutno je u tijeku važna obnova proizvodnih nasada. Osim nastavnih aktivnosti, na pokušalištu se provodi velik broj istraživanja iz područja vinogradarstva s naglaskom na očuvanje i evaluaciju autohtonih sorata, ispitivanje mogućnosti prilagodbe tehnologije uzgoja klimatskim promjenama, kao i istraživanja novih tehnologija u uzgoju vinove loze. Na pokušalištu je pokrenut i program uspostave predosnovnih i osnovnih matičnih nasada klonova autohtonih sorata vinove loze, koje su izdvojili znanstvenici sa Zavoda za vinogradarstvo i vinarstvo, te je pokrenut oplemenjivački program s ciljem stvaranja otpornih sorata vinove loze.

Na pokušalištu se tradicionalno proizvode vina visoke kakvoće od kojih većina nosi imena vezana uz povijest grada Zagreba, odnosno po likovima iz zagrebačkih pisaca Augusta Šenoe i Marije Jurić Zagorke. Zbog svoje zlatnožute boje Traminac je nazvan „Zlatarevo zlato“, Graševina nosi ime „Dore Krupićeve“, a „Crni vitez“ i „Kontesa Nera“ mješavine su crnih sorata. U dobrim vinogradarskim godinama ovdje se proizvode i predikatna vina, poput kasne berbe, izborne berbe bobica ili ledenog vina, a posljednjih godina i pjenušci „Bela“, „Crvena Katarina“ i vinjak „Baltazar“. Vina u najvećoj mjeri služe za reprezentativne potrebe Agronomskog fakulteta i Sveučilišta, no dostupna su i ostalim zainteresiranima budući da je Jazbina dio Vinske ceste grada Zagreba.

## 3.2. Instalacija tlačnih lizimetara

U svrhu provođenja ovog istraživanja, bilo je potrebno instalirati tlačne lizimetre u tlo. Dakle, postupak instalacije tlačnih lizimetara (36 kom.) (na pozicijama A I, A II, A III, B I, B II, B III, C I, C II, C III) se sastojao od nekoliko koraka. Najprije su se iskopale rupe za kompletan sustav tlačnog lizimetara (kao što je vidljivo na slici 3.2.1.) i postavljali spremnici za prikupljanje procjedne vode na odgovarajuću dubinu radi ostvarivanja pada cijevi i podtlaka. Kako bi se spriječilo začepljenje sustava, utor se iskopao u profilu na dubini od 30 cm i postavilo stakleno uže kroz sustav i filter mrežicu na tlačni lizimetar.



**Slika 3.2.1.** Iskop rupe za postavljanje tlačnih lizimetara

Izvor: Defterdarović, J. (2020.)

Idući korak je bio spajanje armirane fleksibilne cijevi i pričvršćivanje obujmicom na tlačni lizimetar. Tlačni lizimetar se zatim punio s prethodno prosušanim i usitnjenim tlom s iste dubine na koju se instalirao tlačni lizimetar (slike 3.2.2 i 3.2.3.). Zasipavalo se s kvarcnim brašnom radi ostvarivanja boljeg kontakta s gornjim tlom.





**Slika 3.2.2.** Punjenje tlačnog lizimetra

Izvor: Defterdarović, J. (2020.)



**Slika3.2.3.** Postavljanje tlačnog lizimetra

Izvor:Defterdarović, J. (2020.)

Zatim je slijedilo instaliranje tlačnog lizimetra u utor u profilu. Utiskivao se materijal (crijep i prilagođeni aluminijski ovjesi) ispod tlačnog lizimetra u utor radi osiguravanja boljeg kontakta s gornjim tlom te punjenje rupa ispod lizimetara tlom. Nakon toga su se spajale

armirane fleksibilne cijevi sa spremnikom za prikupljanje procjedne vode putem T-koljena i umetnute gumene manžete.

Idući korak bilo je silikoniranje spojeva radi osiguravanja zabrtvljenosti i instalirale vertikalne cijevi na spremnik i radi omogućavanja uzorkovanja procjedne vode, kao što je prikazano na slici 3.2.4.



**Slika 3.2.4.**Spajanje armiranih fleksibilnih cijevi sa spremnikom

Izvor:Defterdarović, J. (2020.)

### 3.3. Prikupljanje uzoraka procjedne vode

Voda procijedena u tlačnim lizimetrima uzorkovana je tri puta s razmakom dva tjedna, dva puta u prosincu 2020. godine (07. i 18. prosinca 2020.) te jednom u siječnju 2021. godine (07. siječnja 2021).

Za mjerenje kemijskih parametara, na terenu je po svakom uzorkovanju uzeto 36 uzoraka vode iz tlačnih lizimetara instaliranih na vrhu, sredini i dnu padine. Na vrhu padine uzorci su uzeti iz 4 tlačna lizimetra u triplikatu, ukupno 12 uzoraka. Na sredini i dnu padine dinamika uzorkovanja bila je ista kao i na vrhu padine: procjedna voda se uzorkovala također iz 4 lizimetra u triplikatu na sredini i 4 lizimetra u triplikatu na dnu padine, što je s uzorcima s vrha padine činilo ukupno 36 uzoraka procjedne vode.

U ukupno tri uzorkovanja, za ovaj diplomski rad korišteni su podaci o kemijskoj kakvoći procjedne vode vinogradskog padinskog tla dobiveni od ukupno 108 uzoraka procjedne vode.

### 3.4. Laboratorijske analize kemijske kakvoće procjedne vode

Mjerenje kemijskih parametara u uzorcima vode učinjeno je u akreditiranom području rada laboratorija Zavoda za melioracije – *MELILAB*, prema akreditaciji provedenoj od strane Hrvatske Akreditacijske Agencije (17025 · HAA).

U uzorcima procjedne vode mjereni su pH i električna vodljivost (E.C.) te koncentracije nitrita ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ), amonijaka ( $\text{NH}_4^+$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), hidrogenkarbonata ( $\text{HCO}_3^-$ ), fosfata ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), sulfata ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), kalcija ( $\text{Ca}^{2+}$ ), kalija ( $\text{K}^+$ ), magnezija ( $\text{Mg}^{2+}$ ), natrija ( $\text{Na}^+$ ) te ukupnog organskog ugljika (TOC) i otopljenog organskog ugljika (DOC).

Mjerenje pH vode obavljeno je na pH-metru, *MettlerToledo*, prema normi HRN EN ISO 10523:2012. Električna vodljivost (E.C.) uzoraka vode je izmjerena prema normi HRN EN 27888:2008 na EC-metru MPC 227, *MettlerToledo*.

Analiza TOC-a i DOC-a provedena je pomoću analizatora ukupnog organskog ugljika (vario TOC Cube, *Elementar*; kao što je vidljivo na slici 3.4.1.), prema normi HRN EN 1484:2002. Uzorak vode filtrira se bijelom vrpcom.

Nakon toga se stavljaju viala (posude) s uzorkom u držač automatskog uzorkivača instrumenta. Tekući uzorak se usisava pomoću automatskog uzorkivača i izravno ubrizgava u cijev za sagorijevanje gdje se odvija katalitička oksidacija. Zatim računalno izračunava udio ugljika iz volumena uzorka i signala detektora dobivenog na kalibracijskoj krivulji.

Nakon zakiseljavanja uzorka, dobije se ukupni organski ugljik (TOC), a otopljeni organski ugljik (DOC) dobije se filtriranjem zakiseljenog uzorka filterom promjera membrane 0,45 µm.



**Slika 3.4.1.** Analizator ukupnog organskog ugljika

Izvor: Defterdarović, J. (2020.)

Automatski analizator kontinuiranog protoka (San ++ ContinuousFlow Auto-Analyzer, *Skalar*) prikazan je na slici 3.4.2. Pomoću njega su određeni  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  te  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{Cl}^-$  prema normativnim dokumentima kako slijedi:

- Amonijak: HRN EN ISO 11732:2008,
- Nitrati: HRN EN ISO 13395:1998,
- Nitriti: HRN EN ISO 13395:1998,
- Kloridi: SKALAR METHODS No. 514 (ISO 15682:1992).

Hidrogenkarbonati, kalcij i magnezij određeni su titracijski, dok su se koncentracije kalija i natrija očitavale korištenjem Atorskog Apsorpcijskog Spektrometra - AAS (Atomic Absorption Spectrometer 3110, Perkin–Elmer).

U svim navedenim ispitivanjima su korišteni i referentni uzorci vode, koji su dobiveni iz međunarodne usporedbe laboratorija za analize vode IFA-Tulln, Austrija (*Interlaboratory Proficiency Testing Scheme*), kako bi se kontrolirala kvaliteta provođenja ovog postupka.



**Slika 3.4.2.** Analizator kontinuiranog protoka u MELILAB-u.

Izvor: Defterdarović, J. (2020.)



### **3.5. Statistička obrada podataka**

Statistička obrada podataka s obzirom na točnu lokaciju uzorkovanja na padini – vrh, sredina ili dno padine, provedena je u SAS programu (Statistical Analysis Software, SAS Institute Inc., Version 8.3 Update 1, Cary NC USA, 2019-2020).

One-Way ANOVA korištena je za analizu varijance, a značajnost razlike između srednjih vrijednosti određena je Tukeyevim testom (Tukey's Studentized Range Honest Significant Difference - HSD Test) pri  $P < 0,05$ .

#### 4. REZULTATI I RASPRAVA

36 uzoraka je označeno oznakom lizimetar - L i rednim brojevima. Uzorci L1 – L12 uzeti su iz lizimetara koji su se nalazili na vrhu padine, L13-L24 na sredini padine te L25 – L36 na dnu padine. U svakom od tri termina uzorkovanja uzeto je 36 uzoraka, ukupno 108 uzoraka procjedne vode.

Prvo uzorkovanje obavljeno je 07. prosinca. Kao što vidimo u tablici 4.1., rezultati kod 36 uzoraka su bili sljedeći. Pri temperaturi od 25 °C, najmanja pH vrijednost u uzorcima bila je 5,7, a najveća 6,5, što znači da je voda uglavnom bila kisele reakcije tla. Najmanja vrijednost E.C. bila je 9,3 na dnu padine, a najveća 22,2 mS/m na vrhu padine. Najmanja vrijednost hidrogen-karbonatnih iona je bila najmanja 23, a najveća 101 mg / l, u sredini padine.

Najmanja vrijednost klorida je bila 4,7, a najveća 14 mg /l. Najmanja vrijednost sulfata je bila 11, a najveća 30 mg/l, najmanja vrijednost kalcijevih iona je bila 8,9, a najveća 30 mg/l, najmanja vrijednost kalijevih iona je bila 1,7, a najveća 7,6 mg/l, najmanja vrijednost magnezijevih iona je bila 4,0 , a najveća 8,0mg / l, najmanja vrijednost natrijevih iona je bila 1,6, a najveća 8,6mg / l. najmanja vrijednost TOC je bila 8,9, a najveća je bila 29 mg/l i najmanja vrijednost DOC je bila 7,1, a najveća 42 mg /l.

Osim Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008), u Hrvatskoj nemamo drugih Pravilnika koji propisuju kakvoću vode, uključujući procjednu i podzemnu vodu. Međutim, kako je kakvoća procjedne vode usko povezana s kakvoćom podzemne vode koja je izvor vode za piće, Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008) može se koristiti za interpretaciju rezultata. Navedeni Pravilnik od osobitog je značaja za koncentraciju nitrata i amonijaka. Najmanja vrijednost amonijaka bila je 0,40, a najveća 2,1mg/l, što je prelazilo granicu maksimalne dozvoljene koncentracije – MDK navedenoj u Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008). Ipak, najmanja vrijednost nitrata bila je 0,35, a najveća 7,8mg/l, dok je najmanja vrijednost nitrita bila 0,03 a najveća 0,26 mg/l. Prema tome, možemo zaključiti da procjedna voda nije imala veća onečišćenja nitratima i nitritima. Svi ostali mjereni parametri također nisu pokazali veća odstupanja od dopuštenih.

**Tablica 4.1.** Rezultati prvog uzorkovanja procjedne vode na pokušalištu Jazbina provedenog 07. prosinca 2020. godine.

| Oznaka<br>uzorka |        | pH<br>25°C | E.C.<br>mS / m | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Ca <sup>2+</sup> | K <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | TOC | DOC |
|------------------|--------|------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|-----|-----|
|                  |        | mg / l     |                |                               |                              |                              |                              |                               |                 |                               |                  |                |                  |                 |     |     |
| VRH PADINE       | L - 1  | 6,5        | 22,2           | 92                            | 0,40                         | 3,9                          | 0,039                        | 0,037                         | 8,9             | 24                            | 23               | 2,2            | 8,0              | 5,0             | 14  | 13  |
|                  | L - 2  | 5,9        | 10,3           | 43                            | 0,80                         | 1,2                          | 0,11                         | 0,13                          | 5,7             | 15                            | 8,9              | 5,1            | 5,1              | 2,9             | 8,9 | 8,3 |
|                  | L - 3  | 6,1        | 12,1           | 58                            | 0,93                         | 0,70                         | 0,089                        | 0,11                          | 6,0             | 11                            | 12               | 6,1            | 5,2              | 1,9             | 11  | 10  |
|                  | L - 4  | 6,1        | 18,7           | 61                            | 0,70                         | 0,95                         | 0,092                        | 0,074                         | 14              | 25                            | 14               | 7,6            | 5,9              | 7,9             | 11  | 11  |
|                  | L - 5  | 5,7        | 14,7           | 26                            | 0,96                         | 2,4                          | 0,062                        | <0,031                        | 8,1             | 32                            | 11               | 2,4            | 5,3              | 7,9             | 9,1 | 9,3 |
|                  | L - 6  | 6,0        | 16,3           | 35                            | 0,87                         | 3,5                          | 0,062                        | 0,049                         | 8,2             | 33                            | 13               | 2,0            | 5,7              | 7,1             | 17  | 11  |
|                  | L - 7  | 6,2        | 15,0           | 55                            | 1,8                          | <0,35                        | 0,043                        | <0,031                        | 8,0             | 15                            | 14               | 3,3            | 5,4              | 3,8             | 15  | 15  |
|                  | L - 8  | 6,1        | 17,1           | 43                            | 2,0                          | 4,1                          | 0,11                         | <0,031                        | 11              | 27                            | 13               | 2,2            | 5,7              | 8,6             | 11  | 9,7 |
|                  | L - 9  | 6,0        | 13,2           | 24                            | 0,85                         | 3,8                          | 0,20                         | 0,20                          | 8,8             | 27                            | 9,5              | 2,4            | 5,0              | 6,0             | 13  | 10  |
|                  | L - 10 | 6,2        | 19,6           | 52                            | 0,89                         | 1,5                          | 0,036                        | <0,031                        | 12              | 29                            | 17               | 2,0            | 5,6              | 7,6             | 29  | 29  |
|                  | L - 11 | 6,0        | 13,2           | 32                            | 1,7                          | 1,5                          | 0,036                        | <0,031                        | 10              | 21                            | 11               | 3,7            | 5,7              | 5,4             | 10  | 7,1 |
|                  | L - 12 | 6,1        | 16,4           | 52                            | 0,85                         | <0,35                        | 0,066                        | 0,067                         | 10              | 21                            | 15               | 2,3            | 5,6              | 5,7             | 11  | 8,8 |
| SREDINA PADINE   | L - 13 | 6,2        | 13,4           | 38                            | 0,91                         | 0,88                         | 0,19                         | 0,071                         | 8,0             | 22                            | 11               | 2,9            | 5,8              | 4,3             | 9,1 | 9,6 |
|                  | L - 14 | 6,1        | 11,3           | 37                            | 0,64                         | <0,35                        | 0,072                        | 0,18                          | 5,6             | 16                            | 11               | 3,8            | 4,2              | 2,4             | 12  | 10  |
|                  | L - 15 | 6,1        | 21,3           | 75                            | 0,90                         | 2,1                          | 0,039                        | 0,031                         | 11              | 25                            | 21               | 2,2            | 7,8              | 5,4             | 13  | 12  |
|                  | L - 16 | 6,0        | 15,2           | 41                            | 0,90                         | 1,3                          | 0,053                        | 0,037                         | 8,7             | 22                            | 13               | 2,7            | 6,0              | 5,1             | 8,5 | 7,8 |
|                  | L - 17 | 6,3        | 12,0           | 40                            | 1,8                          | <0,35                        | 0,076                        | 0,067                         | 5,9             | 17                            | 10               | 2,5            | 4,2              | 4,6             | 14  | 13  |
|                  | L - 18 | 6,0        | 11,2           | 31                            | 0,90                         | 1,2                          | 0,059                        | 0,055                         | 5,8             | 19                            | 9,8              | 2,0            | 4,0              | 3,2             | 12  | 10  |
|                  | L - 19 | 6,0        | 14,6           | 38                            | 0,95                         | 3,6                          | 0,092                        | 0,043                         | 7,1             | 24                            | 13               | 1,9            | 5,0              | 4,9             | 13  | 12  |
|                  | L - 20 | 6,1        | 14,0           | 38                            | 2,0                          | 4,0                          | 0,056                        | <0,031                        | 7,5             | 21                            | 13               | 1,7            | 5,3              | 3,2             | 10  | 8,6 |
|                  | L - 21 | 6,2        | 20,8           | 72                            | 0,85                         | 7,8                          | 0,066                        | 0,064                         | 7,1             | 23                            | 22               | 2,3            | 7,1              | 5,4             | 16  | 16  |
|                  | L - 22 | 6,1        | 17,4           | 58                            | 1,8                          | 0,63                         | 0,062                        | 0,052                         | 8,5             | 26                            | 17               | 2,9            | 6,9              | 4,7             | 13  | 12  |
|                  | L - 23 | 6,1        | 27,5           | 101                           | 0,81                         | 8,9                          | 0,033                        | <0,031                        | 10              | 28                            | 30               | 2,3            | 9,6              | 5,7             | 44  | 42  |
|                  | L - 24 | 6,0        | 17,2           | 47                            | 1,9                          | 1,0                          | 0,092                        | 0,031                         | 9,0             | 30                            | 14               | 1,8            | 6,1              | 6,7             | 9,1 | 8,1 |
| DNO PADINE       | L - 25 | 6,0        | 16,2           | 52                            | 0,58                         | 3,8                          | 0,082                        | 0,30                          | 6,9             | 25                            | 16               | 4,4            | 5,8              | 2,6             | 10  | 9,9 |
|                  | L - 26 | 6,3        | 24,5           | 75                            | 0,91                         | 13                           | 0,036                        | 0,037                         | 8,6             | 32                            | 25               | 3,7            | 8,5              | 4,1             | 15  | 15  |
|                  | L - 27 | 5,7        | 10,8           | 23                            | 0,70                         | 4,7                          | 0,069                        | 0,077                         | 5,4             | 23                            | 9,2              | 2,7            | 4,0              | 2,1             | 5,9 | 5,8 |
|                  | L - 28 | 6,2        | 13,7           | 46                            | 0,80                         | 3,5                          | 0,099                        | 1,3                           | 5,6             | 16                            | 13               | 6,6            | 5,1              | 2,3             | 10  | 10  |
|                  | L - 29 | 6,1        | 9,3            | 26                            | 1,7                          | 2,0                          | 0,16                         | 0,27                          | 4,7             | 20                            | 9,2              | 5,2            | 5,3              | 1,6             | 10  | 9,6 |
|                  | L - 30 | 6,1        | 11,9           | 38                            | 0,78                         | 1,4                          | 0,13                         | 0,86                          | 5,1             | 21                            | 11               | 5,5            | 4,8              | 2,4             | 22  | 16  |
|                  | L - 31 | 6,0        | 10,5           | 31                            | 1,0                          | 1,4                          | 0,20                         | 0,50                          | 5,7             | 23                            | 9,9              | 6,2            | 6,1              | 1,6             | 20  | 14  |
|                  | L - 32 | 6,0        | 11,3           | 29                            | 2,1                          | 2,5                          | 0,12                         | 0,14                          | 6,4             | 21                            | 11               | 4,3            | 5,5              | 2,1             | 11  | 10  |
|                  | L - 33 | 6,1        | 13,2           | 41                            | 1,3                          | <0,35                        | 0,066                        | 0,074                         | 6,0             | 21                            | 13               | 4,0            | 5,3              | 2,3             | 19  | 19  |
|                  | L - 34 | 6,2        | 11,8           | 35                            | 1,1                          | 0,86                         | 0,26                         | 0,083                         | 6,4             | 21                            | 12               | 3,9            | 4,7              | 2,4             | 14  | 13  |
|                  | L - 35 | 6,1        | 17,4           | 46                            | 0,94                         | <0,35                        | 0,039                        | <0,031                        | 9,2             | 30                            | 16               | 2,0            | 5,6              | 6,0             | 17  | 17  |
|                  | L - 36 | 5,7        | 16,4           | 49                            | 0,98                         | 0,81                         | 0,049                        | 0,034                         | 8,0             | 29                            | 16               | 2,2            | 5,4              | 4,9             | 18  | 16  |

**Tablica 4.2.** Rezultati drugog uzorkovanja procjedne vode na pokušalištu Jazbina provedenog 18. prosinca 2020. godine.

| Oznaka uzorka  |        | pH 25°C | E.C. mS / m | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Ca <sup>2+</sup> | K <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | TOC | DOC |
|----------------|--------|---------|-------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|-----|-----|
|                |        | mg / l  |             |                               |                              |                              |                              |                               |                 |                               |                  |                |                  |                 |     |     |
| VRH PADINE     | L - 1  | 6,6     | 16,4        | 56                            | 0,80                         | 2,6                          | <0,033                       | 0,037                         | 8,7             | 21                            | 16               | 2,3            | 5,9              | 3,7             | 7,7 | 7,2 |
|                | L - 2  | 6,3     | 14,5        | 46                            | 1,5                          | 3,5                          | 0,036                        | 0,092                         | 9,7             | 21                            | 13               | 2,7            | 5,5              | 3,5             | 6,8 | 7,3 |
|                | L - 3  | 6,4     | 17,2        | 66                            | 1,2                          | 2,6                          | 0,036                        | 0,59                          | 9,2             | 16                            | 17               | 4,8            | 6,5              | 2,7             | 10  | 9,4 |
|                | L - 4  | 6,4     | 18,3        | 58                            | 0,93                         | <0,35                        | <0,033                       | 0,098                         | 11              | 29                            | 15               | 2,8            | 6,4              | 7,9             | 10  | 7,0 |
|                | L - 5  | 6,2     | 17,9        | 31                            | 1,1                          | 4,6                          | <0,033                       | 0,040                         | 9,7             | 40                            | 13               | <1,0           | 6,1              | 7,7             | 5,3 | 4,2 |
|                | L - 6  | 6,4     | 18,8        | 52                            | 0,75                         | 2,1                          | <0,033                       | 0,30                          | 7,9             | 36                            | 18               | 1,4            | 6,9              | 4,8             | 9,9 | 9,7 |
|                | L - 7  | 6,3     | 16,5        | 61                            | 0,77                         | <0,35                        | <0,033                       | 0,061                         | 7,5             | 22                            | 17               | 2,3            | 5,9              | 4,0             | 17  | 15  |
|                | L - 8  | 6,2     | 15,4        | 52                            | 2,7                          | 1,4                          | <0,033                       | 0,055                         | 9,0             | 23                            | 13               | 2,4            | 5,7              | 4,6             | 5,7 | 5,6 |
|                | L - 9  | 6,1     | 13,7        | 31                            | 1,2                          | 2,3                          | <0,033                       | 0,052                         | 9,6             | 26                            | 10               | 1,3            | 4,5              | 5,5             | 5,9 | 5,4 |
|                | L - 10 | 6,4     | 18,4        | 52                            | 1,1                          | 1,0                          | <0,033                       | 0,23                          | 11              | 29                            | 18               | 1,7            | 5,7              | 5,3             | 10  | 9,8 |
|                | L - 11 | 6,3     | 15,8        | 49                            | 1,4                          | 0,64                         | 0,033                        | 0,058                         | 10              | 25                            | 13               | <1,0           | 5,2              | 4,9             | 6,3 | 4,6 |
|                | L - 12 | 6,4     | 16,3        | 52                            | 1,2                          | 1,0                          | <0,033                       | 0,052                         | 9,8             | 25                            | 14               | <1,0           | 5,4              | 4,8             | 4,0 | 3,6 |
| SREDINA PADINE | L - 13 | 6,5     | 10,8        | 40                            | 1,1                          | <0,35                        | <0,033                       | 0,19                          | 5,3             | 19                            | 11               | 2,8            | 4,2              | 1,6             | 6,4 | 6,3 |
|                | L - 14 | 6,4     | 13,4        | 47                            | 1,1                          | <0,35                        | <0,033                       | 0,18                          | 6,0             | 21                            | 13               | 3,0            | 5,4              | 2,3             | 6,9 | 6,8 |
|                | L - 15 | 6,6     | 20,6        | 81                            | 0,82                         | 1,7                          | <0,033                       | 0,049                         | 8,3             | 25                            | 23               | 1,8            | 7,7              | 3,5             | 5,8 | 5,5 |
|                | L - 16 | 6,5     | 17,1        | 46                            | 1,2                          | 1,0                          | <0,033                       | 0,089                         | 8,7             | 31                            | 14               | <1,0           | 6,6              | 4,5             | 3,3 | 3,4 |
|                | L - 17 | 6,5     | 16,5        | 64                            | 1,1                          | <0,35                        | <0,033                       | <0,031                        | 5,6             | 21                            | 17               | 1,3            | 5,8              | 3,2             | 20  | 17  |
|                | L - 18 | 6,6     | 11,3        | 37                            | 0,88                         | 1,1                          | <0,033                       | 0,052                         | 5,2             | 20                            | 11               | 1,6            | 4,2              | 2,6             | 8,4 | 6,5 |
|                | L - 19 | 6,6     | 15,2        | 55                            | 1,4                          | 0,88                         | <0,033                       | 0,034                         | 6,4             | 22                            | 16               | 1,3            | 5,4              | 3,0             | 12  | 11  |
|                | L - 20 | 6,4     | 12,0        | 34                            | 1,5                          | 1,6                          | <0,033                       | 0,15                          | 6,6             | 20                            | 11               | 1,4            | 4,6              | 2,6             | 13  | 11  |
|                | L - 21 | 6,4     | 16,5        | 61                            | 0,87                         | 2,1                          | <0,033                       | 0,037                         | 6,2             | 21                            | 18               | 1,8            | 6,0              | 2,8             | 9,8 | 8,9 |
|                | L - 22 | 6,2     | 13,0        | 41                            | 1,2                          | 2,7                          | 0,059                        | 0,098                         | 6,0             | 20                            | 12               | 1,7            | 5,0              | 2,8             | 12  | 9,7 |
|                | L - 23 | 6,3     | 22,7        | 92                            | 1,1                          | 3,5                          | <0,033                       | <0,031                        | 8,4             | 23                            | 26               | 2,0            | 8,1              | 3,3             | 19  | 17  |
|                | L - 24 | 6,3     | 15,0        | 49                            | 1,3                          | 1,1                          | <0,033                       | 0,10                          | 7,5             | 24                            | 13               | 1,2            | 5,6              | 4,5             | 8,2 | 7,3 |
| DNO PADINE     | L - 25 | 6,3     | 14,0        | 46                            | 1,1                          | 2,7                          | 0,046                        | 0,29                          | 6,8             | 23                            | 14               | 3,0            | 5,2              | 2,0             | 9,8 | 9,8 |
|                | L - 26 | 6,5     | 19,4        | 67                            | 0,90                         | 5,7                          | <0,033                       | 1,1                           | 7,9             | 24                            | 21               | 2,8            | 7,0              | 2,0             | 8,2 | 7,8 |
|                | L - 27 | 5,9     | 11,3        | 26                            | 1,3                          | 2,9                          | <0,033                       | 0,14                          | 6,5             | 23                            | 10               | 2,3            | 4,2              | 2,0             | 8,5 | 9,0 |
|                | L - 28 | 6,4     | 18,0        | 75                            | 1,1                          | 0,41                         | <0,033                       | 0,26                          | 7,5             | 23                            | 19               | 4,4            | 6,5              | 2,9             | 9,1 | 9,7 |
|                | L - 29 | 6,5     | 11,1        | 40                            | 1,1                          | 2,1                          | 0,099                        | 0,32                          | 4,5             | 19                            | 11               | 4,2            | 4,8              | 1,3             | 9,3 | 9,6 |
|                | L - 30 | 6,8     | 15,2        | 59                            | 0,90                         | <0,35                        | 0,049                        | 0,61                          | 5,4             | 22                            | 17               | 3,3            | 5,3              | 1,8             | 8,5 | 8,5 |
|                | L - 31 | 6,5     | 13,3        | 47                            | 2,0                          | 2,5                          | 0,069                        | 0,32                          | 6,4             | 20                            | 14               | 4,5            | 5,7              | 1,7             | 8,1 | 7,4 |
|                | L - 32 | 6,3     | 13,1        | 41                            | 1,5                          | 2,9                          | 0,076                        | 0,23                          | 6,5             | 22                            | 14               | 3,3            | 5,2              | 1,9             | 7,5 | 6,1 |
|                | L - 33 | 6,2     | 13,6        | 49                            | 0,93                         | 0,45                         | 0,039                        | 0,21                          | 5,9             | 21                            | 14               | 2,6            | 5,1              | 2,6             | 8,2 | 8,6 |
|                | L - 34 | 6,2     | 12,4        | 44                            | 1,0                          | 0,38                         | 0,079                        | 0,15                          | 6,1             | 19                            | 12               | 3,1            | 4,8              | 3,0             | 8,2 | 7,0 |
|                | L - 35 | 6,4     | 17,0        | 52                            | 0,93                         | <0,35                        | <0,033                       | <0,031                        | 7,8             | 27                            | 17               | 1,4            | 5,9              | 4,1             | 8,6 | 8,4 |
|                | L - 36 | 6,5     | 16,7        | 47                            | 1,1                          | <0,35                        | <0,033                       | 0,040                         | 8,1             | 28                            | 17               | 1,5            | 5,6              | 3,7             | 8,5 | 8,6 |

**Tablica 4.3.** Rezultati trećeg uzorkovanja procjedne vode na pokušalištu Jazbina provedenog 07. siječnja 2021. godine.

| Oznaka<br>uzorka |        | pH<br>25°C | E.C.<br>mS / m | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Ca <sup>2+</sup> | K <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | TOC | DOC |
|------------------|--------|------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|-----|-----|
|                  |        |            |                | mg / l                        |                              |                              |                              |                               |                 |                               |                  |                |                  |                 |     |     |
| VRH PADINE       | L - 1  | 6,6        | 11,8           | 38                            | 1,7                          | 1,5                          | 0,11                         | 0,10                          | 6,1             | 25                            | 11               | 3,6            | 5,3              | 2,4             | 7,0 | 6,3 |
|                  | L - 2  | 6,3        | 12,8           | 46                            | 1,6                          | 1,5                          | 0,089                        | 0,089                         | 6,9             | 27                            | 12               | 3,2            | 5,4              | 2,6             | 9,9 | 8,8 |
|                  | L - 3  | 6,2        | 13,1           | 46                            | 1,6                          | 1,3                          | 0,066                        | 0,034                         | 7,1             | 27                            | 12               | 2,6            | 5,2              | 2,8             | 9,6 | 7,9 |
|                  | L - 4  | 6,6        | 14,0           | 64                            | 2,1                          | <0,35                        | 0,085                        | 0,077                         | 5,7             | 24                            | 14               | 5,4            | 5,7              | 1,6             | 14  | 8,3 |
|                  | L - 5  | 6,6        | 14,4           | 61                            | 1,4                          | <0,35                        | 0,069                        | 0,077                         | 6,4             | 26                            | 14               | 4,3            | 5,7              | 3,0             | 10  | 8,1 |
|                  | L - 6  | 6,4        | 14,9           | 38                            | 1,6                          | 2,6                          | 0,043                        | 0,031                         | 8,5             | 25                            | 12               | 1,2            | 5,6              | 5,3             | 6,0 | 5,1 |
|                  | L - 7  | 6,3        | 15,3           | 63                            | 2,0                          | <0,35                        | 0,062                        | <0,031                        | 7,0             | 14                            | 15               | 2,0            | 5,5              | 3,0             | 7,0 | 6,3 |
|                  | L - 8  | 6,4        | 14,3           | 61                            | 2,6                          | <0,35                        | 0,049                        | <0,031                        | 7,8             | 10                            | 15               | 2,3            | 5,3              | 2,3             | 8,0 | 6,8 |
|                  | L - 9  | 6,3        | 11,3           | 26                            | 1,7                          | 0,57                         | 0,062                        | <0,031                        | 7,8             | 20                            | 8,1              | 1,1            | 3,5              | 4,0             | 5,5 | 5,4 |
|                  | L - 10 | 6,6        | 16,6           | 61                            | 1,2                          | 1,0                          | 0,043                        | 0,031                         | 8,5             | 21                            | 16               | 1,8            | 5,6              | 4,1             | 7,3 | 6,2 |
|                  | L - 11 | 6,5        | 15,3           | 52                            | 1,7                          | 0,84                         | 0,046                        | 0,034                         | 8,4             | 18                            | 14               | 1,7            | 5,3              | 3,5             | 6,9 | 6,0 |
|                  | L - 12 | 6,5        | 13,1           | 46                            | 1,6                          | 0,78                         | 0,049                        | 0,040                         | 7,8             | 13                            | 12               | 1,9            | 4,8              | 3,0             | 5,9 | 5,1 |
| SREDINA PADINE   | L - 13 | 6,6        | 11,5           | 44                            | 1,4                          | 0,49                         | 0,13                         | 0,17                          | 5,5             | 15                            | 12               | 3,7            | 4,8              | 1,5             | 9,2 | 5,9 |
|                  | L - 14 | 6,4        | 11,7           | 44                            | 1,3                          | 0,44                         | 0,079                        | 0,14                          | 5,2             | 16                            | 11               | 2,8            | 4,8              | 1,8             | 8,1 | 6,2 |
|                  | L - 15 | 6,4        | 14,4           | 53                            | 1,6                          | 0,67                         | 0,053                        | 0,043                         | 5,9             | 18                            | 14               | 2,0            | 5,6              | 2,1             | 6,8 | 5,3 |
|                  | L - 16 | 6,4        | 17,8           | 76                            | 1,4                          | 0,84                         | 0,062                        | 0,043                         | 7,1             | 16                            | 20               | 2,2            | 6,6              | 2,0             | 9,6 | 7,5 |
|                  | L - 17 | 6,9        | 14,7           | 40                            | 1,5                          | 2,1                          | 0,059                        | 0,055                         | 8,2             | 27                            | 12               | 1,6            | 5,6              | 5,4             | 5,4 | 5,2 |
|                  | L - 18 | 7,0        | 16,1           | 63                            | 1,4                          | <0,35                        | 0,059                        | <0,031                        | 5,9             | 23                            | 16               | <1,0           | 6,0              | 4,2             | 6,8 | 6,6 |
|                  | L - 19 | 6,6        | 13,1           | 47                            | 1,4                          | 1,0                          | <0,033                       | 0,031                         | 5,5             | 12                            | 14               | 1,5            | 4,7              | 1,9             | 6,5 | 5,2 |
|                  | L - 20 | 6,1        | 12,5           | 43                            | 1,5                          | 2,4                          | <0,033                       | <0,031                        | 6,8             | 12                            | 13               | 1,3            | 4,3              | 2,3             | 5,0 | 4,2 |
|                  | L - 21 | 6,5        | 13,0           | 46                            | 1,2                          | 2,3                          | 0,059                        | 0,061                         | 6,0             | 17                            | 14               | 2,2            | 4,8              | 2,2             | 8,1 | 5,3 |
|                  | L - 22 | 6,4        | 10,8           | 37                            | 1,3                          | 0,60                         | 0,085                        | 0,077                         | 5,0             | 19                            | 10               | 1,5            | 4,2              | 2,2             | 7,1 | 4,6 |
|                  | L - 23 | 6,6        | 13,9           | 55                            | 1,3                          | 0,53                         | 0,039                        | 0,043                         | 5,5             | 17                            | 15               | 1,7            | 5,0              | 2,1             | 7,6 | 5,4 |
|                  | L - 24 | 6,0        | 10,8           | 38                            | 2,1                          | <0,35                        | <0,033                       | 0,034                         | 5,9             | 20                            | 9,9              | 1,8            | 4,0              | 2,2             | 7,3 | 4,7 |
| DNO PADINE       | L - 25 | 6,4        | 12,5           | 43                            | 1,6                          | 1,2                          | <0,033                       | 0,21                          | 6,2             | 22                            | 13               | 3,5            | 5,0              | 1,6             | 9,1 | 6,0 |
|                  | L - 26 | 6,5        | 13,7           | 52                            | 2,0                          | 1,7                          | 0,079                        | 0,11                          | 5,9             | 23                            | 14               | 3,5            | 5,3              | 1,5             | 9,9 | 7,4 |
|                  | L - 27 | 6,4        | 11,5           | 37                            | 1,5                          | 2,0                          | 0,099                        | 0,13                          | 5,7             | 24                            | 12               | 3,5            | 4,8              | 1,4             | 9,4 | 6,2 |
|                  | L - 28 | 6,3        | 11,1           | 38                            | 1,4                          | 1,8                          | 0,082                        | 0,18                          | 5,1             | 21                            | 11               | 3,9            | 4,8              | 1,4             | 9,5 | 5,9 |
|                  | L - 29 | 6,2        | 13,7           | 49                            | 2,2                          | 0,92                         | <0,033                       | 0,19                          | 7,0             | 22                            | 14               | 2,4            | 5,1              | 2,1             | 7,2 | 5,0 |
|                  | L - 30 | 6,7        | 11,0           | 41                            | 1,5                          | 1,6                          | 0,13                         | 0,28                          | 4,7             | 21                            | 12               | 5,3            | 5,2              | 1,3             | 13  | 6,3 |
|                  | L - 31 | 6,6        | 19,3           | 85                            | 1,4                          | 0,56                         | <0,033                       | 0,049                         | 4,7             | 23                            | 25               | 2,7            | 6,6              | 1,6             | 9,0 | 9,4 |
|                  | L - 32 | 6,5        | 11,2           | 46                            | 1,4                          | 1,2                          | 0,26                         | 0,42                          | 4,7             | 25                            | 13               | 6,5            | 5,9              | 1,2             | 8,6 | 7,5 |
|                  | L - 33 | 6,2        | 11,4           | 37                            | 1,7                          | <0,35                        | 0,056                        | 0,092                         | 5,6             | 24                            | 11               | 2,9            | 4,3              | 1,9             | 6,3 | 6,2 |
|                  | L - 34 | 6,2        | 11,4           | 38                            | 1,4                          | <0,35                        | 0,053                        | 0,083                         | 5,6             | 24                            | 11               | 2,8            | 4,5              | 2,0             | 6,6 | 6,5 |
|                  | L - 35 | 6,3        | 12,7           | 46                            | 2,3                          | <0,35                        | 0,033                        | 0,046                         | 5,8             | 24                            | 12               | 2,3            | 4,3              | 2,0             | 8,1 | 6,0 |
|                  | L - 36 | 6,4        | 13,1           | 46                            | 1,5                          | <0,35                        | 0,043                        | 0,064                         | 6,0             | 26                            | 14               | 2,2            | 5,1              | 2,2             | 7,9 | 5,6 |

Drugo uzorkovanje bilo je obavljeno 18. prosinca. Rezultati su bili slični kao i prethodni (vidljivo u tablici 4.2.). Vrijednosti kod 36 uzoraka su bili sljedeći. Pri temperaturi od 25 °C, najveća pH vrijednost bila je 6,5. Dakle, zaključujemo da je voda bila također kisele reakcije. Najveća vrijednost E.C. bila je 22,2 mS /m, što znači da je bila slična kao u prethodnom razdoblju. Najveća vrijednost hidrogen-karbonatnih iona je bila 66 mg / l, što znači da je bila nešto veća nego u prethodnom razdoblju. Najmanja vrijednost amonijaka bila je između 0,40, a najveća 2,1 mg / l, prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008), što znači da je i u ovom razdoblju voda bila prekomjerno onečišćena amonijakom. Voda nije bila značajno onečišćena nitratima i nitritima. Najveća vrijednost nitrata je bila 5,7 mg / l, najveća vrijednost nitrita je bila 0,079 mg / l. Što se tiče fosfata, najmanja vrijednost je bila 0,031, a najveća 1,1 mg / l. Najmanja vrijednost klorida je bila 5,2, a najveća 11 mg / l. Najmanja vrijednost sulfata je bila 16, a najveća 40 mg / l.

Najmanja vrijednost kalcijevih iona je bila 10, a najveća 21 mg / l, dakle nije bilo većih odstupanja. Najmanja vrijednost kalijevih iona je bila 1, a najveća 4,8 mg / l. Najmanja vrijednost magnezijevih iona je bila 4,4, a najveća 8,1 mg / l, kao i u prethodnim rezultatima. Najmanja vrijednost natrijevih iona je bila 1,6, a najveća 7,9 mg / l. Vrijednosti TOC i DOC nisu prelazili granice MDK, s obzirom da je najveća vrijednost TOC je bila 19 mg/l, a najveća vrijednost DOC 17 mg/l, što znači da ovi parametri ne odstupaju od onih propisanih u Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008).

Rezultati trećeg uzorkovanja, koje je obavljeno 07. siječnja, razlikovali su se od prethodnih. Rezultati su, prema tablici 4.3., bili sljedeći. Pri temperaturi od 25 °C, najmanja pH vrijednost bila je 5,7, a najveća 6,5, najmanja vrijednost E.C. bila je 9,3 a najveća 22,2 mS /m, što bi značilo da su vrijednosti bile skoro iste kao u prethodna dva razdoblja. Najmanja vrijednost hidrogen-karbonatnih iona je bila 37, a najveća 86 mg / l. Vrijednosti amonijaka su također odstupale od dopuštenih. Najveća vrijednost bila je 2,6 mg / l, što znači da je u ovom razdoblju vrijednost također prelazila granicu MDK. Vrijednosti nitrata i nitrita su bile u granicama dozvoljenih vrijednosti. Najveća vrijednost nitrata je bila 2,4 mg / l, a nitrita 0,13 mg / l. Prema tome, možemo zaključiti da ni u ovom razdoblju nije bilo odstupanja.

Što se tiče ostalih parametara u tablici, vrijednosti su također su bile slične kao u prethodna dva razdoblja. Primjerice, najveća vrijednost fosfata je bila 0,19 mg / l, što znači da je u ovom

razdoblju maksimalna vrijednost bila nešto veća. Najmanja vrijednost klorida je bila 4,7, a najveća 8,5mg / l, također nešto veća nego u prethodna dva razdoblja. Najveća vrijednost sulfata je bila 26mg / l, a prema tome možemo zaključiti da je bila nešto veća nego u prethodna dva razdoblja.

Najveća vrijednost kalcijevih iona je bila 25mg / l, nešto veća nego u prethodnom razdoblju. Najveća vrijednost kalijevih iona bila je 6,5mg / l, također veća nego u prethodnom razdoblju. Najveća vrijednost magnezijevih iona bila je manja nego u prethodnom razdoblju, odnosno 6,6mg / l. Najmanja vrijednost natrijevih iona je bila 1,2, a najveća 4,2mg / l, što je znatno manje nego u prethodnom razdoblju. Najveća vrijednost TOC je bila 14mg / l, što je nešto manje nego u prethodnim rezultatima. Najveća vrijednost DOC je 8,8 mg / l, što znači da je bila znatno manja nego u prethodna dva razdoblja.

Na temelju svih izmjerenih rezultata vidimo da vrijednost pH u prvom uzorkovanju iznosi 6,0, u drugom 6,3, a u trećem 6,4. Možemo zaključiti da je procjedna voda na istraživanoj lokaciji bila kisela. Na temelju svih prikazanih rezultata, možemo zaključiti da su maksimalne vrijednosti kod svih analiziranih parametara u perkolatu lizimetra na istraživanoj lokaciji, osim koncentracije amonijaka, bile su znatno niže od vrijednosti MDK u vodi za piće, prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008). Sukladno tome, može se zaključiti da procjedna voda (perkolat) na istraživanoj lokaciji nije bila značajno onečišćena u sva tri razdoblja. Također, prema dobivenim pokazateljima, vidljivo je da vrijednosti nitrata i nitrita tijekom tri mjeseca u procjednoj vodi lizimetara (perkolata) nisu prelazile vrijednosti maksimalno dopuštenih koncentracija (MDK), koje su propisane Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008). Maksimalna dozvoljena koncentracija nitrata (MDK) je 50 mg / l, a nitrita je 0,5. Prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008), u napomeni 6., MDK vrijednost iznosi za:  $[\text{nitrat}]/50 + [\text{nitrit}]/3 < 1$ , gdje uglate zagrade označavaju koncentraciju u mg / l za nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) i nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ). Za nitrite granična vrijednost iznosi 0,10 mg/l u vodi na izlasku iz uređaja za preradu vode za piće. Maksimalna vrijednost TOC je bila 29 mg/l, izmjerena prilikom prvog uzorkovanja. Vrijednosti kalcijevih, kalijevih i magnezijevih iona nisu bile značajno povećane.

Međutim, na temelju svih prikazanih rezultata, možemo zaključiti da su vrijednosti amonijaka prelazile granicu MDK definirane u Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008). U prvoj i drugoj tablici možemo vidjeti da su vrijednosti amonijaka bile znatno više

nego maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) amonijaka, a koja prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008) iznosi 0,5 mg/l. Procjedna voda s povišenim koncentracijama amonijaka ispire se u podzemnu vodu, i kao takva može štetno djelovati na okoliš, biljke i na ljude, s obzirom da je glavni resurs vode za piće.

U tablici 4.4. prikazani su rezultati statističke obrade podataka s obzirom na položaj uzorkovanja na padini – vrh, sredina i dno padine. Statistički značajna razlika u koncentraciji s obzirom na položaj na padini utvrđena je za  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{Na}^+$ . Koncentracija  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$  i  $\text{Na}^+$  bila je najviša na vrhu padine, dok je koncentracija  $\text{K}^+$  bila najviša na dnu padine. Za ostale analizirane elemente nije utvrđena statistički značajna razlika u vrijednostima s obzirom na položaj lizimetra na padini iz kojega se vršilo uzorkovanje procjedne vode.

Iz navedenih rezultata možemo zaključiti da nagib terena, odnosno položaj lizimetra na padini iz kojega se vršilo uzorkovanje procjedne vode ima statistički značajan utjecaj na koncentraciju određenih elemenata ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{Na}^+$ ) na način da su na vrhu ili na dnu padine utvrđene najviše koncentracije. Fizikalno-kemijske značajke tla uz pad terena te primijenjenu gnojidbu vjerojatno su bili najznačajniji faktori koji su utjecali na koncentraciju navedenih elemenata u procjednoj vodite njihovu nejednaku distribuciju s obzirom na položaj na padini, odnosno s obzirom na to jesu li uzorci procjedne vode uzeti na vrhu, sredini ili dnu padine.



**Tablica 4.4.** Rezultati statističke obrade rezultata elementarnog sastava procjedne vode na pokušalištu Jazbina, s obzirom na položaj lizimetra na padini.

| POLOŽAJ LIZIMETRA NA PADINI                                                                                                      |         | pH<br>25°C  | E.C.<br>mS / m | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | Cl <sup>-</sup>  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Ca <sup>2+</sup> | K <sup>+</sup>   | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup>  | TOC         | DOC         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                  |         | mg / l      |                |                               |                              |                              |                              |                               |                  |                               |                  |                  |                  |                  |             |             |
| Srednja vrijednost                                                                                                               | VRH     | 6,3 a       | 15,4 a         | 49 a                          | 1,34 a                       | 1,62 a                       | 0,059 a                      | 0,086 b                       | 8,6 a            | 23 a                          | 13,7 a           | 2,7 b            | 5,6 a            | 1,9 a            | 9,9 a       | 8,7 a       |
|                                                                                                                                  | SREDINA | 6,3 a       | 15,0 a         | 51 a                          | 1,26 a                       | 1,69 a                       | 0,057 a                      | 0,069 c                       | 6,8 b            | 21 a                          | 14,7 a           | 2,0 c            | 5,6 a            | 1,4 b            | 10,7 a      | 9,4 a       |
|                                                                                                                                  | DNO     | 6,3 a       | 13,7 a         | 46 a                          | 1,30 a                       | 1,88 a                       | 0,079 a                      | 0,256 a                       | 6,2 c            | 23 a                          | 13,9 a           | 3,6 a            | 5,3 a            | 1,1 c            | 10,5 a      | 9,3 a       |
| Standardna devijacija                                                                                                            | VRH     | 0,2         | 2,5            | 14                            | 0,54                         | 1,26                         | 0,035                        | 0,106                         | 1,8              | 7                             | 2,9              | 1,5              | 0,7              | 1,9              | 4,6         | 4,4         |
|                                                                                                                                  | SREDINA | 0,3         | 3,8            | 17                            | 0,37                         | 1,92                         | 0,033                        | 0,049                         | 1,5              | 4                             | 4,8              | 0,7              | 1,3              | 1,4              | 6,8         | 6,7         |
|                                                                                                                                  | DNO     | 0,2         | 3,2            | 14                            | 0,44                         | 2,27                         | 0,059                        | 0,291                         | 1,2              | 3                             | 3,8              | 1,3              | 0,9              | 1,1              | 4           | 3,6         |
| Standardna pogreška                                                                                                              | VRH     | 0,0         | 0,4            | 2                             | 0,09                         | 0,21                         | 0,006                        | 0,018                         | 0,3              | 1                             | 0,5              | 0,3              | 0,2              | 0,3              | 0,8         | 0,7         |
|                                                                                                                                  | SREDINA | 0,0         | 0,6            | 3                             | 0,06                         | 0,32                         | 0,005                        | 0,008                         | 0,2              | 1                             | 0,8              | 0,1              | 0,1              | 0,2              | 1,1         | 1,1         |
|                                                                                                                                  | DNO     | 0,0         | 0,5            | 2                             | 0,01                         | 0,38                         | 0,01                         | 0,048                         | 0,2              | 1                             | 0,6              | 0,2              | 0,2              | 0,2              | 0,7         | 0,6         |
| Varijanca                                                                                                                        | VRH     | 0,05        | 6,4            | 191                           | 0,29                         | 1,58                         | 0,001                        | 0,011                         | 3,2              | 45                            | 8,7              | 2,3              | 0,5              | 3,8              | 20,9        | 19,7        |
|                                                                                                                                  | SREDINA | 0,07        | 14,6           | 284                           | 0,13                         | 3,69                         | 0,001                        | 0,002                         | 2,1              | 20                            | 23,3             | 0,5              | 1,7              | 1,9              | 45,6        | 44,4        |
|                                                                                                                                  | DNO     | 0,06        | 10,1           | 183                           | 0,19                         | 5,14                         | 0,003                        | 0,003                         | 1,4              | 10                            | 14,5             | 1,8              | 0,7              | 1,1              | 16,2        | 13,3        |
| Minimalna vrijednost                                                                                                             | VRH     | 5,7         | 10,3           | 24                            | 0,4                          | <0,35                        | <0,033                       | <0,031                        | 5,7              | 10                            | 8                | 1,0              | 3,5              | 1,6              | 4,0         | 3,6         |
|                                                                                                                                  | SREDINA | 6,0         | 10,8           | 31                            | 0,6                          | <0,35                        | <0,033                       | <0,031                        | 5,0              | 12                            | 10               | 1,0              | 4,0              | 1,5              | 3,3         | 3,4         |
|                                                                                                                                  | DNO     | 5,7         | 9,3            | 23                            | 0,6                          | <0,35                        | <0,033                       | <0,031                        | 4,5              | 16                            | 9                | 1,4              | 4,0              | 1,2              | 5,9         | 5,0         |
| Maksimalna vrijednost                                                                                                            | VRH     | 6,6         | 22,2           | 92                            | 2,7                          | 4,58                         | 0,204                        | 0,595                         | 14,0             | 40                            | 23               | 7,6              | 8,0              | 8,6              | 28,5        | 28,9        |
|                                                                                                                                  | SREDINA | 7,0         | 27,5           | 101                           | 2,1                          | 8,93                         | 0,191                        | 0,187                         | 10,9             | 31                            | 30               | 3,8              | 9,6              | 6,7              | 43,7        | 42,3        |
|                                                                                                                                  | DNO     | 6,8         | 24,5           | 85                            | 2,3                          | 12,56                        | 0,256                        | 1,272                         | 9,2              | 32                            | 25               | 6,6              | 8,5              | 6,0              | 21,5        | 19,2        |
| <b>Statistička značajnost</b>                                                                                                    |         | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i>    | <i>n.s.</i>                   | <i>n.s.</i>                  | <i>n.s.</i>                  | <i>n.s.</i>                  | <i>P&lt;0,01</i>              | <i>P&lt;0,01</i> | <i>n.s.</i>                   | <i>n.s.</i>      | <i>P&lt;0,01</i> | <i>n.s.</i>      | <i>P&lt;0,01</i> | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| <i>Srednje vrijednosti označene istim slovom nisu značajno različite pri P&lt;0,05; n.s. – nije statistički značajna razlika</i> |         |             |                |                               |                              |                              |                              |                               |                  |                               |                  |                  |                  |                  |             |             |

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je istražena kemijska kakvoća procjedne vode vinogradskog padinskog tla na pokušalištu Jazbina, odnosno vode koja se kroz horizonte tla procjeđuje u podzemnu vodu koja se smatra glavnim resursom vode za piće. Iz tlačnih lizimetara instaliranih na vrhu, sredini i dnu padine uzeto je ukupno 36 uzoraka procjedne vode tijekom tri uzastopna uzorkovanja (ukupno 108 uzoraka procjedne vode). Pomoću laboratorijskih analiza osnovnih kemijskih pokazatelja kakvoće vode ispitala se kemijska kakvoća procjedne vode, a rezultati su statistički obrađeni s obzirom na točan položaj na padini gdje je instaliran lizimetar iz kojega se vršilo uzorkovanje procjedne vode – vrh, sredina i dno padine.

Za interpretaciju rezultata koristio se Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008) s obzirom da osim navedenog Pravilnika, u Republici Hrvatskoj nema drugih Pravilnika koji propisuju kakvoću vode, uključujući i procjednu i podzemnu vodu. Ipak, kakvoća procjedne vode usko je povezana s kakvoćom podzemne vode do koje se u konačnici procjeđuje, a koja je izvor vode za piće. Stoga se navedeni Pravilnik može koristiti i za interpretaciju rezultata kemijske kakvoće procjedne vode. Navedeni Pravilnik osobit značaj pridaje koncentraciji nitrata te amonijaka kao jednim od najvažnijih onečišćivača vode, a koji nerijetko potječe iz poljoprivrede. Maksimalne dopuštene koncentracije (MDK) nitrata, nitrita, amonijaka, ali i drugih elemenata te onečišćujućih tvari definirane su u navedenom Pravilniku (NN 47/2008). Rezultati laboratorijskih analiza kemijske kakvoće procjedne vode vinogradskog padinskog tla na pokušalištu Jazbina pokazali su kako procjedna voda nije bila znatno onečišćena nitratima, nitritima, niti drugim ionima, osim amonijaka ( $\text{NH}_4^+$ ). Uspoređujući MDK amonijaka navedenu u Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008) vrijednosti izmjerene u procjednoj vodi vinogradskog padinskog tla na pokušalištu Jazbina su bile znatno više tijekom sva tri uzastopna uzorkovanja provedena tijekom prosinca 2020. godine te siječnja 2021. godine. Mogući razlozi tomu su da je uzorkovanje provedeno neposredno nakon gnojidbe i oborina, neadekvatna primjena gnojidbe u vinogradu (primjerice u količinama većim od onih koje je biljka mogla usvojiti), ili provođenje gnojidbe neposredno prije većih oborina.

Statistički značajna razlika s obzirom na položaj na padini (vrh, sredina, dno) utvrđena je za koncentracije  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{Na}^+$ , dok nije bilo značajne razlike u koncentracijama ostalih

analiziranih iona. Koncentracija  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$  i  $\text{Na}^+$  bila je najviša na vrhu padine, dok je koncentracija  $\text{K}^+$  bila najviša na dnu padine. Stoga iz navedenih rezultata možemo zaključiti da nagib terena, odnosno položaj lizimetra na padini iz kojega se vrši uzorkovanje procjedne vode, ima statistički značajan utjecaj na koncentraciju određenih elemenata. Fizikalno-kemijske značajke tla uz pad terena te primijenjena gnojidba vjerojatno su bili najznačajniji faktori koji su utjecali na koncentraciju elemenata u procjednoj vodi i njihovu nejednaku distribuciju s obzirom na položaj na padini, odnosno s obzirom na to jesu li uzorci procjedne vode uzeti na vrhu, sredini ili dnu padine.

## 6. POPIS LITERATURE

1. Almasri, M.N. (2007). Optimal management of nitrate contamination of ground water. Doctoral Thesis, Utah State University, Logan, Utah. [https://staff.najah.edu/media/sites/default/files/Nitrate Contamination Of Groundwater A Conceptual Management Framework.pdf](https://staff.najah.edu/media/sites/default/files/Nitrate%20Contamination%20Of%20Groundwater%20A%20Conceptual%20Management%20Framework.pdf) (pristupljeno 10.06.2021.)
2. Bagagiolo, G., Biddoccu, M., Rabino, D., Cavallo, E. (2018). Effects of rows arrangement, soil management, and rainfall characteristics on water and soil losses in Italian sloping vineyards. *Environmental Research*, 166: 690 – 704.
3. Benčak. K. (2018). Utjecaj nagiba terena na kemijska svojstva rigolanog tla iz pseudogleja obrončanog, diplomski rad, Agronomski fakultet, Zagreb.
4. Bensa, A., Vidaček Ž., Bogunović M., Vrhovec, D. (2008). Nitrogen Leaching in Crop Production. *Agroecology and Ecological Agriculture*, 43rd Croatian and 3rd International symposium on agriculture. Book of Abstract (20-21).
5. Brški F. (2016). Zaštita okoliša. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije.
6. Clark I. (2015). Groundwater geochemistry and isotopes. CRC Press, Taylor & Francis Group, 438 p.
7. Fageria N.K., Baligar C., Clark, R. B. (2002). Mikronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*, 77, 186 – 268.
8. Filipović, V. (2012). Primjena numeričkog modeliranja u procjeni kretanja vode i koncentracije nitrata u uvjetima hidromorfnih tala, doktorski rad, Agronomski fakultet, Zagreb.
9. Filipović, V., Petošić, D., Nakić, Z., Bubalo, M. (2013). Prisutnost nitrata u podzemnim vodama, Hrvatske vode 21, 119-128. [https://www.voda.hr/sites/default/files/pdf\\_clanka/hv\\_84\\_2013\\_119-128\\_filipovic-et-al.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_84_2013_119-128_filipovic-et-al.pdf) (pristupljeno 10.06.2021.)

10. Filipović V. (2015). Modeliranje pronosa tvari u nesaturiranoj zoni tla. Voda u agroekosustavima (Ondrašek G. Ur.) Agronomski fakultet, Zagreb, 281-292.
11. Folnović, T. (2015). Erozijska tla, Agrivi blog, <http://blog.agrivi.com/hr/post/erozija-tla> (pristupljeno 10.06.2021).
12. Gjetvaj, G. (2006). Skripte iz hidraulike. Građevinski fakultet, Zagreb.
13. Hooda P.S., Edwards A.C., Anderson, H.A. & Miller A. (2000). A review of water quality concerns in livestock farming areas. Science of The Total Environment 250 (1–3), 143–167.
14. Hopek, H. (2017). Primjena biopreparata u suzbijanju bolesti vinove loze, diplomski rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Osijek.
15. HRN EN 1484:2002(2002). Ispitivanje vode – Smjernice za određivanje ukupnog organskog ugljika (UOU) i otopljenog organskog ugljika (OOU) (EN 1484:1997). Internacionalni standard, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, Hrvatska.
16. HRN EN ISO 10523:2012 (2012). Kvaliteta vode – Određivanje pH vrijednosti (ISO 10523:2008; EN ISO 10523:2012). Internacionalni standard, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, Hrvatska.
17. HRN EN 27888:2008(2008). Kakvoća vode – Određivanje električne vodljivosti (ISO 7888:1985; EN 27888:1993). Internacionalni standard, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, Hrvatska.
18. HRN EN ISO 11732:2008 (2008). Kakvoća vode – Određivanje amonijevog dušika – Metoda protočne analize uz spektrometrijsku detekciju (ISO 11732:2005; EN ISO 11732:2005). Internacionalni standard, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, Hrvatska.
19. HRN EN ISO 13395:1998 (1998). Kakvoća vode – Određivanje nitritnog i nitratnog dušika i njihove sume s protočnom analizom i spektrometrijskom metodom (ISO 13395:1996; EN ISO 13395:1996).
20. Husnjak, S. (2014). Sistematika tala Hrvatske. Sveučilišni udžbenik, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb.

21. IFA-TullnTest Systems ProficiencyTestingScheme (od 2013). Međulaboratorijska usporedba za uzorke prirodne (podzemne i površinske) vode. University of Natural Resources and Life Sciences, Department for Agrobiotechnology, Beč, Austrija.
22. Jiang S., Pang L., Buchan G. D., Šimůnek J., Noonan M., Close M. J. (2010). Modeling water flow and bacterial transport in undisturbed lysimeters under irrigations of dairy shed effluent and water using HYDRUS-1D. *Water Research* 44: (4), 1050-1061.
23. Kantoci, D. (2008). Obrada tla u vinogradu, gnojidba i zaštita vinograda, *Glasnik Zaštite Bilja*, 31(6), str. 41-50.
24. Katalinić I., Krni S., Brstilo, M., Poljak F., Rakić M., Šošić-Buković A., Lukšić M., Pavlović D., Bičak L., Danjek I., Jukić I., Pejaković D., Zagorec D. (2009). Načela dobre poljoprivredne prakse, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, Zagreb.
25. Kirchhoff, M., Rodrigo-Comino, J., Seeger, M., Ries, J. B. (2017.). Soil erosion in sloping vineyards under conventional and organic land use managements (Saar-Mosel Valley, Germany). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 43(1): 119 – 140.
26. Kirchmann, H. and Eskilsson J. (2010). Low manganese (Mn) and copper (Cu) concentrations in cereals explained yield losses after lime application to soil, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science*, 60, 569 – 572.
27. Kirchmann H., Ericksson J. (2011). Trace elements in crops: Effects of soil physical and chemical properties. In: *Encyclopedia of Agrophysics* (J Glinski, J Horabik, J Lipiec, eds), Springer Science Business Media, 910 - 912.
28. Kisić, I., Bašić, F., Butorac, A., Mesić, M. (2005). Erozijska tla vodom pri različitim načinima obrade. *Agronomski fakultet, Zagreb*.
29. Kisić I. (2012). Sanacija onečišćenog tla. *Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu*, str. 276.
30. Kovač, Z. (2017). Podrijetlo nitrata u podzemnoj vodi zagrebačkoga aluvijalnoga vodonosnika, doktorski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
31. Mateković, V. (2018). Modeliranje sezonske dinamike toka vode u nesaturiranoj zoni hidromorfni tala, diplomski rad, Agronomski fakultet, Zagreb.

32. Mesić M, Bašić F, Grgić Z, Igrc-Barčić J, Kisić I, Petošić D, Posavi M, Romić D, Šimunić I. (2002). Procjena stanja, uzorka i veličine pritiska poljoprivrede na vodne resurse i more na području Republike Hrvatske. Agronomski fakultet, Zavod za opću proizvodnju bilja, Zagreb.
33. Milinković, D. (2015). Uklanjanje nitrata iz vode adsorpcijom, diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek.
34. Mirošević N., Karoglan Kontić J. (2008). Vinogradarstvo. Nakladni zavod Globus, Zagreb.
35. Nacinovic, M. G. G., Mahler, C. F., Avelar, A. d. S. (2014). Soil erosion as a function of different agricultural land use in Rio de Janeiro. Soil & Tillage Research 144: 164–173.
36. Nimmo J.R. (2006). Vadose water. Gene E. Likens, Encyclopedia of Inland Waters, Vol(1), Elsevier, USA, str. 766-777.
37. Ondrašek G. (2014). Water scarcity & Water stres sin Agriculture. In Physiological Mechanisms and Adaption Strategies in Plants Under Changing Enviromnent Vol.I, Springer, New York Dordrecht Heidelberg London, pp. 75 – 96.
38. Ondrašek. G., Petošić D., Tomić F., Mustać I., Filipović V., Petek M., Lazarević B., Bubalo M.(2015). Voda u agroekosustavima, Sveučilišni udžbenik, Agronomski fakultet, Zagreb, pp.343.
39. Patrčević, V., Kopjar, A. i Đurin, B. (2014). Analiza infiltracije oborina na aluvijalnom tlu. Inženjerstvo okoliša, 1 (1), 7-18.
40. Pernar, N. (2017). Tlo; nastanak, značajke, gospodarenje. Šumarski fakultet, Zagreb.
41. Petrinjak, I., Štuhec D., Jeftić G., Strelec S. (2018). Usporedba različitih metoda određivanja koeficijenta propusnosti nekoherentnog tla. Inženjerstvo okoliša, 5(1-2), 99-108.
42. Pokrovac, M. (2018). Određivanje hidrauličke vodljivosti i simulacija transporta dušičnih spojeva u programu Hydrus 1D, diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

43. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. (NN 47/2008).[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_04\\_47\\_1593.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_47_1593.html) (pristupljeno 10.6.2021.)
44. Rendulić I., Rubeša Vili V., Puhelek N. (2010). Vinogradarstvo i vinarstvo, priručnik za polaganje ispita, Zagreb.
45. Rhoades, J.D., Chanduvi, F., Lesch, S. (1999). Soil salinity sssessment – Methods and interpretation of electrical conductivity measuerements. FAO Irrigation and Drainage paper 57. Italy, Rome, p.165.
46. Rodrigo-Comino, J., Senciales, J. M., Ramos, M. A., Martínez-Casasnovas, J. A., Lasanta, T., Brevik, E. C., Ries, J. B., Ruiz Sinoga, J. R. (2017). Understanding soil erosion processes in Mediterranean sloping vineyards (Montes de Málaga, Spain). Geoderma, 296: 47 – 59.
47. Romić D. (2003). Zaštita tla i voda (Interna skripta). Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet. Zagreb: 27-42.
48. Romić D., Romić M., Zovko M., Ondrašek G., Bakić H. (i sur.) (2016). Pilot projekt navodnjavanja drvenastih kultura vinove loze i masline) uzgajanje na osvojenim krškim površinama na području Donje polje- Jadrtovac kod Šibenika, Izvješće, Agronomski fakultet u Zagrebu.
49. Selimović, M. (2000). Mehanika tla i temeljenje, 1. dio Mehanika tla; Univerzitet „Džemal Bihedić“, Građevinski faklutet, Mostar.
50. SKALAR METHODS No. 514. Određivanje klorida – Metoda protočne analize uz spektrometrijsku detekciju (ref. ISO 15682:1992).
51. Šimunić, I., Senta A., Tomić, F. (2006). Potreba i mogućnost navodnjavanja poljoprivrednih kultura u sjevernom dijelu Republkike Hrvatske. Agronomski glasnik 68 (1), 13 – 29.
52. Šimunić I. (2013). Uređenje voda, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 41-49.
53. Škorić, A. (1991). Sastav i svojstva tla, Sveučiište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
54. Šošarić J., Marković M. (2011). Zaštita tla i voda, Osijek.



55. Šoštarić, J. (2016). Poljoprivredne melioracije. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
56. Špoljar, A. (2015). Pedologija. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, 223. str., Križevci.
57. Štrkalj, A. (2014). Onečišćenje i zaštita voda. Sisak.
58. Tomić F, Petošić D, Romić M, Stričević I, Ondrašek G, Rus B, Salopek Z, Zovko M, Husnjak S, Vidaček Ž, Bogunović M, Sraka M, Bensa A, Vrhovec D, Juračak J, Borošić J, Šustić D. (2008). Plan navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem grada Zagreba(elaborat), Zagreb.
59. UNEP (2008). Vital Water Graphics – An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters. 2nd Edition. UNEP, Nairobi, Kenya. ISBN: 92–807-2236-0.
60. Unger, P. W., Cassel, D. K. (1991.). Tillage implement disturbance effects on soil properties related to soil and water conservation: a literature review. Soil and Tillage Research, 19(4): 363–382.
61. Urumović, K., (2003). Fizikalne osnove dinamike podzemnih voda. Sveučilišni udžbenik, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, str. 318.
62. Veinović Ž., Kovačević Zelić B., Kvasnička P. (2003). Laboratorijsko mjerenje koeficijenta propusnosti tla – usporedba konvencionalnih i novih metoda. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 15, 95-102.
63. Vrbek, B. (2005). Lizimetrijska pedologija kao metoda istraživanja kvalitete procjednih voda šumskih tala Hrvatske. Špac, V. (ur).Šumarstvo na pragu EU.
64. Vukadinović V. (2011). Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet, Osijek, 161-174, 186-192.

## **ŽIVOTOPIS**

Iva Bandov rođena je 19.07.1997. godine u Zagrebu. Pohađala je osnovnu školu Malešnica u Zagrebu, nakon čega upisuje Gimnaziju Benedikta Kotruljevića u Zagrebu, koju završava s vrlo dobrim uspjehom. Godine 2016. upisuje preddiplomski studij Biljne znanosti na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Preddiplomski studij završava 2019. godine obranom završnog rada, a iste te godine upisuje diplomski studij Biljne znanosti na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Tijekom studiranja, na matičnom fakultetu, najviše pokazuje interes za biljnu genetiku i očuvanje biljnih genetskih izvora.