Geokemijska valorizacija tla i voda Stonskog polja i procjena mogućnosti prelaska na ekološku proizvodnju

Vlašić, Paulo

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:204:008302

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

GEOKEMIJSKA VALORIZACIJA TLA I VODA STONSKOG POLJA I PROCJENA MOGUĆNOSTI PRELASKA NA EKOLOŠKU PROIZVODNJU

DIPLOMSKI RAD

Paulo Vlašić

Zagreb, rujan, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Agroekologija

GEOKEMIJSKA VALORIZACIJA TLA I VODA STONSKOG POLJA I PROCJENA MOGUĆNOSTI PRELASKA NA EKOLOŠKU PROIZVODNJU

DIPLOMSKI RAD

Paulo Vlašić

Mentor:

Prof.dr.sc. Davor Romić

Zagreb, rujan, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Paulo Vlašić**, JMBAG 1003122806, rođen 14.10.1996. u Dubrovniku, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

GEOKEMIJSKA VALORIZACIJA TLA I VODA STONSKOG POLJA I PROCJENA MOGUĆNOSTI PRELASKA NA EKOLOŠKU PROIZVODNJU

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor 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 upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Paula Vlašić**, JMBAG 1003122806, naslova

GEOKEMIJSKA VALORIZACIJA TLA I VODA STONSKOG POLJA I PROCJENA MOGUĆNOSTI PRELASKA NA EKOLOŠKU PROIZVODNJU

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana

_____ .

Povjerenstvo:			potpisi:
1.	Prof.dr.sc. Davor Romić	mentor	_____
2.	Doc.dr.sc. Monika Zovko	član	_____
3.	Doc.dr.sc. Aleksandra Perčin	član	_____

Zahvala

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Davoru Romiću na pomoći, potpori i poticaju pri izradi diplomskog rada. Također, zahvaljujem se neposrednoj voditeljici dr.sc. Marini Bubalo Kovačić na pomoći i mnogobrojnim stručnim savjetima koji su mi pomogli pri izradi ovog diplomskog rada. Zahvaljujem se i svojim roditeljima na neizmjernoj potpori tijekom cijelog studiranja.

Hvala svima!

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Pregled literature 3
   2.1. Konvencionalna poljoprivreda 3
   2.2. Ekološka poljoprivreda 4
      2.2.1. Obilježja ekološke poljoprivrede 7
   2.3. Mikro i makroelementi u tlu 8
      2.3.1. Željezo 8
      2.3.2. Mangan 9
      2.3.3. Cink 9
      2.3.4. Bakar 9
      2.3.5. Molibden 10
      2.3.6. Kobalt 10
      2.3.7. Nikal 10
      2.3.8. Krom 10
      2.3.9. Olovo 10
      2.3.10. Kalcij 11
      2.3.11. Fosfor 11
      2.3.12. Magnezij 11
      2.3.13. Sumpor 12
      2.3.14. Vanadij 12
      2.3.15. Kadmij 12
      2.3.16. Aluminij 13
   2.4. Navodnjavanje u agroekosustavima 13
   2.5. Parametri kakvoće vode 14
      2.5.1. pH 14
      2.5.2. Sulfati 14
      2.5.3. Fosfati 15
      2.5.4. Karbonati 15
      2.5.5. Nitrati 15
      2.5.6. Električna vodljivost (EC) 17

3. Materijali i metode 18
3.1. Geografska obilježja 18
3.2. Geološka obilježja 18
3.3. Pedološke značajke 20
3.4. Klimatska obilježja 20
3.5. Način korištenja Stonskog polja 23
3.6. Ekološka poljoprivreda u Stonskom polju 24
3.7. Metode uzorkovanja i laboratorijske analize 25
3.7.1. Prikupljanje uzorka tla 25
3.7.2. Priprema uzoraka tla 26
3.7.3. Laboratorijska ispitivanja uzoraka tla 26
3.7.4. Uzorkovanje vode 27
3.7.5. Laboratorijska ispitivanja uzoraka vode 29
3.8. Tablice graničnih vrijednosti 30
3.9. Interpolacijske karte 32
4. Rezultati i rasprava 33
4.1. Rezultati analize tla 33
4.1.1. Rezultati analize tla na 1. dubini 33
4.1.2. Rezultati analize tla na 2. dubini 43
4.2. Rezultati analize vode 49
5. Zaključak 52
6. Literatura 53
7. Prilog 57
Životopis 59

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Paula Vlašića**, naslova

GEOKEMIJSKA VALORIZACIJA TLA I VODA STONSKOG POLJA I PROCJENA MOGUĆNOSTI PRELASKA NA EKOLOŠKU PROIZVODNJU

Tlo i voda predstavljaju najznačajnije, ali ujedno i najugroženije prirodne resurse. Degradacija kvalitete tla posljedica je dugotrajne i prekomjerne primjene agrokemikalija koje uzrokuju pad sadržaja organske tvari, onečišćenje tla pesticidima i teškim metalima. Konvencionalna poljoprivreda je uzgoj monokulture na velikim obradivim površinama s ciljem maksimiziranja prinosa, pri čemu se koriste razna mineralna gnojiva i agrokemikalije. Ovakav način poljoprivredne proizvodnje troši velike količine slatke vode, a osim toga, voda se onečišćuje intenzivnom upotrebom mineralnih gnojiva te nitratima, nitritima, fosfatima, teškim metalima, ali i pesticidima koji se ispiru iz poljoprivrednog tla. Za razliku od konvencionalne, u ekološkoj poljoprivredi uporaba mineralnog gnojiva i raznih agrokemikalije pri proizvodnji je ograničena te se nastoji maksimalno iskoristiti sve potencijale agroekosustava, uz očuvanje prirodnih resursa i okoliša. Uz navedena onečišćenja i degradaciju neobnovljivih prirodnih resursa najviši prioritet treba dati prelasku na ekološku proizvodnju. Dostupnih pedoloških podataka za Stonsko polje nema, kao ni podataka o kvaliteti površinskih voda, što predstavlja temelj za procjenu potencijala polja, ali i prelazak na ekološku proizvodnju. U ovom istraživanju se detaljnije analiziralo stanje tla i voda u Stonskom polju, kako bi se utvrdila mogućnost prelaska na ekološku poljoprivredu. Prema rezultatima analize tla i voda može se zaključiti da Stonsko polje ima veliki potencijal za prelazak na ekološku poljoprivredu.

Ključne riječi: tlo, voda, zaštita okoliša, ekološka proizvodnja, Stonsko polje

Summary

Of the master's thesis - student **Paulo Vlašić,** entitled

GEOCHEMICAL VALORIZATION OF STON FIELD SOIL AND WATER AND ASSESSMENT OF POSSIBILITY OF TRANSITION TO ECOLOGICAL PRODUCTION

Soil and water are the most important but also the most endangered natural resources. Soil quality degradation is a consequence of long-term and excessive application of agrochemicals that cause a decrease in the content of organic matter, soil contamination with pesticides and heavy metals. Conventional agriculture is the cultivation of monoculture on large arable land to maximize yields using various mineral fertilizers and agrochemicals. This kind of agricultural production consumes large amounts of water. In addition, the water is polluted by the intensive use of mineral fertilizers, nitrates, nitrites, phosphates, heavy metals and pesticides that are leached from soil. Unlike conventional, in organic agriculture, the use of mineral fertilizers and various agrochemicals in production is limited and seeks to maximize the full potential of agroecosystems, while preserving natural resources and the environment. In addition to the mentioned pollution and degradation of the non-renewable natural resources, the highest priority should be the transition to ecological production. There are no available pedological data for the Ston field and data on water quality, which is the basis for assessing the potential of the field and the transition to organic production. In this research, the state of soil and water in the Ston field was analyzed in more detail to determine the possibility of switching to organic farming. According to the soil and water analysis results, it can be concluded that the Ston field has great potential for the transition to organic farming.

Key words: soil, water, environmental protection, ecological production, Ston field

1. Uvod

Posljednjih nekoliko desetljeća u svijetu pa i u Hrvatskoj, prisutan je trend brzog smanjenja šuma i poljoprivrednog zemljišta zbog različitih vrsta degradacije. Degradacija zemljišta je posljedica višestrukih procesa koji smanjuju njegovu uporabljivost te dovode do smanjenja kvalitete (Stocking 2000.). Godišnji gubitak poljoprivrednog zemljišta u svijetu zbog preraspodjele procjenjuje se na 5-6 milijuna ha (Urushadze, 2002), dok je gubitak u Hrvatskoj za razdoblje od 1966. do 1975. godine iznosio oko 10500 ha, a za razdoblje od 1953. do 1999. godine oko 6700 ha (Petljak 2019., Bogunović i sur. 2001.). Tlo predstavlja jedan od najznačajnijih prirodnih resursa čiji je nastanak izuzetno spor i dugotrajan. Ključni element bilo kojeg procesa degradacije zemljišta je degradacija tla, koja podrazumijeva svaki proces ili utjecaj kojim se obilježja tla mijenjaju prirodnim čimbenicima ili ljudskim djelovanjem, čime se ugrožavaju njegove glavne uloge (Oršolić i Tadić 2009., Petljak 2019.). Danas smo svjedoci različitih oblika degradacije tla uzrokovanih klimatskim promjenama i antropogenim utjecajem čovjeka, krčenjem i paljenjem prirodne vegetacije, nepravilnom obradom tla u konvencionalnoj poljoprivredi, erozijom tla, dugotrajnim sušnim razdobljima izazvanim prirodnim utjecajem, ali i globalnim zatopljenjem doveli su do dezertifikacije tala. Posljedice dezertifikacije u ekosustavima su smanjena plodnost tla, smanjena količina podzemnih voda, promjena lokalne klime (češće su oluje s burnim naletima prašine i pijeska) te zbog svih tih razloga stanovništvo napušta takve sredine s nepovoljnim uvjetima za poljoprivredu i život. Zbog važnosti svih uloga tla za život na Zemlji, glavni cilj gospodarenja tlom je zaštita raspoloživih resursa, kako u odnosu na površinu zemljišta, tako i na kvalitetu tla, odnosno plodnost tla (Husnjak 2011.).

Drugi, ali jednako važan parametar u poljoprivrednoj proizvodnji je voda. Voda je sastavni dio svakog ljudskog djelovanja te je nezamjenjivi prirodni resurs za ljude, životinje, biljke i mikroorganizme kojima je potrebna za normalno odvijanje i održavanje životnih funkcija te je zbog toga važno pravilno gospodariti vodama. Jedan od glavnih zagađivača površinskih i podzemnih voda, uz promet i industriju, je konvencionalna poljoprivreda koja koristi razne agrokemikalije i mineralna gnojiva. Klimatske promjene posljednjih godina, porast prosječne temperatura zraka i smanjenje oborina tijekom ljetnih mjeseci, djeluju na komponente vodne ravnoteže koje su važne u poljoprivredi. Utvrđeno je smanjenje količine oborina i porast temperature zraka u proljeće i ljeto koji uzrokuju porast evapotranspiracije i nedostatak vode pa tako porast temperature i ljetne suše predstavljaju veliki problem u poljoprivredi (Bogunović i sur. 2018.).

Ekološka poljoprivreda je sustav održivog gospodarenja prirodnim resursima, uz ograničenu upotrebu mineralnih gnojiva i agrokemikalija, s ciljem očuvanja kvalitete tla i biološke raznolikosti te proizvodnjom namirnica visoke kvalitete. Ekološka poljoprivreda nije samo poljoprivredna proizvodnja uz održivo gospodarenje već je i dio šireg društvenog pokreta kojim se ukazuje na potrebu i mogućnost korjenitih promjena u svim

sferama društva, u cilju povećanja kvalitete života za sve ljude. Stoga je i jedna od temeljnih egzistencijalnih ljudskih djelatnosti u kojoj se ogleda integralna održivost, ekološka poljoprivreda (Puđak i Bokan 2011.). U Hrvatskoj se ekološka poljoprivreda počela ubrzano razvijati nakon što je zakonski regulirana 2001. godine. Nakon toga broj registriranih ekoloških poljoprivrednih proizvođača i obradivih površina pod ekološkim uzgojem kontinuirano raste, što je i posljedica raznih potpora i poticaja od strane države. U Stonskom polju, koje se nalazi na poluotoku Pelješcu i koje ćemo detaljnije analizirati u ovom diplomskom radu, zabilježen je manji broj registriranih ekoloških poljoprivrednika i obradivih površina pod ekološkom poljoprivredom (većinom maslinici) te uglavnom prevladava konvencionalna poljoprivreda, dok je dio polja zapušten u smislu održavanja infrastrukture i prekriven prirodnom vegetacijom.

Cilj ovog diplomskog rada bio je prikupiti i analizirati uzorke tla i voda na odabranim lokacijama u Stonskom polju, analizirati sadašnji način korištenja poljoprivrednih površina te na temelju dobivenih rezultata procijeniti ima li Stonsko polje mogućnost prelaska na ekološku proizvodnju. U uzorcima tla analizirat će se fizikalni i kemijski parametri, dok će se u uzorcima vode koji će biti prikupljeni iz otvorenih kanala Stonskog polja analizirati ionski sastav.

2. Pregled literature

2.1. Konvencionalna poljoprivreda

Konvencionalna poljoprivreda počela se razvijati sredinom 20. stoljeća paralelno s razvojem kemijske industrije pesticida i mineralnih gnojiva. Tih se godina takav način poljoprivredne proizvodnje počeo ubrzano širiti svijetom. Osnovni cilj konvencionalne poljoprivrede je postizanje maksimalnih prinosa po hektaru poljoprivredne površine te ju karakterizira uzgoj jedne kulture na velikim površinama uz korištenjem pesticida, herbicida, mineralnih gnojiva i genetski modificiranih organizama u skladu za zakonom o održivoj upotrebi pesticida, zakonom o održivoj upotrebi herbicida i zakonom o genetski modificiranim organizmima. Konvencionalna poljoprivreda troši enormne količine neobnovljivih prirodnih resursa i koristi razne agrokemikalija pri uzgoju da bi se ostvarili visoki prinosi, ali iza sebe ostavlja i negativne posljedice na okoliš, kvalitetu vode i zraka, a samim time ugrožava zdravlje ljudi i životinja u prirodi. Konvencionalna poljoprivreda se razlikuje ovisno o svakoj državi, ali se u svim državama ona temelji na novim inovacijama u poljoprivredi, velikim ulaganjima u infrastrukturu, opremu, velikim površinama monokultura te velikim količinama pesticida i raznih mineralnih gnojiva. Industrijska poljoprivreda kako još nazivamo konvencionalnu poljoprivredu je i danas najraširenija način proizvodnje prehrambenih proizvoda kojoj je glavna prednost u odnosnu na ekološku poljoprivredu, veliki prinosi, ali su zato proizvodi lošije kvalitete i smanjene energetske vrijednosti (Znaor 1996.). Ovakav način poljoprivrede nije dugovječan što se može primijetiti po količini prinosa koji se uslijed degradacije tla tijekom godina intenzivne poljoprivrede znatno smanjuju (Pingali 2012.).

Glavna obilježja konvencionalne poljoprivrede su specijalizacija proizvodnje, koja uz upotrebu pesticida, mehanizacije mineralnih gnojiva, novostvorenih sorti i ogromnih količina energije, uspijeva postići visoke prinose. Ova vrsta poljoprivrede se udaljila od osnovnih bioloških procesa. Konvencionalna poljoprivreda sve manje ovisi o klimatskim uvjetima, o kvaliteti tla i ostalim komponentama u prirodi. Takav način poljoprivrede svojom je praksom doveo do mnogih negativnih ekoloških, gospodarskih i socijalnih posljedica, kao što su onečišćenje okoliša pesticidima i teškim metalima, gubitak plodnosti tla, smanjenje humusa, onečišćenje podzemnih i drugih voda nitratima i fosfatima, erozija i drugo. Iz ovoga možemo vidjeti da su veliki uspjesi u proizvodnji samo prividni jer ima jako puno negativnih utjecaja (Strahinec 2018.).

U uvodu je spomenuto da je konvencionalna poljoprivredna proizvodnja uz industriju i promet jedan od najvećih onečišćivača okoliša. Industrija i promet su izvori onečišćenja u poljoprivredi, dok je poljoprivreda i izvor i žrtva onečišćenja. Konvencionalna poljoprivreda je također zaslužna i za gubitak biljnih i životinjskih vrsta, erozije tla, eutrofikacije voda i drugo. Svakako treba naglasiti da je ovaj vid poljoprivrede

veliki izvor emisije stakleničkih plinova, kao i veliki potrošač fosilnih goriva koji se koriste za poljoprivrednu mehanizaciju.

Konvencionalna poljoprivreda je zanemarila ulogu tla. Tlo u konvencionalnoj poljoprivredi služi kao supstrat koji će osiguravati biljku hranjivima i vodom. Dugoročno, tla u ovakvom načinu poljoprivrede smanjuju plodnost, dolazi do dehumifikacije, mijenja se struktura tla, smanjuje se efektivna dubina te, kao što je prethodno rečeno, dolazi do onečišćenja tla pesticidima. Računa se da se na većini polja konvencionalne poljoprivrede, za svaku proizvedenu tonu žitarica, erozijom gube još najmanje dvije tone tla. U praksi to znači da se godišnje na svakom hektaru gdje se proizvode žitarice izgubi oko 12 tona humusnog tla, a to znači da humusni sloj iz godine u godinu postaje sve tanji, slikovito rečeno pod našim nogama “raste“ pustinja (Znaor 1996.).

Na prostoru Hrvatske prevladava konvencionalna poljoprivreda. Prema podacima iz 2012. godine ukupna površina obrađenog poljoprivrednog zemljišta u RH iznosila je 1.116.332 ha što iznosi svega 42,3 % ukupnog poljoprivrednog zemljišta (Romić i sur. 2014.). Jedan od osnovnih pokazatelja intenzivnosti poljoprivrede u Hrvatskoj je potrošnja mineralnih gnojiva i pesticida po jedinici površine. Tako je u Hrvatskoj tijekom 2012. godine utrošeno 2 205 186 kg aktivne tvari pesticida te se iz toga može zaključiti da se u Hrvatskoj prosječno utroši oko 2 kg a. t. pesticida po ha obrađenog poljoprivrednog zemljišta. Uglavnom su to herbicidi (46,8%) i fungicidi (50,2%). Iste godine je na području RH utrošeno i 132,131 t (mineralnog dušika) i 20,182 t (mineralnog fosfora) iz mineralnih gnojiva koji su primjenjeni u poljoprivredi (Romić i sur. 2014.). Ovakav pristup u poljoprivredi može ostaviti štetne posljedice na kvalitetu površinskih i podzemnih voda te cjelokupnog agrekosustava na području RH. Međutim, u Hrvatskoj se konvencionalna poljoprivreda nikad nije razvila do te razine kao u daleko najrazvijenijim svjetskim zemljama pa se u Hrvatskoj, kao i u polju koje je istraživano, još uvijek nalazi veliki dio neobrađenih površina što samim time nije onečišćeno kemijskim supstancama. Iz svega toga možemo zaključiti da Hrvatska ima veliki potencijal za razvoj ekološke poljoprivrede (Pejnović i sur. 2012.).

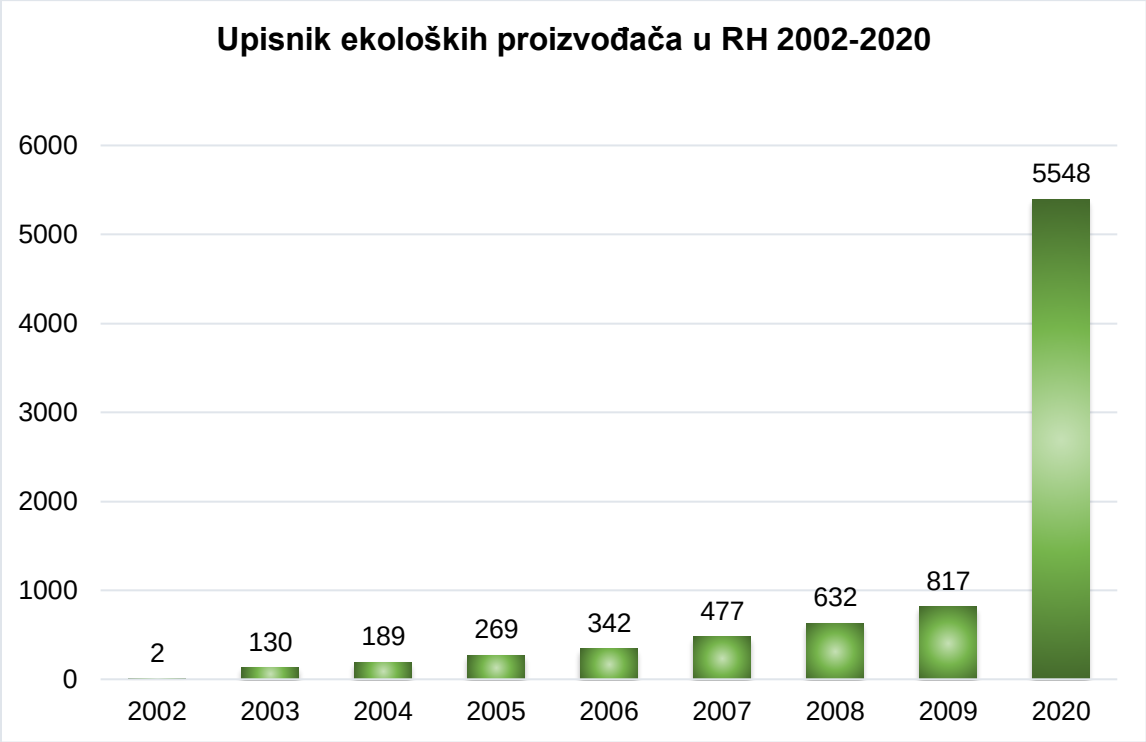
2.2. Ekološka poljoprivreda

Ekološka poljoprivreda u Europi i svijetu se počela razvijati tijekom 20. stoljeća u nekoliko europskih zemalja (Njemačka, Austrija, Švicarska, Velika Britanija, Francuska) i u SAD-u prema konceptu Steinerove Biodinamike iz 1924., „Poljoprivrednom testamentu“ Alberta Howarda iz 1940. i prema radovima J. I. Rodalea (Ullah i sur. 2015.) te po knjizi Eve Balfour "Živa zemlja" iz 1943. Ubrzani razvoj ekološke poljoprivrede dogodio se krajem 20. stoljeća nakon što je Europska Unija 1991. donijela uredbu EU br. 2092/91 prema kojoj se zakonski regulira ekološka poljoprivreda i proizvodnja hrane te osnivanjem svjetske organizacije za ekološku poljoprivredu

(IFOAM) 1972. godine. Danas se ekološka poljoprivreda prakticira u gotovo 200 država svijeta, a tri najzastupljenije države po količini hektara pod ekološkim uzgojem su Australija, SAD i Argentina dok je najveće svjetsko tržište ekoloških proizvoda u Europi. U Hrvatskoj je ekološka poljoprivreda zakonski regulirana 2001. godine (NN br. 12/01) (Puđak i Bokan 2011.) te pripada skupini Europskih zemalja sa slabom i nedovoljno razvijenom ekološkom poljoprivredom, iako ima veliki potencijal za rast i razvoj poljoprivrednog prehrambenog sektora zbog svojih raznolikih poljoprivrednih i ekoloških uvjeta, kvalitetnog tla i obradivog zemljišta te bogatog izvora voda. U početku je uglavnom prevladavao konvencionalni način poljoprivredne proizvodnje s velikim prinosima, ali kasnije su se pokrenuli i negativni procesi koji se vežu za konvencionalnu poljoprivredu (Grahovac 2005.). Zbog toga je u razvijenim zemljama Europe pa tako i Hrvatskoj sve više poljoprivrednih gospodarstava krenulo u ekološki način poljoprivredne proizvodnje. U Republici Hrvatskoj ekološki način poljoprivredne proizvodnje se počeo razvijati krajem 20. stoljeća. To je razdoblje uglavnom vezano za pojedince, preciznije entuzijaste i nevladine udruge koji su zbog „destruktivnog djelovanja konvencionalne, kapitalom intenzivne poljoprivredne proizvodnje na zdravlje ljudi, očuvanje prirode i okoliša željeli pokazati kako se poljoprivredni proizvodi mogu proizvoditi na drugačiji način“ (Grahovac 2005.).

U razdoblju od 1991. do 2001. u Hrvatskoj se otvaraju i prve specijalizirane trgovine zdrave hrane s ekološkim proizvodima. Uglavnom su to bili proizvodi s certifikatom ekološkog proizvoda uvezeni iz Europske Unije. Tih se godina osnivaju brojne udruge za ekološku poljoprivredu, da bi 2001. godine Republika Hrvatska donijela prvi zakon koji propisuje ekološki način poljoprivredne proizvodnje (Srpak i Zeman 2018.). Iako se u tom razdoblju u većini zapadnih europskih zemalja i svijetu ubrzano razvijala ekološka poljoprivrede u Hrvatskoj se taj period još naziva i „izgubljenim vremenom“ jer je od 1991. do 1995. godine trajao rat. Potom je 1997. godine osnovan Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu (HZPSS), dok je 4 godine kasnije osnovan i prvi odjel za ekološku poljoprivrednu proizvodnju pri HZPSS te se u tom razdoblju počelo stvarati tržište ekoloških proizvoda u hrvatskoj (Štefanić i sur. 2001.). U Hrvatskoj je jako teško bilo očekivati da će se ekološka poljoprivreda ubrzano razvijati i zbog toga što u Hrvatskoj prevladava uglavnom stanovništvo starije dobi koji se bave poljoprivredom pa je njima potrebna i dodatna edukacija i poticaji da bi se oni odlučili na novi “moderni način” poljoprivredne proizvodnje.

Početak ovog stoljeća obilježen je sve većim djelovanjem i ulogom države u razvoju ekološke poljoprivrede. Nakon donošenjem prvog zakona o ekološkoj poljoprivredi 2001. godine kontinuirano se povećava broj ekoloških proizvođača pa je tako 2002. godine bilo registrirano samo 2 ekološka proizvođača da bi 2020. godine broj upisanih ekoloških proizvođača bio 5548 što se može iščitati iz grafa 2.2.1. (www.poljoprivreda.gov.hr)



Graf 2.2.1. Upisnik ekoloških proizvođača u RH 2002-2020

Izvor: www.poljoprivreda.gov.hr

Takav pozitivan trend rasta nastavio se i nakon 2010. godine što se može vidjeti i u tablici 2.2.1. koja pokazuje ukupan udio ekološke proizvodnje u ukupnim poljoprivrednim površinama u Hrvatskoj, dok tablica 2.2.2. prikazuje način korištenja poljoprivrednog zemljišta u biljnoj proizvodnji u razdoblju od 2010. do 2015. godine u Hrvatskoj.

Tablica 2.2.1. Ekološka proizvodnja (ha) u RH

Godina	Ukupno korišteno poljoprivredno zemljište (ha)	Površina s ekološkom proizvodnjom (ha)	Udio (%)
2010	1333835	23282	1,75
2011	1326083	32036	2,42
2012	1330973	31904	2,40
2013	1568881	40660	2,59
2014	1508885	50054	3,32
2015	1537629	75883	4,94

(Izvor: www.poljoprivreda.gov.hr)

Prema podacima iz tablice 2.2.1. može se zaključiti da je u Hrvatskoj zabilježen rast ukupno korištenih poljoprivrednih površina u poljoprivredi za nešto vise od 200000 hektara u posljednjih 5 godina, a posebno značajan rast imaju površine koje su pod ekološkom poljoprivredom i koje su po broju hektara narasle za više od 3 puta. Iz tablice 2.2.1. je vidljivo i da je udio površina s ekološkom poljoprivredom proporcionalno rastao svake godine, izuzev 2012., pa je tako sa 1.75 % narastao na 4.94 %. Iako je udio površina s ekološkom poljoprivredom u odnosu na ukupno korišteno zemljište porastao za nešto više od 3 % u posljednjih 5 godina ove brojke su mogle biti i veće s obzirom da Hrvatska posjeduje brojne agroekološke resurse koji nisu u potpunosti iskorišteni. Prema podacima Ministarstva poljoprivrede iz 2015. godine, Slavonija je regija s najviše obradivih površina pod ekološkim uzgojem, dok je županija sa najmanje obradivih površina pod ekološkim uzgojem uvjerljivo Krapinsko-zagorska županija sa 93 hektara površine (www.poljoprivreda.gov.hr).

Tablica 2.2.2. Kulture u ekološkoj proizvodnji

Kultura	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Oranice	17066	22156	17815	19183	23802	30444
Voćnjaci	1770	2058	2851	3239	3790	5638
Vinogradi	400	614	634	791	931	913
Maslinici	322	600	860	1330	1472	1334
Aromatično i ljekovito bilje	388	718	1159	1368	2876	3.494
Povrće	284	143	160	165	304	343
Pašnjaci	2452	4943	7635	14279	16403	33612
Ugar	156	452	720	293	477	-

Izvor: www.poljoprivreda.gov.hr).

U ukupnoj biljnoj proizvodnji po hektaru površine pod ekološkim uzgojem preko 90% zauzimaju oranice i pašnjaci. S tim da je broj pašnjaka po hektaru pod ekološkim uzgojem u posljednjih 5 godina porastao sa 2452 na 33612 hektara što bilježi rast za više od 1000%. Od ostalih kultura pod ekološkim uzgojem prednjače voćnjaci i aromatično i ljekovito bilje. Kroz niz mjera zajedničke poljoprivredne politike od 2014. do 2020. godine nastavio se rast poljoprivredni površina pod ekološkim uzgojem i broj poljoprivrednih subjekata u ekološkoj poljoprivredi (poljoprivredni proizvođači i prerađivači).

2.2.1. Obilježja ekološke poljoprivrede

Glavno obilježje ekološke poljoprivrede je da nastoji maksimalno iskoristiti potencijale određenoga ekosustava, odnosno gospodarstva, stimulirajući, jačajući i harmonizirajući biološke procese pojedinih njegovih dijelova. Ekološki način proizvodnje

podrazumijeva suvremeni način poljoprivredne proizvodnje koji se temelji na najnovijim spoznajama i dostignućima. Osnovni cilj ekološke poljoprivrede je očuvanje okoliša (kvalitete vode, tla i zraka), očuvanje neobnovljivih prirodnih resursa, povećavanje biološke raznolikosti te proizvodnja namirnica visoke kvalitete na način da se pri proizvodnji pravilno gospodari tlom (pravilnim izborom gnojidbe, plodoreda, kultura, sorti i pasmina te obradom tla i jačanjem otpornosti prema bolestima i štetnicima) i da se tijekom poljoprivredne proizvodnje ne koriste pesticide, herbicidi, mineralna gnojiva i drugi sintetički proizvodi. U ovakvom načinu poljoprivredne proizvodnje gospodarstvo treba predstavljati harmoničan i što je više moguć zatvoren sustav glede kruženja organskih i mineralnih tvari, energije, reprodukcijskoga materijala te ekonomske samodostatnosti. Stoga se može zaključiti da je suradnja s prirodom puno bolja od njezinog sustavnog uništavanja te da takva daje puno bolje rezultate (Znaor 1996.).

2.3. Mikro i makroelementi u tlu

Skupini esencijalnih mikroelemenata pripadaju željezo (Fe), mangan (Mn), cink (Zn), bakar (Cu), molibden (Mo) i nikal (Ni) koji su teški metali neophodni za život biljaka, životinja i ljudi. Kobalt (Co) je teški metal koristan za biljke, dok krom (Cr), kadmij (Cd) i olovo (Pb) pripadaju skupini toksičnih elemenata bez esencijalnog ili korisnog učinka. Esencijalni mikroelementi iz skupine teških metala uz preveliku koncentraciju i bioraspoloživost u okolišu mogu imati toksičan učinak na biljke i životinje te svojom koncentracijom kontaminirati hranu (Kisić 2012., Petljak 2019., Sanità di Toppi i Gabbrielli 1999., Vukadinović i Lončarić 1998.). Elementi u tragovima koji nas najviše ekološki zanimaju su Cu, Zn, Pb i Cd, zbog čestih kontaminacija tala, voda i prehrambenog lanca (He i sur. 2005). Prema pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 9/2014), poljoprivredno zemljište smatra se onečišćenim kada sadrži više teških metala i potencijalno onečišćujućih elemenata od maksimalno dopuštenih količina, izraženo u mg/kg.

2.3.1. Željezo

Željezo ili lat. (*ferrum*) je mikroelement koji pripada skupini teških metala zbog svoje relativne gustoće iznad 5 g/cm³ te je jedini mikroelement koji je poznat još u 19. stoljeću. Potječe od mnogobrojnih primarnih i sekundarnih minerala, a u tlu i biljkama se nalazi kao dvovalentan (fero) i trovalentan (feri) kation te u odgovarajućim spojevima. Ukupni sadržaj Fe u tlu je između 0.5 i 4 %, a prosječno 3,2 %. Pripada skupini esencijalnih elemenata i važan je za život biljaka koje ga usvajaju kao Fe^{2+}, Fe^{3+} ili u obliku kelata. pH jako utječe na pristupačnost Fe u tlu, u kiselim tlima ima više iona Fe u otopini tla pa je tako moguće i njegovo toksično djelovanje. Slabo je pokretljiv element u

biljkama, a njegova koncentracija u biljkama je između 50-1000 mg/kg (Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.2. Mangan

Mangan ili lat. (*manganum)* je mikroelement koji pripada u skupinu teških metala. Njegova ukupna količina jako ovisi o tipu tla, a najčešće ga ima između 200-3000 mg/kg od čega je biljkama raspoloživo 0,1-1,0 %. Najvažnije frakcije mangana u tlu su Mn^{2+} i Mn-oksidi u kojima je mangan trovalentan ili četverovalentan. Pri niskom pH, u kiselim tlima je pristupačnost Mn velika pa tako neki autori navode da se za svaku jedinicu porasta pH, pristupačnost Mn^{2+} pada za 100 puta. Tla Hrvatske su jako dobro opskrbljena manganom osim Dalmacije. Prosječna koncentracija Mn u biljkama je između 50-250 mg/kg dok se toksičnost javlja kada je u tlu koncentracija veća od 1000 mg/kg (Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.3. Cink

Cink ili lat. (*zinc*) je kemijski element koji pripada skupini teških metala, a u tlu potječe iz primarnih i sekundarnih minerala. Nalazimo ga u alkalnim stijenama (bazalt) i u kiselim stijenama (granit i gnajs). Sadržaj cinka u tlu u prosjeku iznosi od 5-20 g/kg. Zn se nalazi na 24 mjestu po učestalosti u zemljinoj kori, a danas je poznato vise od 80 minerala cinka. Glavne cinkove rude su sfalerit (ZnS) i smithsonit (ZnCO). Ovisno o biljnoj vrsti koncentracija Zn u biljkama iznosi 0,6-83 mg/kg (Gluhić i Deklić 2018., Halamić i sur. 2008., Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.4. Bakar

Bakar ili lat. (*cuprum*) je mikroelement koji pripada skupini teških metala koji u tlu potječe iz primarnih minerala gdje se nalazi u jednovalentnom obliku te raspadanjem oksidira do Cu^{2+}. Bakar pripada skupini esencijalnih elemenata koji su neophodni za život biljaka, životinja i ljudi, ali ujedno njegova velika koncentracija u okolišu može imati toksične učinke na biljke i životinje te na taj način kontaminirati hranu. Nalazi se na 26. mjestu po zastupljenosti u zemljinoj kori (Reimann i sur. 2003.). U normalnim poljoprivrednim tlima prosječna koncentracija bakra je 1-50 mg/kg. Cu je slabo pokretan element u biljkama. Jako je važan za biljke jer utječe na stabilnost kloroplasta pa biljke ishranjene sa Cu ostaju dulje mlade. U tlima Hrvatske, koncentracija se kreće 2-250 mg/kg, a najviše koncentracije bakra su zabilježene u tlima Dalmacije u kojima ima dvostruko više bakra nego u ostalim regijama Hrvatske. Tla koja imaju koncentraciju bakra manju od 5 mg/kg smatraju se osiromašenim tlima s tim elementom (Halamić i sur. 2008.).

2.3.5. Molibden

Molibden ili lat. (*molibden)* je mikroelement koji pripada u skupini teških metala. Molibden je vezan u tlu u mineralima i organskoj tvari te se pojavljuje kao molibdatni ion (MoO_4^{-2} i $HMoO_4$). Nedostatak molibdena se uglavnom javlja rijetko jer je biljkama potrebna relativno niska koncentracija ovog elementa. U kiselim i vlažnim tlima se uglavnom javlja nedostatak molibdena. Koncentracija molibdena u tlu je izuzetno niska (posebno u kiselim tlima) 0,6-3 mg/kg (Gluhić i Deklić 2018.).

2.3.6. Kobalt

Kobalt ili lat. (*cobalt*) je kemijski element koji pripada skupini teških metala i skupini beneficijalnih elemenata za biljke. Koncentracija kobalta u tlu je vrlo niska, a kreće se od 0,02-0,50 mg/kg. U tlu se ponaša poput drugih teških metala te teži tvorbi helatnih spojeva. Esencijalni je element za simbiotsku fiksaciju dušika i važan je u životinjskoj ishrani (Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.7. Nikal

Nikal ili lat. (*niccolum*) je kemijski element koji pripada skupini teških metala. Esencijalni je element s prosječnom koncentracijom u tlu od 40 mg/kg, ovisno o tipu tla. Brzo tvori helate, a visoka koncentracija nikala u otopini tla može reducirati primanje velikog broja hraniva. Jako je važan za usvajanje željeza te je neophodan za aktivnost enzima ureaze i ima utjecaja kod klijanja sjemena. U biljkama je prosječna koncentracija nikla od 0,1-0,5 mg/kg (Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.8. Krom

Krom ili lat. (*chromium*) je kemijski element koji pripada skupini teških metala i nije esencijalan za biljke. U tlu se uglavnom pojavljuje kao trovalenti krom Cr^{3+} i heksavalentni Cr^{6+} oblik. Biljke sadrže koncentraciju kroma od 0,0-1,0 mg/kg dok se toksičnost javlja s više od 5 mg/kg. Većina tla sadrže koncentraciju ispod 100 mg/kg. Krom se u tlu nalazi u gotovo netopljivim spojevima pa je usvajanje i translokacija u biljci vrlo niska. Biljke ga dobivaju u obliku Cr^{3+} i CrO_4^{2-} (Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.9. Olovo

Olovo ili lat. (*plumbum*) je teški metal koji se u tlu pojavljuje u obliku iona Pb^{2+},

olovo tetraetil, olovo trietil, olovodietil i ostali alkalni derivati olova. Olovo je glavni kemijski polutant okoliša te se najviše u tlo unosi suhom i vlažnom depozicijom iz zraka i onečišćenim poplavnim vodama. Porijeklom je uglavnom iz prometa jer je još uvijek sastavni dio goriva, različitih industrija koksara, termoelektrana. Koncentracija olova se smanjuje s dubinom pa se većina olova akumulira u površinskom sloju od 3 do 5 cm. U poljoprivrednim tlima sadržaj olova se kreće od 2-200 mg/kg, dok se na mjestima depozicije olova u nekim slučajevima koncentracije mogu biti ekstremno visoke i do 1000 mg/kg (Kisić 2012.).

2.3.10. Kalcij

Kalcij ili lat. (*calcium*) je mikroelement koji pripada skupini zemnoalkalijskih metala. Glavne izvore kalcija u tlu predstavljaju primarni minerali silicija i sekundarni minerali kalcija, kao što su dolomit ($CaCO_3$ x $MgCO_3$), kalcit ($CaCO_3$) i gips ($CaSO_4 \times H_2O$) te mnogi drugi kalcijevi fosfati s čijom razgradnjom se oslobađa kalcij koji tvori nove sekundarne minerale ili je u tlu pretežito izmjenjivo sorbiran (Vukadinović i Lončarić 1998). Zastupljenost kalcija u tlima je od 0,2-2 % (karbonatna tla mogu imati i do 10 %). U tlu ga pronalazimo kao dvovalentni kation Ca^{2+} te je zastupljen većinom na adsorpcijskom kompleksu. Biljka ga usvaja kao dvovalentni Ca^{2+}, a njegov udio u biljkama je između 0,1-0,5 %. Kalcij ima jako važnu ulogu u održavanju pH tla agrotehničkom mjerom kalcizacije koja doprinosi povišenju pH u kiselim tlima gdje je pH vrlo nizak (Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.11. Fosfor

Fosfor ili lat. (*phosphorus*) je mikroelement koji pripada skupini nemetala. U tlu se pojavljuje u organskom i mineralnom obliku, a ukupna količina se kreće od 0,03-0,20 %. Ima veliki značaj za biljku jer je konstituent makromolekularne strukture nukleinskih kiselina, fosfolipida, enzima i dr. Do sada je istraživanjima utvrđeno kako čak 170 minerala sadrže fosfor (Holford 1997., Vukadinović i Lončarić 1998.). Fosfor je jako važno hranjivo za biljku koja ga koristi u anionskom obliku i to isključivo kao $H_2PO_4^-$ i HPO_4^{2-}, ugrađujući ga u organsku tvar bez redukcije. Udio fosfora u biljkama koje su dobro opskrbljene hranjivima je oko 0,4 do 1,5 % te ga biljka u normalnim uvjetima vrlo lako usvaja, a uglavnom je sastavni dio nukleinskih kiselina i nukleotida, fosforiliranih međuprodukata tijekom izmjene tvari i energije, membranskih fosfolipida i dr. (Hammond i sur. 2004., Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.12. Magnezij

Magnezij ili lat. (*magnesium*) je mikroelement koji pripada skupini zemnoalkalijskih metala, a u tlu potječe iz primarnih minerala kao što su silikati i bazični minerali te iz sekundarnih, dolomita i magnezita. Raspadanjem primarnih minerala oslobađa se magnezij Mg^{2+} te on kao takav ponovno gradi sekundarne minerale ili se veže na adsorpcijski kompleks tla. Njegova zastupljenost u tlu je oko 0,1-1,0 %, dok je u karbonatnim tlima njegova koncentracija i puno veća. Magnezij je od neizmjerne važnosti za biljku jer je važan za promet energije, funkciju ribosoma, promet rezervnih tvari, a njegova prosječna koncentracija u biljkama iznosi 0,1-1,0 % (Mihaljev i Kastori 1983., Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.13. Sumpor

Sumpor ili lat. (*sulfur*) je mikroelement koji pripada skupini nemetala, a u prirodi potječe iz matičnih stijena i vrlo je rasprostranjen element. U tlu se sumpor nalazi u organskom i anorganskom obliku, a njegova ukupna količina suhe tvari tla iznosi od 0,01-0,25 %. Količina sumpora u tlu ovisi o ravnoteži između imobiliziranog topljivog sumpora i mineralizacije organske frakcije sumpora. Sumpor je važan konstitucijski element za biljku koja ga usvaja pretežito u anionskom obliku SO_4^{2-}, a njegov udio u biljci iznosi između 0,1-0,5 % (Lucheta i Lambais 2012., Vukadinović i Lončarić 1998.).

2.3.14. Vanadij

Vanadij ili lat. (*vanadium*) je kemijski element koji pripada skupini metala, a u prirodi se nalazi u dva oblika, kao vanadat i u organskom kompleksu. Nalazimo ga u raznim spojevima sa stupnjem oksidacije V^{2+}, V^{3+}, V^{4+} i V^{5+}. Esencijalni je element koji je potreban u životinjskoj ishrani, a oslobađa se u velikim količinama izgaranjem fosilnih goriva. Prosječan sadržaj u biljnom tkivu iznosi 1µg/g (Kisić 2012.).

2.3.15. Kadmij

Kadmij ili lat. (*cadmium*) je mikroelement koji pripada skupini teških metala, a u tlu ga možemo naći u elementarnom stanju ili kao Cd^{2+} ion u otopini tla. Može biti vezan i u mineralnim fazama prisutnim u tlu ili organskim spojevima pa se u tom slučaju ne ispire iz tla. U poljoprivrednim tlima se kadmij akumulira depozicijom iz zraka, izgaranjem fosilnih goriva, spaljivanjem otpada, u industriji plastičnih masa, boja, legura. Zbog visoke topljivosti i sposobnosti brzoga prijelaza iz tla u biljku te zbog svoje toksičnosti već u malim količinama kadmij smatramo jednim od najopasnijih teških metala (Kisić 2012.).

2.3.16. Aluminij

Aluminij ili lat. (*aluminium*) je kemijski element koji pripada skupini zemnih metala, treći je najzastupljeniji element i najčešći metal u zemljinoj kori. Sastavni je dio tla, te je prisutan u različitim ionskim oblicima, a najotrovniji je Al^{3+}. Njegova prisutnost u kiselim tlima može znatno smanjiti poljoprivredne prinose. Toksično djelovanje aluminija najviše se odražava na korijen gdje dolazi do oštećenja i blokiranja rasta, korijen zakržlja i prestane rasti (Panda i sur. 2009.).

2.4. Navodnjavanje u agroekosustavima

Agroekosustav možemo opisati kao kompleksnu funkcionalnu cjelinu živih jedinki i brojnih okolišnih čimbenika, a osnovni mu je cilj proizvodnja hrane biljnog i životinjskog podrijetla. Navodnjavanje pripada jednoj od najstarijih agro-hidro-tehničkih zahvata kojom se pomoću određenih sustava nadoknađuje nedostatak vode u poljoprivredi tijekom vegetacijskog razdoblja. Prema najjednostavnijoj klasifikaciji navodnjavanje se može svrstati u dvije metode, a to su gravitacijsko ili tlačno navodnjavanje. Gravitacijskom navodnjavanju pripadaju sustavi u kojima se voda distribuira od vodozahvata do parcele gravitacijom, dok se tlačnim navodnjavanjem voda distribuira do parcele u zatvorenom sustavu cjevovoda pod nekim pritiskom. Prema složenijoj klasifikaciji navodnjavanje se još može podijeliti i na 4 metode, a to su površinsko, podzemno, kišenje i kapanje. Prema podacima iz popisa poljoprivrede 2003. (DZS, 2003) u Hrvatskoj se od 1,077 mil ha korištenih poljoprivrednih površina navodnjavalo oko 9270 ha odnosno manje od 1 % ukupno obradivih površina. Hrvatska na nacionalnoj razini raspolaže s oko 0,5 mil. ha zemljišta koji ima vrlo visok potencijal za navodnjavanje. Učinkovitost iskorištenja voda (WUE) sa stanovišta biljne proizvodnje predstavlja odnos između ukupnog volumena vode koji uđe u agroekosustav i ukupne količine poljoprivrednog proizvoda ili prinosa koji se proizvede u agroekosustavu tijekom određenog razdoblja (Ondrašek i sur, 2015.).

Od samih početaka navodnjavanja osnovni cilj je bio osigurati što veće prinose uzgajanih kultura u poljoprivredi jer su reakcije na nedostatak vode višestruke. Pri postizanju pozitivnih učinaka u navodnjavanju istovremeno se mogu dogoditi i negativni utjecaji na okoliš. Neke od negativnih posljedica koje može prouzročiti navodnjavanje su: prekomjerno crpljenje vodnih resursa, salinizacija zemljišnih resursa te eutrofikacija vodnih resursa. Stoga možemo zaključiti da je pravilno gospodarenje vodom u agroekosustavima od iznimne važnosti za stabilnost i sigurnost proizvodnje hrane (Ondrašek i sur. 2015.). Isto tako je jednako bitno i poznavanje kakvoće raspoložive

vode kao potencijalnog izvora za navodnjavanje da bi se utvrdilo odgovara li ista u navedenu svrhu prema postojećim pravilnicima i klasifikacijama.

2.5. Parametri kakvoće vode

Ioni su čestice koje su električki nabijene i nastaju procesom ionizacije. Kada neutralni atom izgubi jedan ili više elektrona onda postaje pozitivno nabijen i zove se kation, dok neutralni atomi koji prime jedan ili više elektrona postaju negativno nabijeni i zovu se anioni. Prirodne vode u sebi sadrže otopljene soli u različitim koncentracijama ovisno o porijeklu i nalazištu. U ovom istraživanju praćene su koncentracije iona (kationa i aniona): nitrata, nitrita, amonija, fosfata, bikarbonata, sulfata, klora, magnezija, kalija, natrija i kalcija.

2.5.1. pH

Kratica pH ili lat. (*potentia hydrogenii*: snaga vodika) predstavlja vrijednost koja služi kao mjera kiselosti (aciditeta) ili lužnatosti (alkaliteta) u vodenoj otopini. Mjeri se pri 25 °C te njena vrijednost može biti od 0 do 14. U čistoj vodi i u neutralnim vodenim otopinama koncentracija vodikovih iona (H^+) i hidroksidnih iona (OH^-) jednaka je i pri 25 °C iznosi 10^{-7} mol/dm³, te je prema tomu pH prema definiciji jednak 7. U kiselim otopinama koncentracija vodikovih iona veća je od 10^{-7} mol/dm³, dok je u lužnatim otopinama koncentracija hidroksilnih iona veća, a vodikovih iona manja od 10^{-7} mol/dm³, pa je tako njihov pH veći od 7. Prema zakonima kemijske ravnoteže, umnožak koncentracija vodikovih i hidroksidnih iona, konstantan je u svim vodenim otopinama. Prema prijedlogu P. L. Sørensena 1909. godine uveden je pojam pH vrijednosti.

2.5.2. Sulfati

Sulfati su soli sumporne kiseline koje nastaju pri relativno niskim temperaturama u oksidacijskoj sredini, gdje nastaje kompleksni anion SO_4^{2-}. Sulfati su često zastupljeni u zemljinoj kori, a u okolišu nastaju kao rezultat terestričkih i atmosferskih procesa. Većina sulfata su mekani, a oni koji u svom sastavu sadrže veće količine vode imaju manju gustoću i tvrdoću (Babić i sur.1998.). U prirodi je prisutnost sulfata iznimno velika, a posebno u krškim područjima zbog pojavljivanja minerala gipsa i anhidrita koji se često javljaju uz vapnence i dolomite koji stoga predstavljaju anorganski izvor sulfata. Njihova prisutnost u vodama rezultat je procjeđivanja vode kroz tlo ili stijenu pri čemu otapa gips i druge sulfatne minerale, razgradnjom organske materije ili kao posljedica taloženja sulfatnih soli iz atmosfere. Čovjek prosječno dnevno unese 500 mg

sulfata u organizam iz pitke vode, hrane i zraka, te je prema različitim istraživanjima dokazano da koncentracija sulfata nema štetnog utjecaja u pitikim vodama ako njezina koncentracija ne prelazi vrijednost 500 mg/L (Wolfe i Patz 2002.,www.who.int). Za proizvodnju različitih kemikalija i gnojiva koriste se proizvodi od sulfata i sumporne kiseline.

2.5.3. Fosfati

Fosfor je biogeni element koji se javlja u prirodnim vodama gotovo isključivo u obliku fosfata i to kao ortofosfati, kondenzirani fosfat (piro-,meta- i drugi polifosfati) i organski vezani fosfor. Ortofosfati su u vodi topljiv oblik fosfora, a najčešće su nastali prirodnim procesima, te ih nalazimo u sedimentima, prirodnim vodama, te u otpadnim vodama. Polifosfate najčešće nalazimo u deterdžentima i umjetnim gnojivima, te hidrolizom u vodenoj otopini mogu prijeći u orto-obliku koji postaje dostupan organizmima. Velike količine fosfata u prirodnim vodama mogu dovesti do pretjeranog rasta planktona i vodenog bilja što će dovesti do štetnog učinka na ekologiju voda. Zbog toga dolazi do bujanja biljnog i životinjskog svijeta i povećane potrošnje kisika otopljenog u vodi, te u takvim uvjetima sa smanjenim udjelom kisika dolazi do pomora živih organizama, a voda poprima neugodan miris i okus i postaje neprikladna za bilo kakvu upotrebu. U povišenim koncentracijama fosfati mogu uzrokovati i zdravstvene probleme pa je tako najveća dopuštena koncentracija fosfata u vodi za piće 300 µg/L.

2.5.4. Karbonati

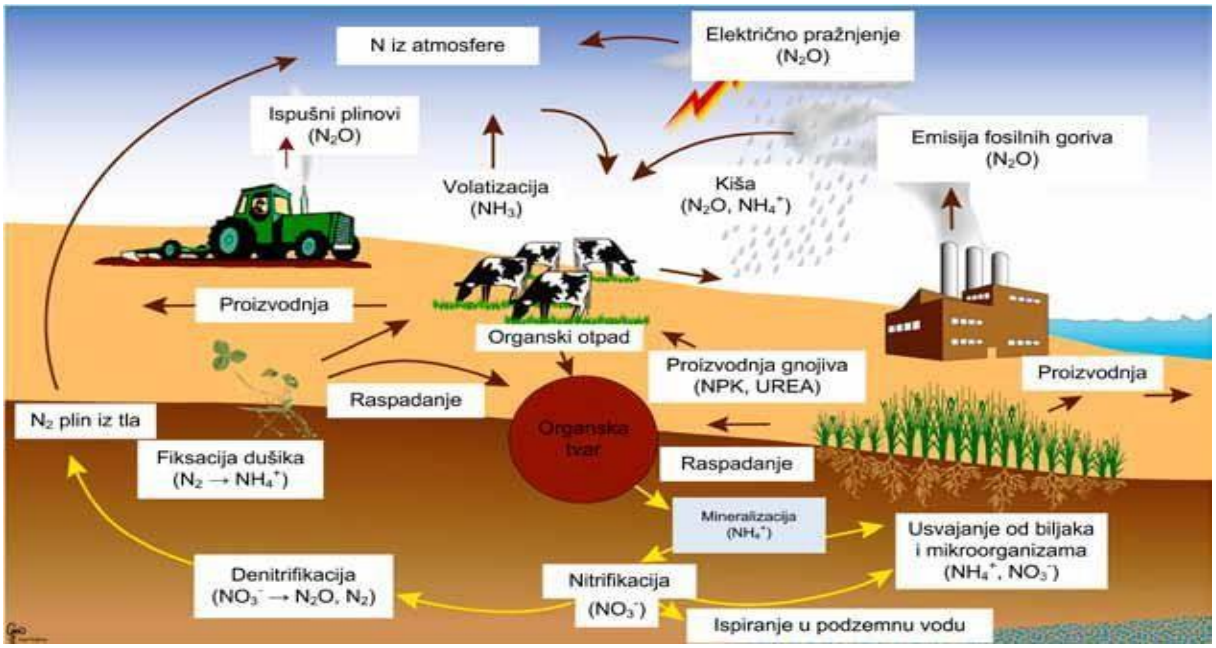
Karbonatna kiselina (H_2CO_3) slaba je anorganska kiselina koja nastaje otapanjem ugljikova (IV) oksida u vodi. Karbonati su soli ugljične kiseline koja gradi dvije vrste soli, bikarbonate s ionom HCO_3^- i karbonate s ionom CO_3^{2-}. Kalcijev i magnezijev karbonat ($CaCO_3$ i $MgCO_3$) su najvažniji prirodni karbonati koji kao minerali kalcit i magnezit grade polovicu svih stijena na Zemlji (vapnenac, dolomit). Karbonati alkalijskih metala su lako topljivi u vodi i ne raspadaju se zagrijavanjem (osim Li_2CO_3), dok su karbonati zemnoalkalijskih metala slabo topivi u vodi i žarenjem se raspadaju na ugljikov dioksid i metalni oksid. U organskoj kemiji karbonati su poznatiji kao esteri ugljične kiseline (www.enciklopedija.hr).

2.5.5. Nitrati

U posljednje vrijeme sve više pozornosti posvećuje se problemu onečišćenja podzemnih voda nitratima. Najveće koncentracije nitrata su u podzemnim vodama u blizini područja sa intenzivnom konvencionalnom poljoprivrednom proizvodnjom. U Hrvatskoj je određena granična vrijednost nitrata u podzemnoj vodi Pravilnikom o

zdravstvenoj ispravnosti vode za piće i iznosi 50 mg/L (NN 96/2019). Ta ista koncentracija propisana je i Nitratnom direktivom u zemljama EU. Dušik je jedan od esencijalnih i najčešće korištenih elemenata za ishranu bilja, ali su neki njegovi oblici (nitratni dušik) u većim koncentracijama štetni za ljudsko zdravlje (Wolfe i Patz 2002.). Visoke koncentracije nitrata u podzemnim vodama, osim što imaju jako negativne učinke na zdravlje ljudi, imaju i negativne utjecaje na okoliš. Toksični efekti na životinjske organizme u vodi javljaju se visokim koncentracijama nitrata (> 90 mg/L N-NO_3^-). Zbog povišene koncentracije nitrata dolazi do eutrofikacije površinskih voda (Howarth i Marino 2006.).

Azam i sur. (1995.) navode kako od ukupnog dušika dodanog u tlo oko 50 % uzima biljka, oko 25 % se veže u tlu i oko 25 % se gubi putem ispiranja, denitrifikacije i drugih mehanizama. Zbog toga je važno razumjeti procese koji se javljaju u ciklusu kruženja dušika kao što su: nitrifikacija, denitrifikacija, ispiranje nitrata ili volatizacija amonijaka. Najvažniji procesi u ciklusu dušika koji utječu na koncentracije u tlu su nitrifikacija i denitrifikacija. Dušikova fiksacija ili nitrogena fiksacija je proces u kojem atmosferski dušik prelazi u nitrate i amonijak. Među fiksatore dušika u tlu spadaju simbiotske dušikove bakterije iz roda Rhizobium, ostale bakterije i modrozelene alge u tlu i vodi, kao što su Nitrobacter, Cyanobacteria, Clostridium, koje vežu atmosferski dušik i prevode ga u amonijak.



Slika 2.5.5.1. Kruženje dušika u prirodi

Izvor: Filipović 2013.

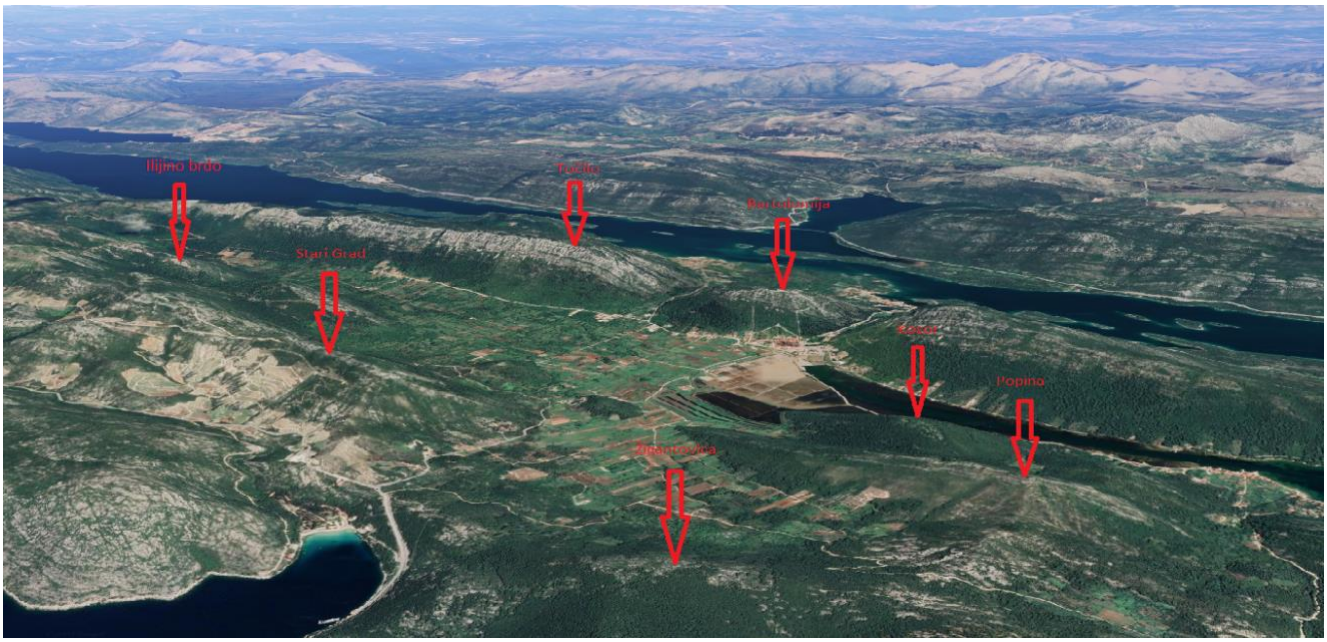
2.5.6. Električna vodljivost (EC)

Električna vodljivost je mjera za ukupnu koncentraciju otopljenih tvari u vodi. Određivanjem električne vodljivosti mjerimo sposobnost provođenja struje u uzorku vode. Ona se izražava u mikro Simens-ima po centimetru (µS/cm). Destilirana voda je slab vodič električne energije, dok se povećanjem primjesa u vodi povećava električna vodljivost. Mjerenjem električne vodljivosti možemo utvrditi koncentraciju otopljenih tvari u vodi. Voda za piće mora imati električnu vodljivost nižu od 750 µS/cm. Salinitet je mjera slanosti vode i izražena je kao dio otopine soli na tisuću dijelova vode (ppt – parts per thousand =g/kg=‰). Srednja vrijednost saliniteta oceana je oko 35 ppt. Salinitetu najviše doprinose natrijevi i kloridni ioni, sastojci natrijevog klorida koji poznajemo kao običnu kuhinjsku sol. Salinitet se mjeri očitanjem električne vodljivosti vode. Što je veća vodljivost, to je veća razina soli (Bradarić 2015.). Visoke koncentracije soli nalaze se u blizini mora ili na područjima gdje su se nekada u prošlosti nalazile morske površine. Pri navodnjavanju vodom koja sadrži visoke koncentracije otopljenih soli te ako nema mogućnosti ispiranja viška soli iz tla u sustav odvodnje, u tlu se vrlo brzo mogu nakupiti visoke koncentracije soli koje mogu izazvati oštećenja biljaka. Visoke koncentracije natrija u tlu imaju negativan utjecaj na strukturu tla, dok visoke koncentracije klora u tlu mogu dovesti do oštećenja i opeklina na lišću i stablu. Voda za navodnjavanje je u mnogim područjima svijeta vrlo loša jer sadrži visoke koncentracije otopljenih soli pa se prema mogućnostima toleriranja visoke koncentracije soli u tlu, biljke mogu podijeliti u dvije velike skupine: halofiti (rastu na zaslanjenim tlima) i glikofiti (ne toleriraju visoke koncentracije soli). Različite poljoprivredne kulture različito toleriraju koncentracije soli u tlu pa tako imamo osjetljive biljke (kukuruz, luk, salata, grah, agrumi), srednje osjetljive (ječam, pamuk) i tolerantne (šećerna repa, datulje) (Lazarević i Poljak 2019.).

3. Materijali i metode

3.1. Geografska obilježja

Stonsko polje tipično je krško polje površine 412 ha i nalazi se na samom jugu Hrvatske, na jugoistočnom dijelu poluotoka Pelješca i pripada administrativno u općinu Ston i Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Stonsko polje je okruženo velikim brdima koje su sastavni dio hrvatskog dinarskog krša. Dijeli se u dva dijela, a veći dio polja se pruža u smjeru sjeverozapad – jugoistok. Rubni dijelovi polja zapadno od naselja Česvinica su viši od 50 metara nadmorske visine, dok se na drugoj strani pruža do solane, odnosno do mora Stonskog kanala. Ovaj dio polja je zatvoren sa sjeverne strane Bartolomijom (219 m) i brdom Točilom (284 m) te je sa jugozapada zatvoreno Starim gradom (335 m) i Ilijinim brdom (443 m) (Slika 3.1.1.). Manji dio Stonskog polja nazivamo „Vino“ i taj dio polja okružen je brdima te ga sa zapada zatvara Stari Grad, a sa istoka Popino brdo (223 m) i Kosor brdo (280 m) te sa juga Žigantovica (254 m) (Idejni projekt odvodnje i navodnjavanja Stonskog polja 2009.).



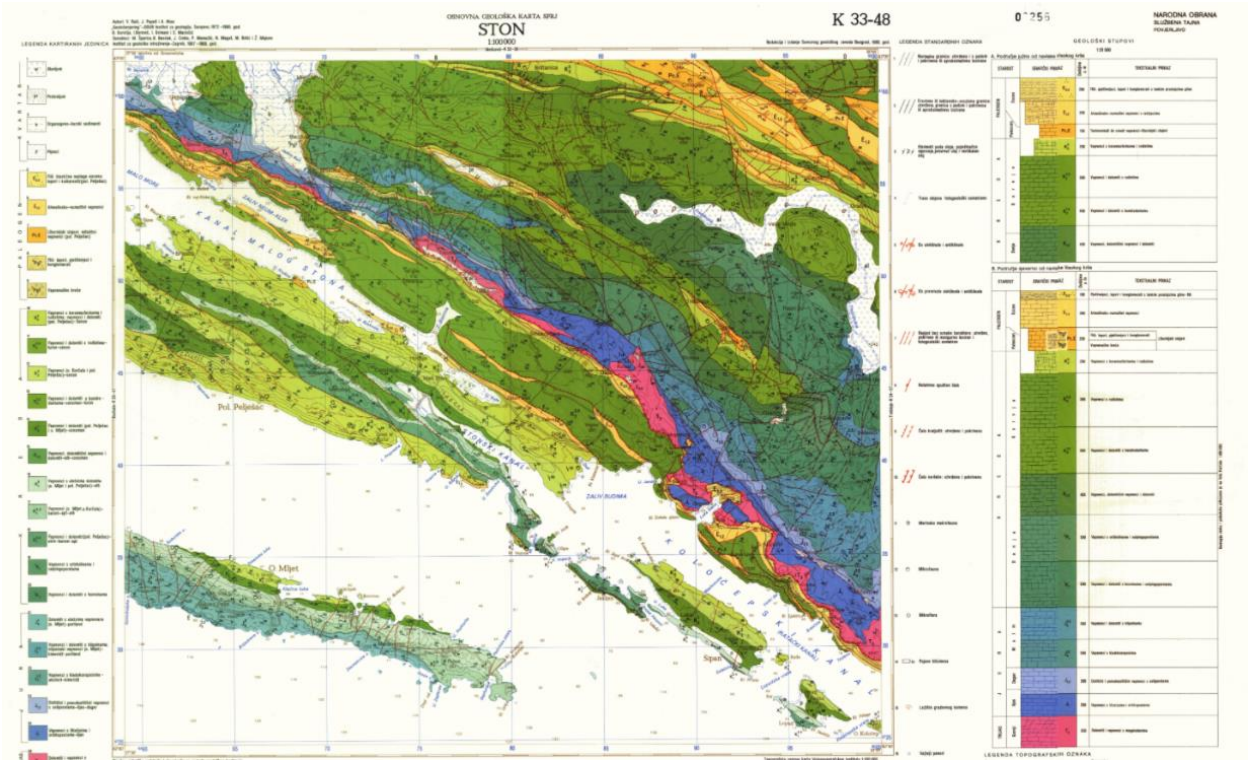
Slika 3.1.1. Topografija Stonskog polja

Izvor: www.googleearth.com

3.2. Geološka obilježja

Reljef Stonskog područja ima iste karakteristike kao i ostatak Pelješca. Poluotok Pelješac je sastavni dio hrvatskog dinarskog krša sa sličnom građom i sastavom stijena,

kao i sa svojstvenim dinarskim smjerom pružanja sjeverozapad-jugoistok. Ističe se međusobna usporednost uzvisina i udubljenja. Reljefno uzdignuti dijelovi koji prate središnji dio poluotoka pružaju se paralelno sa Dinarskim masivom. Ove uzvisine pružaju se longitudinalno od jugoistoka prema sjeverozapadu, paralelno jedna sa drugom, a među njima se prostiru udoline sa ravnicama, poljima i morskim uvalama. Svojstven je „dalmatinski tip razvedene obale s brojnim kanalima, zaljevima, uvalama i manjim otočićima. Stonsko polje je nastalo tako što je u području krša stvorena krška uvala koja je erozivnim snagama dalje transformirana. Erozivnim djelovanjem ispunjena je uvala dolomitnom trošinom koja je pedogenetskim faktorima omogućila razvitak zemljišta u Stonskom polju. Šire područje Stona izgrađuju sedimentne stijene koje stratigrafski pripadaju gornjoj i donjoj kredi. Na ovom području kredne naslage su prekrivene najmlađim kvartarnim sedimentima. Na području Stonskog polja izdvojena su dva horizonta donjokredne starosti i to dolomiti i dolomitni vapnenci, te vapnenci s ulošcima i manjim proslojcima dolomita. Gornja kreda je razvijena u vapnenačko-dolomitnom razvoju s prevladavajućim vapnencima. U tektonskom smislu područje Stona pripada tektonskoj podjedinici Neum-Slano osnovne megastrukture Adriatik (Idejni projekt odvodnje i navodnjavanja Stonskog polja 2009.).



Slika 3.2.1. Geološka karta Pelješca i Stonskog polja

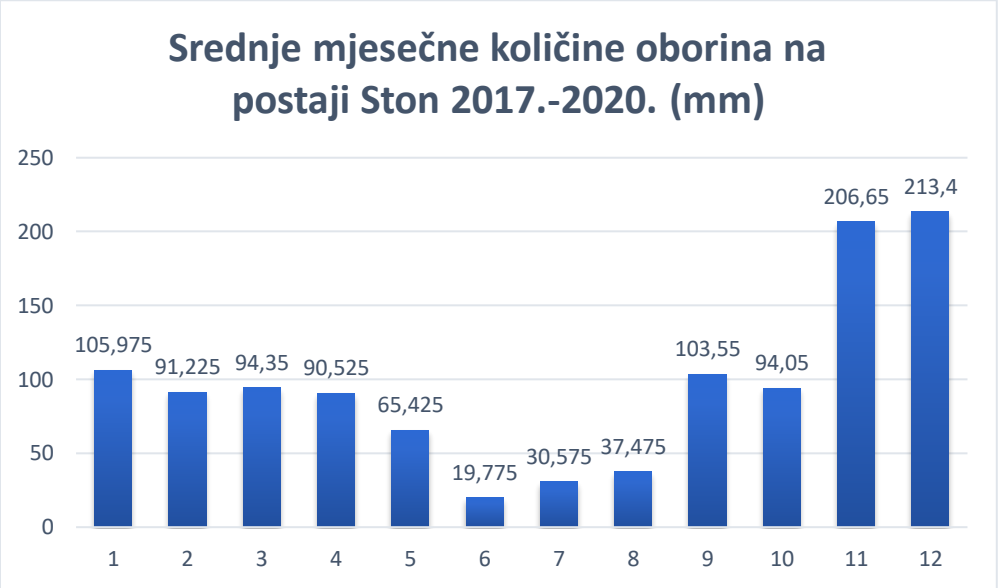
Izvor: www.hgi.hr

3.3. Pedološke značajke

Tla Stonskog polja su tipična crvenica (Terra Rossa) i rigolano tlo krša (Idejni projekt odvodnje i navodnjavanja Stonskog polja 2009.). Crvenice Stonskog polja su tipična kambična tla, jako izražena crvena boja kambičnog horizonta je posljedica akumulacije znatnih količina hematita ($Fe_2 0_3$) u uvjetima mediteranske klime, suha i vruća ljeta te blage i kišne zime. Tla su plitka uz rub polja do duboka na južnom dijelu. Zbog smještaja unutar krškog polja crvenice su skeletne već od same površine. Tla su plitka do duboka s dubinom soluma 20-85 cm, srednje zbijena (ρv= 1,18- 1,30 g/cm^3), osrednjeg retencijskog kapaciteta za vodu. Prema teksturnom sastavu to su glinaste ilovače do praškaste gline. Rigolano tlo krša nastalo je antropogenizacijom dubokih crvenica te je količina skeleta kod rigolanih tala niža u odnosu na crvenice, dok je dubina soluma od 80 do 110 cm (Idejni projekt odvodnje i navodnjavanja Stonskog polja 2009.).

3.4. Klimatska obilježja

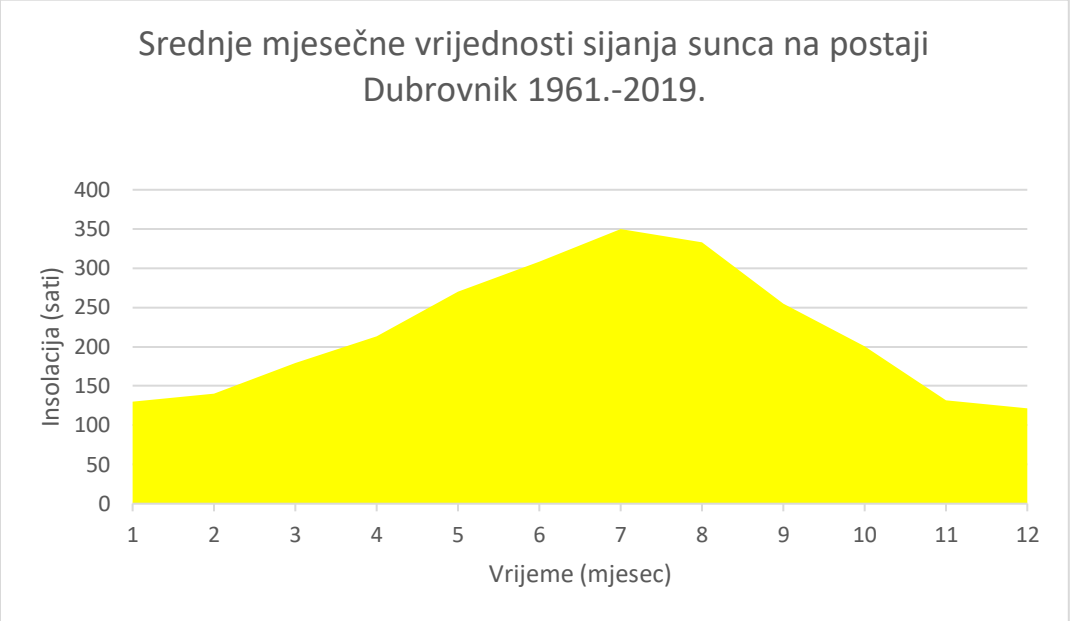
Ukupne godišnje količine oborina na Stonskom području u razdoblju 2017.-2020. godine iznose u prosjeku 1153 mm (graf 3.4.1.).



Graf 3.4.1. Prikaz srednje mjesečne količine oborina na postaji Ston 2017.-2020. (mm)
izvor: www.meteo.hr

Iako su te količine padalina relativno povoljne za razvoj poljoprivrede, problem je jer su neravnomjerno raspoređene po godišnjim dobima. U zimskim mjesecima padne

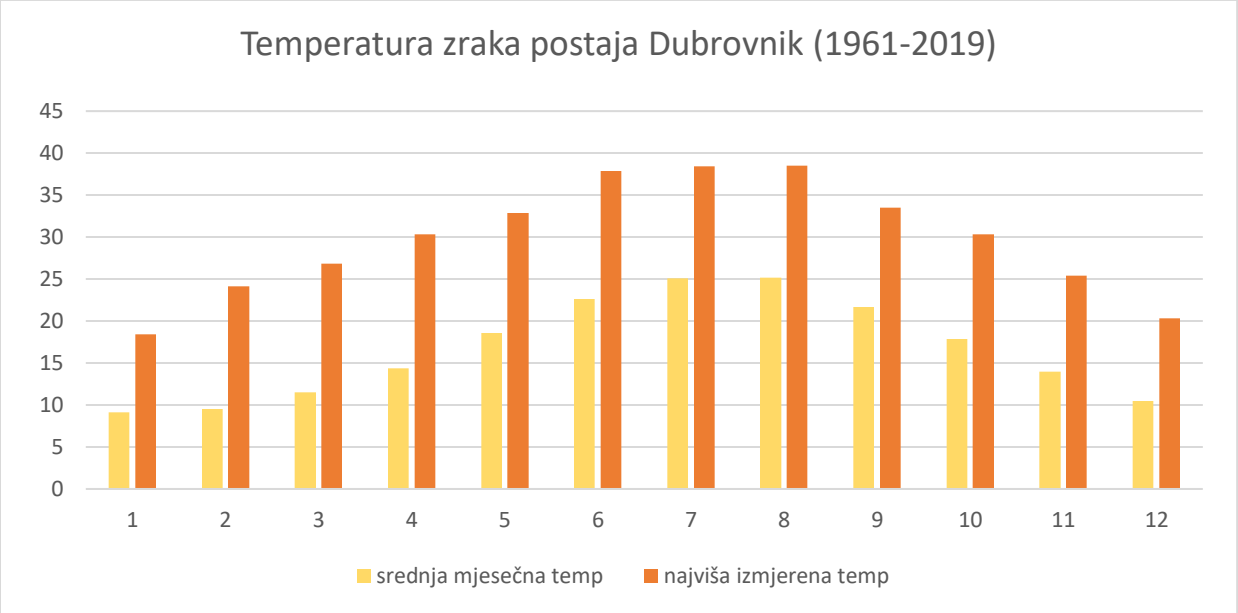
glavnina oborina pa u ljetnim postoji značajan nedostatak vode za rast i razvoj biljaka i razvitak poljoprivrede. Drugi važan parametar je i insolacija navedenog područja. Insolacija je parametar koji izravno utječe na temperaturu zraka i tla te na taj način utječe i na vegetaciju. Insolacija je usko vezana uz naoblaku tj. oblaci sprječavaju pritjecanje direktnih sunčevih zraka pa samim time smanjuju trajanje insolacije. Na insolaciju također utječe i magla, oborine, onečišćenje zraka, duljina dana i reljef. Insolacija nekog područja se mjeri u satima i mjeri se heliografom (Idejni projekt odvodnje i navodnjavanja Stonskog polja 2009.).



Graf 3.4.2. Srednje mjesečne vrijednosti sijanja sunca na postaji Dubrovnik 1961.-2019. (h) izvor: www.meteo.hr

Za vegetaciju uzgajanih kultura temperatura zraka je, uz oborine, najznačajniji utjecajni čimbenik i jedan od najboljih pokazatelja klimatskih karakteristika nekog područja. Toplinska radijacija sunca koja se na Zemljinoj površini pretvara u toplinu, gubi se na različite načine tako da dio topline ulazi u tlo te ga zagrijava. Dio radijacije se gubi na zagrijavanje zraka, dok se dio toplinske energije u prisutnosti vode troši na isparavanje. Čista radijacija kada se umanji za toplinu koja ulazi u tlo, koja zagrijava atmosferu kao i toplinu koja se gubi na isparavanje, jednaka je nuli. Ukoliko je samo tlo prekriveno vegetacijom, toplina se gubi za zagrijavanje biljke i dio na fotosintezu. Svaka uzgajana kultura ima svoje minimume, optimume i maksimalne temperature za svaki uzgojni stadij. Ovi limiti mogu u nekoj manjoj mjeri varirati ovisno o vrsti usjeva i izdržljivosti samih biljaka. Svakako visoke temperature nisu toliko štetne kao niske ukoliko ima dovoljno vode u tlu da bi spriječilo uvenuće biljaka. Puno opasnije su niske

temperature koje dovode do smrzavanja biljaka, ali niske temperature u nekim slučajevima dovode do smanjenja kretanja vode u biljci pa može doći do djelomičnog ili potpunog ugibanja biljaka (fiziološka suša) (Idejni projekt odvodnje i navodnjavanja Stonskog polja 2009.).



Graf 3.4.3 Temperatura zraka na postaji Dubrovnik 1961.-2019. (°C)

izvor: www.meteo.hr

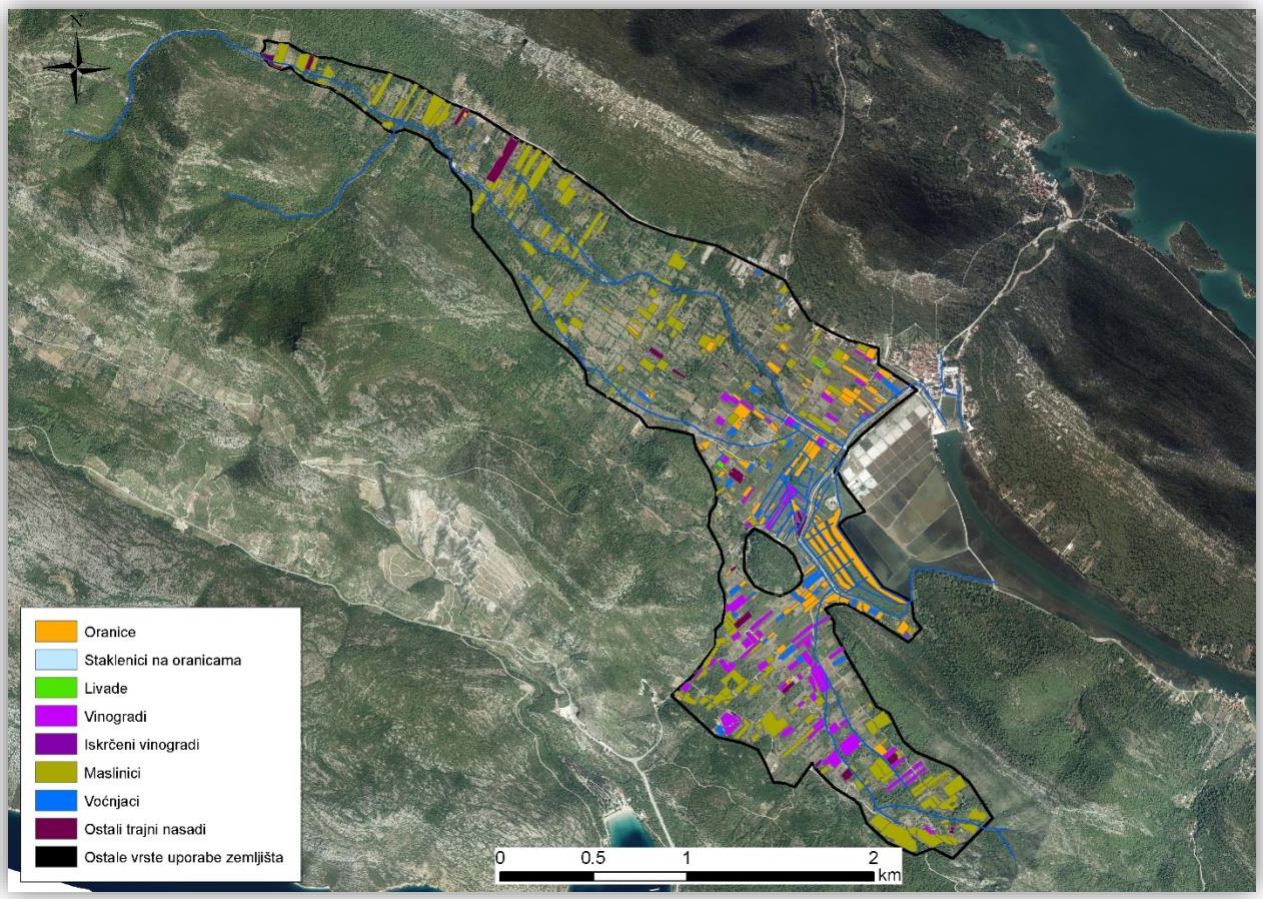
Relativna vlaga zraka, tj. zasićenost zraka vodenom parom, izražava se u postocima. Ovo je jedan od bitnijih elemenata klime nekog područja koji osim na poljoprivredu utječe i na mnoge druge gospodarske i ljudske aktivnosti. Povećana vlaga zraka javlja se ujutro i navečer te u zimskim mjesecima. Povećana vlažnost zraka zimi uzrokuje doživljaj hladnoće, a ljeti povećava osjet vrućine. Relativna vlaga bitno utječe i na biljke. Povećanjem relativne vlažnosti zraka, uz jednake klimatske uvjete, manja je transpiracija i isparavanje s tla. Relativna vlaga zraka je važan bioklimatski čimbenik. Vjetar, temperatura i vlaga zraka imaju važan ekološki i fiziološki značaj terestičkih organizama. S bioklimatskog stajališta, zrak je vrlo suh ako je relativna vlaga zraka manja od 55 %. Zrak je suh ako je relativna vlaga između 55 % do 74 %. Ako je relativna vlaga zraka kreće u rasponu od 75 % do 90 % smatra se da je zrak umjereno vlažan. Vjetar je parametar kojeg također valja spomenuti jer svojim utjecajem utječe na klimatske elemente temperaturu, vlažnost, oblačnost oborine i isparavanje. Utjecaj vjetra na poljoprivredu je također vrlo velik. Vjetar svojim djelovanjem izmjenjuje temperaturu, ugljični dioksid i vodenu paru u atmosferi, ubrzava prijenos polena, spora i

sjemena. Slabiji vjetrovi također dobro utječu na fotosintezu jer ubrzavaju dotok ugljičnog dioksida, a jaki vjetrovi negativno utječu na razvoj biljke jer povećavaju evapotranspiraciju. Vjetar je moguće definirati smjerom i brzinom (jačinom). Jačina vjetra se određuje po Beaufortovoj skali koja ima raspon od 0-12 stupnjeva. 0- tišina,1-lagani povjetarac, a 12 -orkan. Promatrano područje ima prosječnu brzinu vjetra od 4,0m/s što ga svrstava u područja u kojima prevladava slab vjetar (Idejni projekt odvodnje i navodnjavanja Stonskog polja 2009.).

3.5. Način korištenja Stonskog polja

Stonsko polje je većim dijelom pod utjecajem površinskih (oborinskih) i podzemnih voda, ali u jednom manjem dijelu i morske vode pa se djelomično zamočvaruje. Prvi značajni zahvati na odvodnji Stonskog polja započinju 1941. godine izradom projekta odvodnje „Stonsko polje – Isušenje Stonskog polja (Vodoopskrba u Mostaru 1941. godine). U sljedećih desetak godina izrađeni su mnogi projekti koji su se odnosili na isušivanje stonskog polja. Najpoznatiji su „Gospodarsko – melioraciona osnova Stonskog polja“ (Split 1955.g.), Melioracija Stonskog Polja - Odvodnja područja Lužine (projekt Zagreb 1957.g.) i Melioracija Stonskog polja – Regulacija Perunskog potoka i kanala (projekt Zagreb 1957.g.). Nakon toga 1974.g. je izrađen najvažniji projekt „Melioracija područja Lužine u Stonskom polju“ (Split 1974.g.) Navedena dokumentacija bavi se odvodnjom najnižih dijelova Stonskog polja, između ostalog i odvodnjom područja Lužine te regulacijom nizvodnog dijela Perunskog potoka. Stonsko polje je jedno od najvećih hidromelioriranih polja na Pelješcu. U Stonskom polju uglavnom je organizirana konvencionalna poljoprivreda s manjim udjelom obradivih površina pod ekološkim uzgojem. Uglavnom prevladava plodno tlo koje je povoljno za poljodjelstvo pa se stoga najviše uzgajaju masline, agrumi, koštićavo i jabučasto voće, vinova loza, povrće i stočno bilje. Prema procjenama poljoprivredne površine zauzimaju 412 ha, a od toga se obrađuje cca 200 ha te su najvećim djelom u privatnom vlasništvu, dok je jedan dio polja i zapušten u smislu održavanja infrastrukture, te prekriven prirodnom vegetacijom. Na osnovu obilaska terena, podataka s terena i razgovora sa savjetodavnom službom ministarstva poljoprivrede na području općine Ston (mag.ing.agr. Frano Mihlinić) u Stonskom polju uzgaja se: povrće cca 30 ha (7 %), vinova loza cca 25 ha (6%), masline cca 106 ha (27%), voćnjaci cca 30 ha (6 %) i neobrađeno je cca 221 ha (54%). Na slici 3.5.1. prikazan je način korištenja poljoprivrednog zemljišta i vodotoka u Stonskom polju prema ARKOD bazi. Od tada, do dana pisanja ovog rada došlo je do značajnijih zahvata na revitalizaciji maslinarstva kao i velikog ulaganja u podizanje nasada bobičastog voća, u prvom redu jagoda i maslinika introduciranih talijanskih sorata. Potencijalne mogućnosti za razvoj ozbiljnije poljoprivredne proizvodnje proizlaze iz raspoloživih zemljišnih kapaciteta, mogućnosti

natapanja i klimatskih uvjeta. Također za razvoj poljoprivrede je jako važno da dođe do okrupnjavanja zemljišta i izgradnje sustava navodnjavanja (Idejni projekt odvodnje i navodnjavanja Stonskog polja 2009.).



Slika 3.5.1. Način korištenja poljoprivrednog zemljišta i vodotoka u Stonskom polju prema ARKOD

3.6. Ekološka poljoprivreda u Stonskom polju

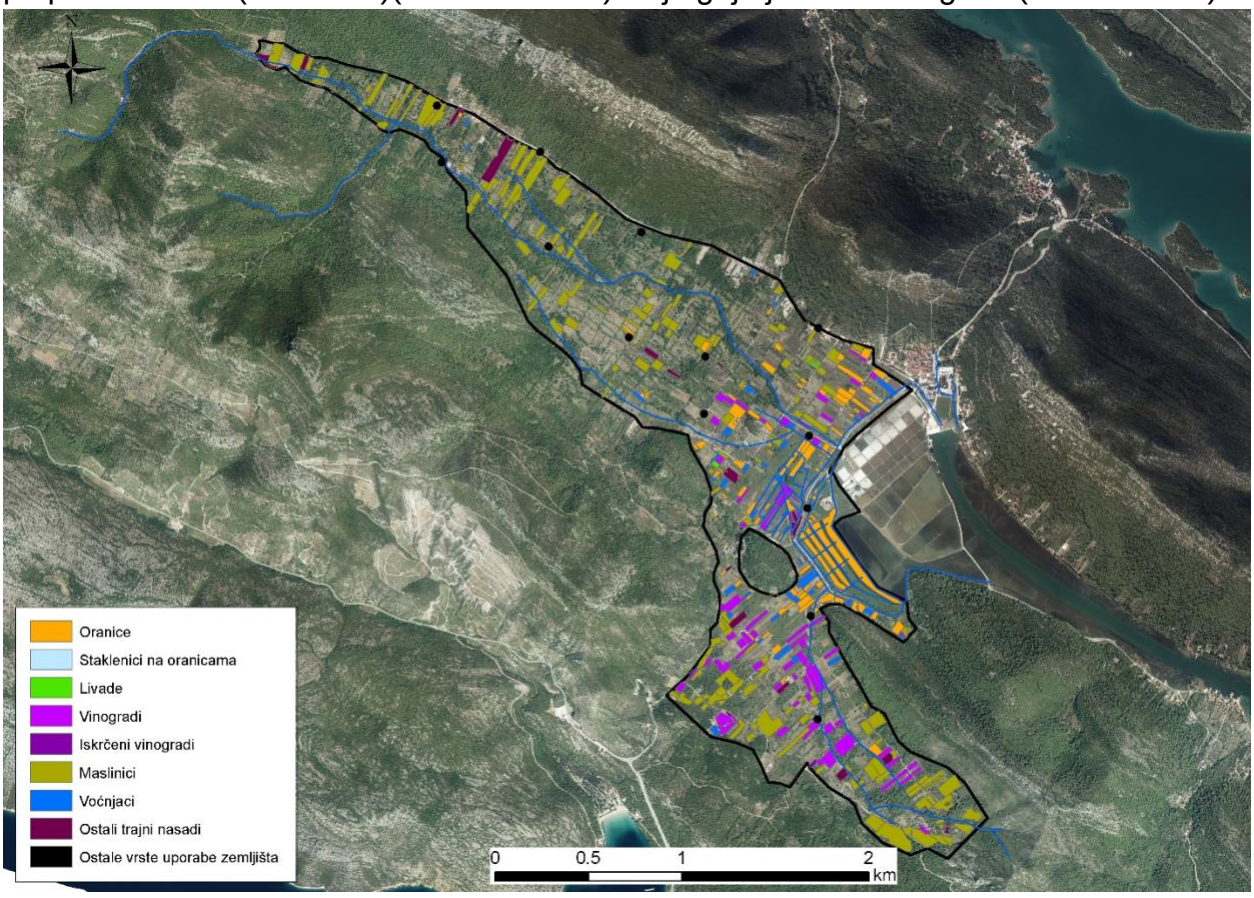
U Stonskom polju, kao i u cijeloj Hrvatskoj, ekološki način poljoprivredne proizvodnje je jako malo zastupljen. Ekološkom poljoprivredom u Stonskom polju bavi se manji broj registriranih ekoloških poljoprivrednika, koji posjeduju manji udio obradivih površina pod ekološkim uzgojem u odnosu na ukupnu površinu obradivih površina stonskog polja, koji uglavnom uzgajaju masline na ekološki način, dok se tek jedan poljoprivrednik odlučio za ekološki uzgoj voća i povrća. Prema saznanjima prikupljenim na terenu od voditelja savjetodavne službe ministarstva poljoprivrede na području općine Ston (mag.ing.agr. Frano Mihlinić), koji je ujedno i jedan od prvih proizvođača

ekoloških nasada maslinika na području Stonskog polja, može se zaključiti da su prinosi maslina ovakvim načinom proizvodnje jednaki ili neznatno manji u odnosu na konvencionalni način poljoprivrede, a konačan proizvod (maslinovo ulje) je visoke kvalitete. U posljednje vrijeme je na području Stonskog polja zabilježen kontinuirani, ali i polagani rast registriranih ekoloških poljoprivrednika. Jedan od mogućih razloga sporijeg rasta ekoloških registriranih poljoprivrednika je to što uglavnom prevladava stanovništvo starije životne dobi koje se bavi poljoprivredom te koje je nedovoljno educirano i ekološki osviješteno.

3.7. Metode uzorkovanja i laboratorijske analize

3.7.1. Prikupljanje uzorka tla

Uzorci tla unutar Stonskog polja prikupljeni su u sklopu projekta Prostorna varijabilnost toksičnih metala u poljoprivrednim tlima Hrvatske pod vodstvom prof. dr.sc. Marije Romić te ustupljeni za korištenje i interpretaciju u ovom radu. Približno 2 kilograma tla uzeto je na svakoj lokaciji u površinskom (0-30cm)(13 uzoraka tla) i potpovršinskom (30-60 cm)(10 uzoraka tla) sloju gdje je to bilo moguće (slika 3.7.1.1.).



Slika 3.7.1.1. Lokacije prikupljanja uzoraka tla (označene točkom) u Stonskom polju

Uzorci su uzeti ispoliranom sondom izrađenom od inox čelika (Eijkelkamp, Nizozemska) te označeni i pospremljeni u plastične vrećice i dopremljeni u laboratorij za daljnju pripremu i ispitivanja.

3.7.2. Priprema uzoraka tla

U laboratoriju su uzorci homogenizirani i osušeni na sobnoj temperaturi. Nakon usitnjavanja krupnijih agregata, tlo je prosijano kroz sito otvora φ 2 mm. Jedna trećina tako dobivenog uzorka je korištena kao laboratorijski uzorak u kojem su ispitani standardni kemijski i fizikalni pokazatelji. Druga trećina je pospremljena u plastične kutije kao arhivski uzorak, a ostatak uzorka je prosijan kroz sito otvora φ 500 µm za ispitivanje elementarnog sastava tla. Korištena su standardna laboratorijska sita DIN/ISO 3310 (Fritsch, Njemačka). Priprema uzoraka tla učinjena je prema standardnom postupku pripreme uzoraka tla za fizikalne i kemijske analize (HRN ISO 11464:2004).

3.7.3. Laboratorijska ispitivanja uzoraka tla

3.7.3.1. Standardne pedološke fizikalne i kemijske analize

U frakciji tla < 2 mm učinjene su sljedeće analize: (1) pH potenciomerijski u 1:5 suspenziji tla i H2O, tla i 0.01 M CaCl2 i tla i 1 M KCl na uređaju SCHOTT pH-metar Lab 870 (HRN ISO 10390:2004), (2) električna vodljivost (EC) suspenzije tla i vode u omjeru 1:5, na uređaju SCHOTT konduktometar Lab 970 prema normi HRN ISO 11265:2004, (3) ukupni CaCO3 volumetrijski nakon tretiranja sa 6 M HCl prema normi HRN ISO 10693:2004, (4) udjel organske tvari modificiranim Walkly-Black postupkom (HRN ISO 14235:2004), (5) pristupačni fosfor (P) i kalij (K) amonij laktatnom (AL) metodom (EGNER I SUR., 1960), (6) granulometrijski sastav, frakcije <0,002, 0,002-0,02, 0,02-0,05 i 0,05-0,2 mm pipet-metodom dezagregacijom u natrijevom -pirofosfatu (HRN ISO 11277:2004), (7) sadržaj rezidualne vlage gravimetrijski sušenjem probnih uzoraka na 105 °C do stalne mase, a podatak je korišten za izračun analitičkih rezultata na bazi potpuno suhog tla.

3.7.3.2. Elementarni sastav - ekstrakcija zlatotopkom mikrovalnom tehnikom

Uzorak od 0,5 g tla uz dodatak 6 ml koncentrirane HCl i 2 ml koncentrirane HNO3 podvrgnut je mikrovalnoj digestiji (HRN ISO 11466:2004). Dobiveni ekstrakt tla

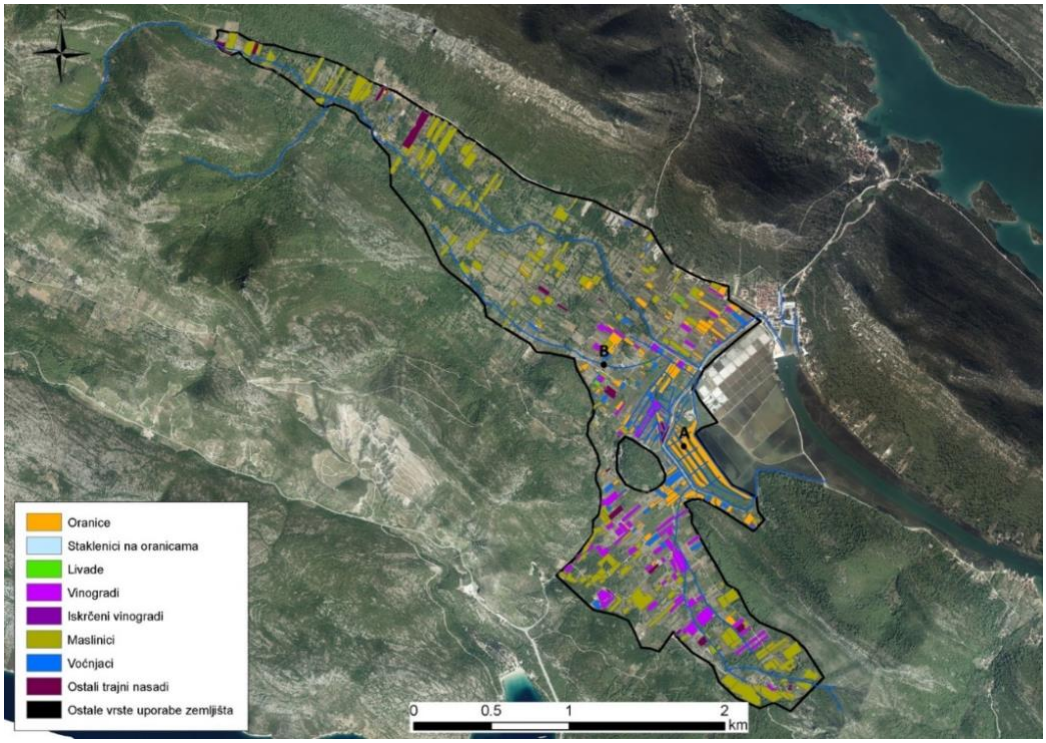
filtriran je kroz sporofiltrirajući papir (plava vrpca) i nadopunjen 1 % v/v HNO3 do volumen od 50 ml. Postupak ekstrakcije mikrovalnom tehnikom učinjen je na instrumentu MARS Xpress (CEM) u zatvorenim TFM posudama s automatskom regulacijom tlaka i temperature. Ukupna koncentracija kadmija, kobalta, kroma, bakra, molibdena, nikla, olova, vanadija, cinka, aluminija, kalcija, željeza, magnezija, fosfora i sumpora određena je induktivno spregnutom plazmom optičkom emisijskom spektroskopijom (ICP-OES) (ISO/DIS 22036:2008) na uređaju Vista MPX (Varian).



Slika 3.7.3.2.1. Uređaj ICP-OES Vista MPX (Varian)
izvor: www.aratajhiz.com

3.7.4. Uzorkovanje vode

Uzorkovanje površinskih voda s lokacije A te lokacije B (slika 3.7.4.1., s lokacije B u dva vremenska razdoblja) izvelo se izravnim uranjanjem boce za uzorke u vodotok (slika 3.7.4.2.). Postupak uzorkovanja površinskih voda te rukovanje uzorcima provedeno je sukladno postupcima HRN EN 5667-6, 2016, HRN ISO 5667-11, 2011. Transport uzoraka do laboratorija obavljen je u rashladnim spremnicima zadovoljavajući uvjete o temperaturi, mehaničkoj zaštiti i zaštita od kontaminacije, a sukladno s analitičkim postupcima koje se provode u laboratoriju. Sva ispitivanja provedena su u Analitičkom laboratoriju Zavoda za melioracije.



Slika 3.7.4.1. Prikaz lokacija uzorkovanja vode u Stonskom polju


Slika 3.7.4.2. Prikaz odvodnih kanala u Stonskom polju

3.7.5. Laboratorijska ispitivanja uzoraka vode

U prikupljenim uzorcima vode određivani su fizikalno-kemijski pokazatelji kakvoće vode (tablica 3.7.5.1.), a sukladno zahtjevima Uredbe o standardu kakvoće voda za prijelazne vode (NN, br. 153/2009, 63/2011, 130/2011 i 56/2013).

Tablica 3.7.5.1. Pregled pokazatelja elemenata kakvoće voda koji su analizirani u prikupljenim uzorcima

Element kakvoće	*Pokazatelj*	*Postupak određivanja pokazatelja*
Suspendirane čestice	Ukupne suspendirane tvari	Određivanje ukupne suspendirane tvari s membranskim filterom
Zakiseljenost	pH-vrijednost	Kakvoća vode – Određivanje pH vrijednosti (HRN ISO 10523:1998) Instrument: pH-metar Lab 870 (SCHOTT Instruments, Njemačka) s člankom (LF413T-ID, SCHOTT Instruments, Njemačka)
Salinitet	električna vodljivost (EC_w)	Kakvoća vode-određivanje električne vodljivosti (ISO 7888:1985; EN 27888:1993) Instrument: Konduktometar Lab 970 (SCHOTT Instruments, Njemačka) s člankom (LF413T-ID, SCHOTT Instruments, Njemačka)
Hranjive Tvari	NO_3-N, NO_2-N, NH_4-N	Određivanje nitritnog i nitratnog N i njihove sume s protočnom analizom i spektrofotometrijskom metodom (HRN EN ISO 13395) Kakvoća vode - Određivanje amonijevog dušika - Metoda protočne analize uz spektrometrijsku detekciju (ISO 11732:2005; EN ISO 11732:2005) Instrument: Ionski analizator vode i ekstrakta tla, Skalar San^{++}Analyzer (Nizozemska)
	Ortofosfati	Kakvoća vode – Određivanje ortofosfata i ukupnog fosfora protočnom analizom – 2. dio: Metoda kontinuirane protočne analize (HRN EN ISO 15681-2:2018) Instrument: Ionski analizator vode i ekstrakta tla, Skalar San^{++}Analyzer (Nizozemska)
	K	Kakvoća vode -Određivanje natrija i kalija - 2. dio: Određivanje kalija metodom atomske apsorpcijske spektrometrije (HRN EN ISO 9964-2:1993) Instrument: AAS/AES PerkinElmer 3110
	HCO_3^-	Određivanje hidrogenkarbonata kiselobaznom titracijom s H_2SO_4

Specifične tvari koje upućuju na prodor slane vode	Ca, Mg	Određivanje kalcija i magnezija - EDTA titrimetrijska metoda (HRN EN ISO 6058:1984)
	Cl i SO_4	Kakvoća vode – Određivanje klorida metodom protočne analize uz fotometrijsku ili potenciometrijsku detekciju (HRN EN ISO 15682:2008) Kakvoća vode- određivanje sulfata metodom protočne analize (CFA) Instrument: Ionski analizator vode i ekstrakta tla, Skalar San^{++}Analyzer (Nizozemska)
	Na	Određivanje natrija i kalija -- 1. dio: Određivanje natrija metodom atomske apsorpcijske spektrometrije (ISO 9964-1:1993) Instrument: AAS/AES PerkinElmer 3110

3.8. Tablice graničnih vrijednosti

Za interpretaciju različitih pokazatelja analiziranih u prikupljenim uzrocima tla i vode korištene su granične vrijednosti definirane prema različitim autorima u tablicama 3.8.1.-3.8.9.

Tablica 3.8.1. Interpretacija reakcije tla pH (H_2O) i pH ($CaCl_2$)

Ocjena	Medij	pH	Ocjena	Medij	pH
Ekstremno kiselo	pH (H_2O)	3,50-4,50	Ekstremno kisela tla	pH ($CaCl_2$)	<4,3
Vrlo jako kiselo	pH (H_2O)	4,51-5,00	Vrlo jako kisela tla	pH ($CaCl_2$)	4,3-4,5
Jako kiselo	pH (H_2O)	5,01-5,50	Jako kisela tla	pH ($CaCl_2$)	4,5-4,8
Umjereno kiselo	pH (H_2O)	5,51-6,0	Srednje kisela tla	pH ($CaCl_2$)	4,8-5,0
Slabo kiselo	pH (H_2O)	6,01-6,50	Slabo kisela tla	pH ($CaCl_2$)	5,0-5,5
Neutralno	pH (H_2O)	6,51-7,30	Neutralna tla	pH ($CaCl_2$)	5,5-6,2
Slabo alkalno	pH (H_2O)	7,31-7,80	Slabo alkalna tla	pH ($CaCl_2$)	6,2-6,7
Jako alkalno	pH (H_2O)	7,81-8,50	Umjereno alkalna tla	pH ($CaCl_2$)	6,7-7,0
Ekstremno alkalno	pH (H_2O)	8,51-9,00	Jako alkalna tla	pH ($CaCl_2$)	7,0-7,3
			Vrlo jako alkalna tla	pH ($CaCl_2$)	>7,3

Izvor: Reimann i sur. (2003.)

Tablica 3.8.2. Interpretacija reakcije tla pH (KCl)

	pH (KCl)	Interpretacijske vrijednosti
A	<4,50	Jako kisela reakcija
B	4,5-5,5	Kisela reakcija
C	5,5-6,5	Slabo kisela reakcija
D	6,5-7,2	Neutralna reakcija
E	>7,2	Alkalna reakcija

Izvor: Thun-u (1955.)

Tablica 3.8.3. Udio karbonata u tlu, interpretacijske vrijednosti.

Karbonati	Interpretacijske vrijednosti
< 10%	Slabo karbonatno
10-30 %	Srednje karbonatno
< 30%	Jako karbonatno

Izvor: Škorić (1986.)

Tablica 3.8.4. Klase opskrbljenosti tla humusom (%), interpretacijske vrijednosti

	% humusa	Interpretacijske vrijednosti
A	**<1**	Vrlo slabo humuzno
B	**1-3**	Slabo humuzno
C	**3-5**	Dosta humuzno
D	**5-10**	Jako humuzno
E	**>10**	Vrlo jako humuzno

Izvor: Thun (1955.)

Tablica 3.8.5. Klase opskrbljenosti tla P_2O_5/100 g, interpretacijske vrijednosti

	P_2O_5/100 g	Interpretacijske vrijednosti
A	<6	Vrlo slabo opskrbljeno
B	6-10	Slabo opskrbljeno
C	11-25	Dobro opskrbljeno
D	26-40	Bogato opskrbljeno
E	>40	Vrlo bogato opskrbljeno

Izvor: Thun (1955.)

Tablica 3.8.6. Klase opskrbljenosti tla K_2O/100 g, interpretacijske vrijednosti

	K_2O/100 g	Interpretacijske vrijednosti
A	<8	Vrlo slabo opskrbljeno
B	8-13	Slabo opskrbljeno
C	14-25	Dobro opskrbljeno
D	26-40	Bogato opskrbljeno
E	>40	Vrlo bogato opskrbljeno

Izvor: Thun (1955.)

Tablica 3.8.7. Primijenjeni standardi kakvoće vode za ocjenu kemijskog stanja voda na lokacijama monitoringa površinskih i podzemnih voda. Granična vrijednost standarda kakvoće izražena je kao prosječna godišnja vrijednost

Pokazatelj	Mjerna jedinica	Standard kakvoće
nitrati (NO_3)	mg l^{-1}	**50 (ekvivalent 11,3 mg l^{-1} NO_3-N)**
amonijev ion (NH_4)	mg l^{-1}	**0,5 (ekvivalent 0,4 mg l^{-1} NH_4-N)**
kloridi (Cl)	mg l^{-1}	**250**
sulfati (SO_4)	mg l^{-1}	**250**
Električna vodljivost (EC_w)	µS/cm	**2500 (ekvivalent 2,5 dS m^{-1})**

Tablica 3.8.8. Klase zaslanjenosti vode za navodnjavanje prema FAO klasifikaciju, a na temelju pokazatelja električne vodljivosti (EC_w)

Klasa	**EC_w** dS m^{-1}	**Klasa vode**
Nezaslanjena voda	< 0,7	Voda za piće i navodnjavanje
Malo zaslanjena	0,7 – 2	Voda za navodnjavanje
Srednje zaslanjena	2 – 10	Primarna drenažna voda i podzemna voda
Jako zaslanjena	10 – 25	Sekundarna drenažna voda i podzemna voda
Vrlo jako zaslanjena	25 – 45	Vrlo zaslanjena podzemna voda
Slana voda	> 45	Morska voda

Tablica 3.8.9. Stupnjevi ograničenja vode za navodnjavanje s obzirom na koncentracije Na, Cl i NO_3^-N

Vrsta iona	**Stupanj ograničenja za upotrebu**		
	Nema	Slab do srednji	**Ozbiljan**
Na^+ (mg l^{-1})	< 70	70 – 200	**>200**
Cl^- (mg l^{-1})	< 140	140 – 350	**> 350**
NO_3-N (mg l^{-1})	< 5	5 – 30	**> 30**
pH	**uobičajena vrijednost 6,5-8,4**		

Izvor: (Ayers i Westcot, 1994.)

3.9. Interpolacijske karte

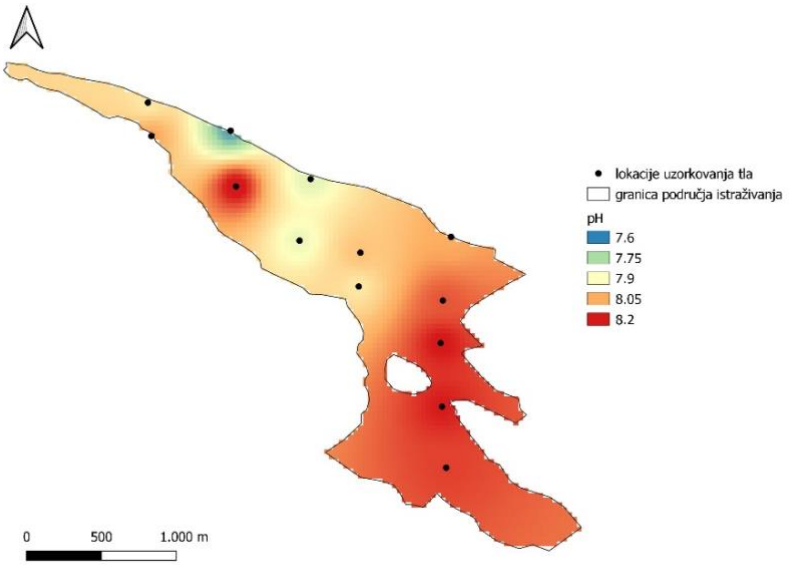
Izrada interpolacijskih karata unutar područja istraživanja bazirana je na rezultatima analize tla iz 13 uzoraka površinskog sloja. Procjena, odnosno interpolacija predstavlja vrijednost varijabli na mjestima na kojima nisu izmjerene. Interpolacija je provedena metodom inverznih udaljenosti – IDW (eng. inverse distance weight). Metoda IDW temelji se na pretpostavci da na vrijednost varijable koja se procjenjuje najviše utječu najbliže izmjerene vrijednosti. Utjecaj svake točke je inverzno proporcionalan udaljenosti između te točke i lokacije na kojoj se vrijednost procjenjuje. Interpolacija je provedena korištenjem besplatnog prostornog programa QGIS 3.14.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Rezultati analize tla

4.1.1. Rezultati analize površinskog sloja tla

Rezultati kompletne analize tla Stonskog polja na 1. dubini (13 lokacija) prikazani su u tablici 4.1.1.1. pH vrijednost je mjera kiselosti, odnosno lužnatosti suspenzije tla. Za većinu biljaka slabo kiselo do neutralno tlo je najpogodnije za uzgoj. pH (H_2O) u Stonskom polju kreće se od 7,65 do 8,23 (prikaz na IDW karti, slika4.1.1.1.) te prema Reimann i sur. (2003.) (Tablica 3.8.1.) ga svrstavamo u slabo do jako alkalno tlo. pH (KCl) se u Stonskom polju kreće od 6,7 do 7,5 i prema Thun-u (1955.) (Tablica 3.8.2.) analizirano tlo svrstavamo u tla s neutralnom reakcijom do tla s alkalnom reakcijom. pH ($CaCl_2$) se kreće od 7,1 do 7,5 te prema Reimann i sur. (2003) (Tablica 3.8.1.) svrstava u jako alkalna do vrlo jako alkalna tla. Alkalna reakcija nastaje povećanjem koncentracije hidroksilnih (OH^-) iona, a pojavljuje se u tlima aridne klime u kojima zbog malih količina oborina izostaje ispiranje tla. Alkalna reakcija može nastati i u tlima humidnih klimatskih područja, na supstratima bogatim $CaCO_3$. Alkalnu reakciju najčešće uzrokuje $CaCO_3$, jer s vodom prelazi u lužinu, na taj način najviše pH 8,5, a viša reakcija nastaje samo u prisutnosti iona natrija. Visoka alkalna reakcija tla, osobito ako je prouzročena natrijevim ionima, štetno djeluje na biljku (Kisić 2012.).



Slika 4.1.1.1. IDW karta pH vrijednosti

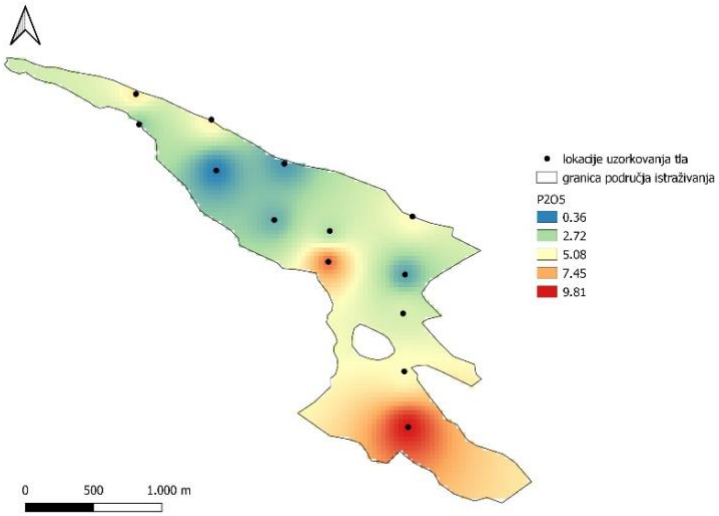
Prema dobivenim rezultatima % $CaCO_3$ u analiziranom tlu se kreće od 2 do 16 %, te ga prema Škoriću (1986.) kao što je vidljivo iz tablice 3.8.3. tlo svrstavamo u slabo karbonatno do srednje karbonatno. Kalcij se u tlu nalazi u nekoliko oblika, a karbonati su spojevi visoke topljivosti, lako stupaju u kemijske reakcije, izražene alkaličnosti i puferiraju pH vrijednost tla u rangu od 7,5-8,5 (Gluhić i sur. 2009.).

S obzirom da uzorci spadaju u grupu slabo do srednje karbonatnih tala za očekivati je da gotovo svi uzorci imaju nisku razinu opskrbljenosti tla CaO, što je određeno na lokacijama S.P. 6 (0,70 %), S.P. 9 (1,30 %) i S.P. 13 (1,3 %), dok na ostalim lokacijama udio fiziološki aktivnog vapna nije detektiran. Prema sadržaju humusa (interpretacija prema Thun-u 1955., Tablica 3.8.4.) tla Stonskog polja se kreću od slabo humoznih do vrlo jako humoznih. Najniža koncentracija je detektirana u uzorku S.P. 13 (maslinik), dok je značajno najviša koncentracija detektirana u uzorku S.P. 3 (maslinik). Značajne razlike između uzoraka su očekivane, s obzirom da sadržaj humusa u tlu ukazuje na način gospodarenja zemljištem te se mijenja ovisno o intenzitetu njegovog korištenja i gospodarenju organskom tvari: izoravanje ili spaljivanje žetvenih ostataka. Uloga humusa je važna u djelotvornosti fosforne gnojidbe i raspoloživosti mikroelementima na kiselim tlima pa je humus osobito važan u opskrbi biljaka fosforom, kalcijem i željezom te kao izvor dijela P, S, K i Fe i drugih biogenih elemenata (Crnogorac 2019.).

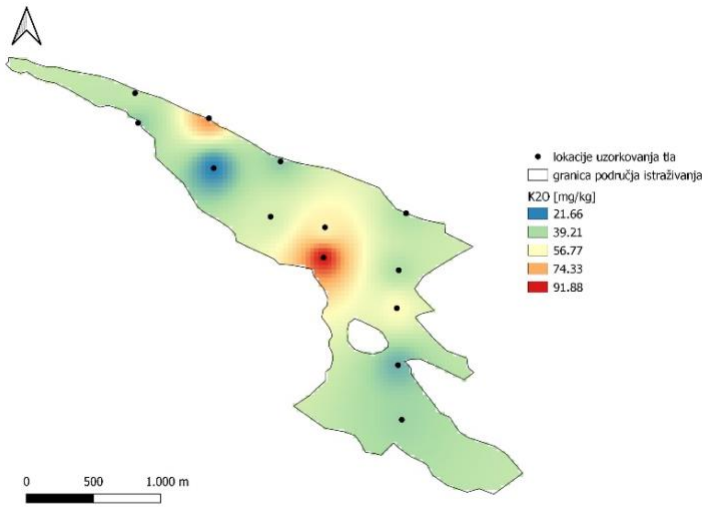
Humus je naročito važan u opskrbi tla fosforom, kalcijem i željezom, kao izvor dijela potrebnog sumpora i kalija te drugih biogenih elemenata. Humus ima vrlo značajnu ulogu u smanjenju štetnog učinka raznih agrokemikalija na biljke i cijeli agroekosustav. Od ukupne količine pesticida, herbicida i ostalih kemijskih sredstava koja se koriste u poljoprivredi i dospiju u tlu, čak 50% se zadržava u humusu, što u velikoj mjeri smanjuje rizik od ulaska tih tvari u biljku i njihovo ispiranje u površinske i podzemne vode (Čoga i Slunjski n.d.).

Rezultati opskrbe tla Stonskog polja fiziološki aktivnim fosforom (interpretacija prema Thun-u 1955., Tablica 3.8.5.) pokazuju nam kako je najniža utvrđena vrijednost (lokacija S.P. 6, maslinik) samo 0,35 mg P_2O_5/100 g što je ispod graničnih vrijednosti prikazanih u tablici 3.8.5., odnosno tlo je vrlo slabo opskrbljeno fiziološki aktivnim fosforom (prikaz na IDW karti, slika 4.1.1.2.). Najviša utvrđena vrijednost u uzorcima tla je bila na lokaciji S.P. 14 (vinograd) te je vrijednost fiziološki aktivnog fosfora 9,82 mg P_2O_5/100 g, što iako je najveća detektirana vrijednost, spada u slabo opskrbljeno tlo. Prema utvrđenoj reakciji tla problemi koji se mogu pojaviti na analiziranim površinama, pretežito su vezani za alkalnu reakciju tla. Oni se manifestiraju nedostatkom fosfora uslijed tvorbe teže topljivih dikalcijskih, odnosno, trikalcijskih fosfata. Potencijalne probleme moguće je ublažiti pravilnim izborom kultura i gnojidbom tla fiziološki kiselim organskim i mineralnim gnojivima (Čoga i sur. 2006.). U odnosu na fosfor, opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem je znatno povoljnija (prikaz na IDW karti, slika 4.1.1.3.).

Vrijednosti fiziološki aktivnog kalija kreću se od 22 (dobro opskrbljeno) na lokaciji S.P. 6 (maslinik) do 92 mg K_2O/100 g (vrlo bogato opskrbljeno) na lokaciji S.P. 11 (maslinik-povrtnjak). Interpretacija rezultata prema Thun-u (1955.), prikaz u tablici 3.8.6.

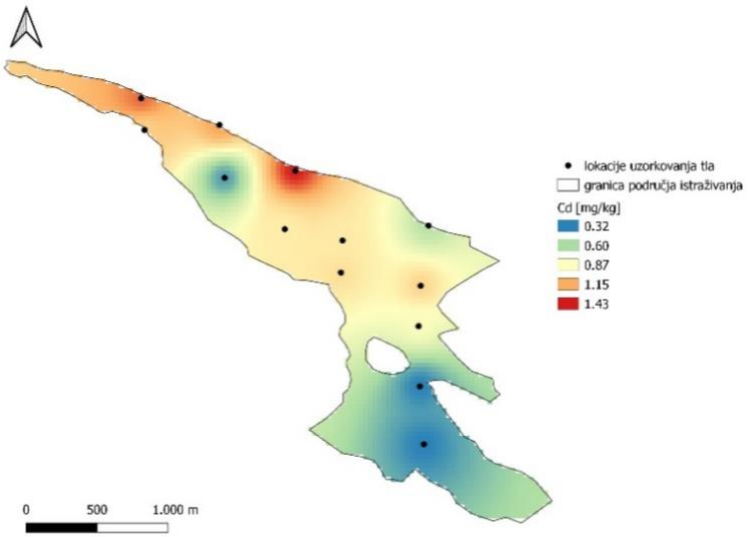


Slika 4.1.1.2. IDW karta P_2O_5

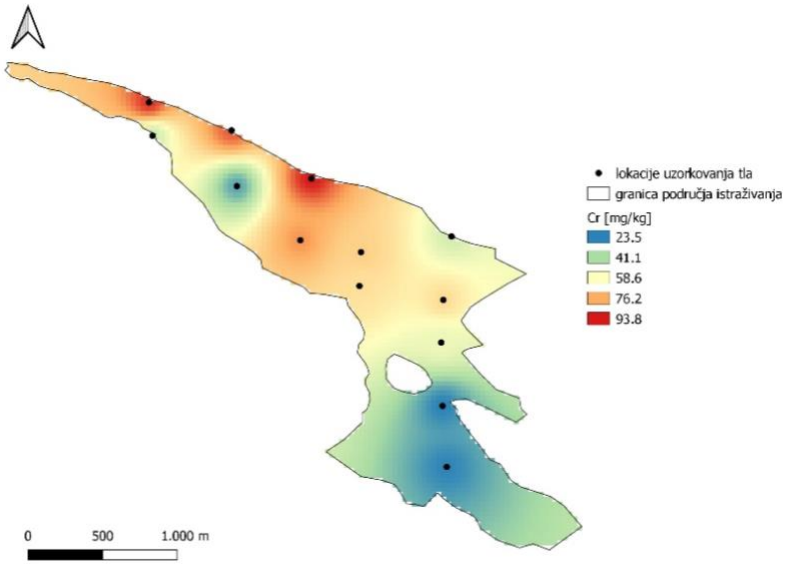


Slika 4.1.1.3. IDW karta K_2O

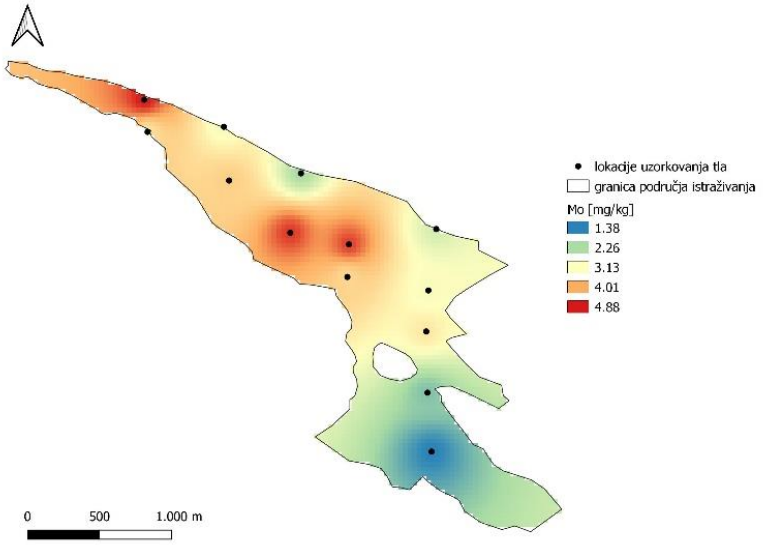
U tlu kao vrlo kompleksnom sustavu s brojnim procesima od kojih su neki ireverzibilni, nije uvijek lako utvrditi je li došlo do promjene koja omogućuje ocjenu da je tlo onečišćeno (Kisić 2012.). Smatra se da je potrebno uputiti na važnost onečišćenja tala teškim metalima jer je znanje o načinima onečišćenja tla najbolje jamstvo da tla i u budućnosti ostanu čista (Kisić 2012.). Stoga se u Stonskom polju na 13 lokacija pristupilo analizi teških metala. Prema rezultatima dobivenim iz analize tla u Stonskom polju s 13 lokacija vidimo da je element kadmij koji pripada grupi toksičnih elemenata ili elemenata bez esencijalnog učinka unutar granica (<2 mg/kg) propisanih Pravilnikom o zaštititi poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019) te se kreće od 0,32 mg/kg do 1,4 mg/kg (prikaz na IDW karti, slika 4.1.1.4.). Kobalt je također teški metal, ali koristan za biljke te se isto nalazi unutar propisanih granica (<60 mg/kg), u tlu Stonskog polja nalazi se u rasponu između 4,8 do 19 mg/kg. Krom, teški metal bez esencijalnog učinka, u Stonskom polju se nalazi u rasponu od 24 do 93 mg/kg, također unutar propisanih granica (<120 mg/kg) (prikaz na IDW karti, slika 4.1.1.5.). Molibden, esencijalni mikroelement, odnosno teški metal neophodan za život biljaka se kreće od 1,4 do 4,9 mg/kg te je značajno ispod propisanih granica (<15 mg/kg) na svih 13 analiziranih lokacija (prikaz na IDW karti, slika 4.1.1.6.).



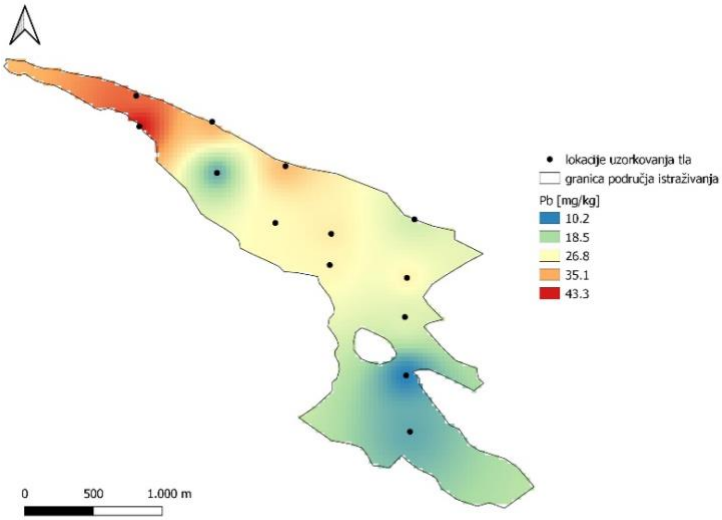
Slika 4.1.1.4. IDW karta Cd



Slika 4.1.1.5. IDW karta Cr

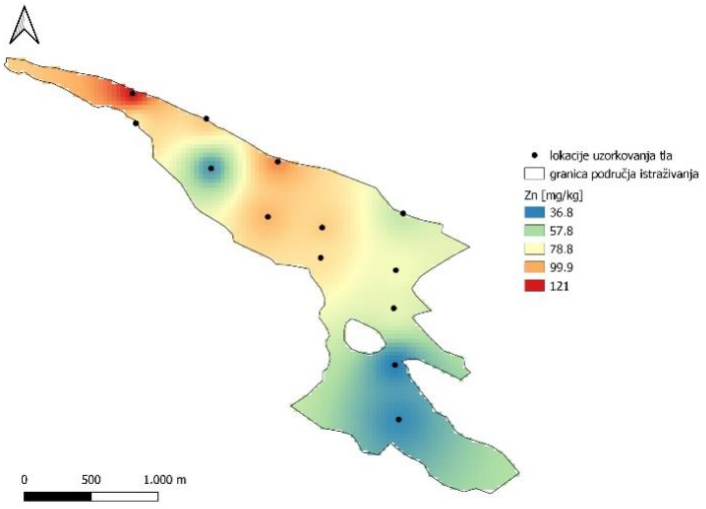


Slika 4.1.1.6. IDW karta Mo



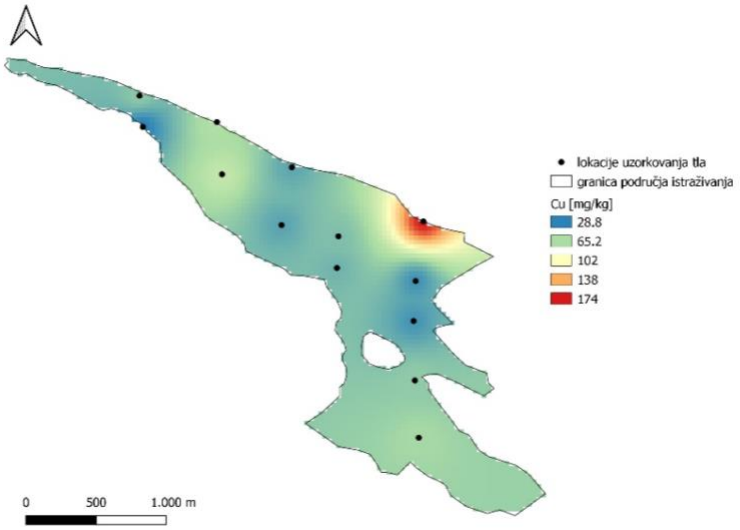
Slika 4.1.1.7. IDW karta Pb

Olovo, teški element bez esencijalnog ili korisnog učinka, kreće se u rasponu od 10,2 do 43 mg/kg, te je daleko ispod propisanih granica (<150 mg/kg) (prikaz na IDW karti, slika 4.1.1.7.). Cink je teški metal, a njegove koncentracije najviše ovise o kemizmu matičnih stijena, pH vrijednosti i količini organske tvari (Gluhić i Deklić 2018., Halamić i sur. 2008., Vukadinović i Lončarić 1998.). Koncentracije cinka u uzorcima tla Stonskog polja kreću se od 36,7 do 121 mg/kg, te se nalaze unutar propisanih granica (<200 mg/kg) (prikaz na IDW karti, slika 4.1.1.8.).



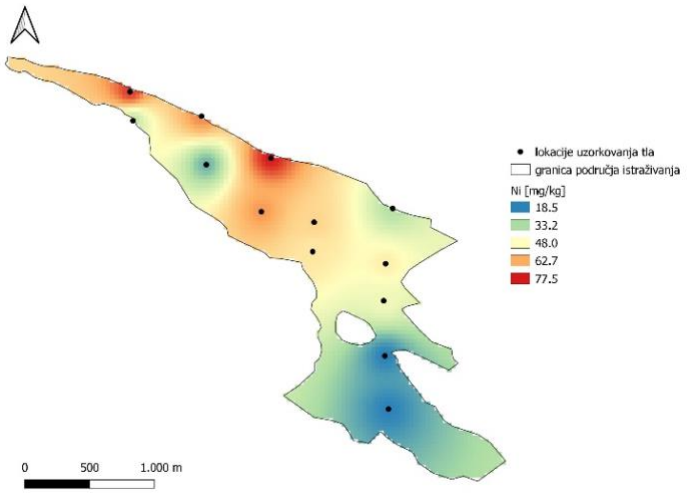
Slika 4.1.1.8. IDW karta Zn

Bakar se kreće u rasponu od 35 do 175 mg/kg te na jednoj lokaciji (S.P. 9, maslinik) premašuje propisane koncentracije (<120 mg/kg) (prikaz na IDW karti, slika 4.1.1.9.). Bakar se može akumulirati u tlima zbog različitih ljudskih aktivnosti, a onečišćenje bakrom može nastati uslijed eksploatacije i taljenja bakra, proizvodnje mjedi, kontinuiranog atmosferskog taloženja, prekomjerne upotrebe poljoprivrednih kemikalija na bazi Cu. Upravo su bakrena zaštitna sredstva najvažniji potencijalni izvor bakra jer se tradicionalno primjenjuju za suzbijanje različitih biljnih bolesti (nametnika) u vinogradarstvu i voćarstvu (Kisić 2012., Pierzynski i sur. 2005.). Povećane koncentracije bakra nisu neuobičajena pojava u tlima na kojima se uzgaja vinova loza zbog česte primljene poljoprivrednih kemikalija, a rezultate koji to potvrđuju dobili su i Romić M. i sur. (2014) za lokaciju vinograda u Lumbardi na Korčuli. Akumulacija bakra u poljoprivrednom tlu posljedica je stoljetne prakse korištenja bakrenog sulfata (Bordeaux mješavina) i drugih fungicida koji sadrže bakar za suzbijanje plijesni (Petljak 2019.).



Slika 4.1.1.9. IDW karta Cu

Nikal, također esencijalni mikroelement i teški metal neophodan za život biljaka i ljudi kreće se od 18,4 do 78 mg/kg, te na jednoj lokaciji (SP 5, maslinik) premašuje koncentracije propisane Pravilnikom (<75) (prikaz na IDW karti, slika 4.1.1.10.). Esencijalni mikroelementi iz skupine teških metala uz preveliku koncentraciju i bioraspoloživost u okolišu mogu imati toksičan učinak na biljke i životinje te svojom koncentracijom kontaminirati hranu (Vukadinović i Lončarić 1998.).



Slika 4.1.1.10 IDW karta Ni

Teški metali izazivaju ozbiljne toksikološke simptome i u manjim koncentracijama. U literaturi iz područja biotehničkih znanosti u Republici Hrvatskoj najčešće se kao granica navodi 5 g/cm^3 te tako u grupu „teških metala" se ne ubraja aluminij (Al) koji je značajan s aspekta fitotoksičnosti. Toksičnost aluminija smatra se glavnim ograničavajućim čimbenikom poljoprivredne proizvodnje na kiselim tlima (Foy 1988.). S obzirom na alkalnu reakciju tla u Stonskom polju, koncentracije aluminija ne bi trebale predstavljati ozbiljniji problem. Koncentracije aluminija se kreću od 23 do 95 g/kg.

Kalcij, esencijalni makroelement se u uzorcima tla uzetim iz Stonskog polja kreće od 8,3 do 140 g/kg. Zbog povećanih koncentracija kalcija, na alkalnim tlima smanjena je i pristupačnost fosfora uslijed tvorbe teže topljivih kalcijevih fosfata. Visoki sadržaj kalcija u tlima, naročito u obliku karbonata, povoljno utječe na mnoge procese i osobine tla. Čimbenik je stabilne strukture, sudjeluje u tvorbi blagog humusa i onemogućava štetno djelovanje vodikovih iona – zakiseljavanje. Pristupačnost određenih hraniva može biti smanjena u alkalnim tlima uslijed antagonističkih odnosa između kalija i kalcija te kalija i magnezija (López-García i sur. 1999.). Željezo je biogeni element za sve organizme, međutim u visokim koncentracijama može biti toksično. Količina željeza u tlu u najvećoj mjeri ovisi o pH vrijednosti, što je tlo kiselije veća je koncentracija željezovih iona u tlu. Koncentracije željeza u Stonskom polju se kreću od 15 do 52 g/kg. Koncentracija željeza u uzorcima Stonskog tla je u okvirima uobičajene koncentracije željeza u tlu koja iznosi oko 20,000 µg/g, a sama distribucija željeza u tlu ovisi i o prisutnosti organske tvari. Kada je koncentracija željeza u tlu mala, tada biljke tijekom svoga rasta mogu upijati teške metale iz tla, stoga je bitno da je koncentracija željeza u tlu optimalna.

Koncentracije magnezija u Stonskom polju se kreću od 8,8 do 84 g/kg. U neutralnim i alkalnim tlima se javlja relativni ili sekundarni manjak magnezija uslijed antagonizma pri suvišku Ca^{2+},K^{+} i NH_4^{+}, te zbog taloženja magnezija. Hrvatska je općenito dobro opskrbljena magnezijem 50-100 mg/100 g tla, tako možemo zaključiti da se dio Stonskog polja nalazi ispod granica dobre opskrbljenosti (S.P. 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 i 12) , dok se S.P. 6,13 i 14 nalaze u granicama dobre opskrbljenosti tla Mg. Mangan u tlu najvećim dijelom potječe iz MnO_2. Ukupan sadržaj u tlima je 200-3000 mg/kg od čega je biljkama raspoloživo svega 0,1-1,0 % (Vukadinović i Lončarić 1998.). Koncentracije mu se najčešće kreću od 200-3000 mg/kg, ovisno o tipu tla. Koncentracija mangana u uzorcima ovog istraživanja kreće se od 303,36 do 1151,69 mg/kg.

Fosfor je vrlo važan element za sve žive organizme. Neophodan je u fiziološkim procesima i metabolizmu energije i tvari, te ga biljke usvajaju i zahtijevaju u velikim količinama, po količini odmah iza dušika i kalija. U odnosu na gnojidbu ostalim biogenim elementima, najviše zabrinjava primjena fosfora zbog brzine iskorištavanja ovog neobnovljivog resursa. Sadržaj fosfora u Stonskom polju kreću se od 261 do 927 mg/kg. Sastav matičnog supstrata tla, te kemijska i fizikalna svojstva tla u velikoj mjeri utječu na pristupačnost fosfora. Sadržaj fosfora u tlu općenito se kreće između 200 i 800 mg/kg tla te da se uslijed gnojidbe može značajno mijenjati. Količine sumpora ovise o supstratu iz kojeg se tlo razvilo, te o unosu sumpora putem gnojiva i sredstva za zaštitu bilja. Količina sumpora u tlu ovisi o ravnoteži između imobiliziranog topljivog sumpora i mineralizacije organske frakcije sumpora. Vlaga, pH reakcija tla, prisutnost biljnog pokrova, način poljoprivredne proizvodnje te mikrobiološka aktivnost i raznolikost su čimbenici koji utječu na imobilizaciju i mineralizaciju sumpora u organskoj tvari. Sadržaj sumpora u tlu Stonskog polja kreće se od 388 do 737 mg/kg.

S obzirom na navedene rezultate može se zaključiti da je tlo Stonskog polja neutralne do alkalne reakcije, slabo do srednje karbonatno te niske razine fiziološki aktivnog vapna. Ovisno o lokaciji slabo do vrlo dobro humuzno. Slabo je opskrbljeno fiziološki aktivnim fosforom, dok je opskrbljenost fiziološki aktivnim kalijem dobra do vrlo dobra. Ono što je u ovom istraživanju bitno je onečišćenost tla teškim metalima, a s obzirom na dobivene rezultate analize tla može se zaključiti da izuzev 2 lokacije s povećanom koncentracijom bakra i nikla, Stonsko polje ulazi unutar propisanih granica za sve istraživane teške metale prema Pravilniku o zaštititi poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019), te kao takvo u budućnosti ima potencijal prelaska na ekološku proizvodnju.

Tablica 4.1.1.1. Analiza tla s 13 lokacija u Stonskom polju 1. dubina (0-30 cm)

Lokacija	S.P.1	S.P.3	S.P.4	S.P.5	S.P.6	S.P.7	S.P.8	S.P.9	S.P.10	S.P.11	S.P.12	S.P.13	S.P.14
Dubina_cm	0-30	0-20	0-20	0-30	0-40	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Y	4745261	4744958	4745004	4744564	4744498	4744005	4743895	4744036	4743459	4743588	4743073	4742497	4741943
X	6473005	6473027	6473556	6474088	6473590	6474012	6474418	6475024	6474967	6474406	6474951	6474958	6474984
Z	80	62	69	35	39	26	12	9	2	8	1	17	27
Korištenje	M	M	M	M	M	M	M	M	NB	MP	P	M	V
pH_H_2O	7,94	8,06	7,65	7,85	8,23	7,87	8,01	8,05	8,14	7,94	8,21	8,20	8,16
pH_KCl	6,86	7,34	7,01	6,69	7,38	6,78	7,13	7,27	7,24	7,08	7,40	7,44	7,46
pH_$CaCl_2$	7,21	7,39	7,17	7,09	7,45	7,14	7,33	7,36	7,39	7,27	7,49	7,43	7,41
EC_dS / m	0,10	0,12	0,28	0,07	0,08	0,08	0,11	0,13	0,10	0,10	0,15	0,09	0,10
$CaCO_3$_%	2,53	4,64	4,22	1,69	25,33	2,11	3,38	13,51	5,91	3,38	6,76	16,04	9,29
CaO_%	/	/	/	/	0,70	/	/	1,30	/	/	/	1,30	/
Humus_%	6,18	10,13	6,00	4,26	2,52	3,08	5,84	4,89	3,20	3,57	3,20	2,46	2,70
P_2O_5_mg/100g	5,61	2,29	5,48	1,07	0,35	1,64	3,06	5,24	1,30	8,40	4,02	5,10	9,82
K_2O_mg/100g	44,75	36,13	77,70	36,06	21,55	48,42	59,18	41,12	40,82	92,15	57,38	31,27	37,77
Cd_mg/kg	1,27	1,03	1,17	1,43	0,41	0,93	0,94	0,65	1,01	0,98	0,86	0,32	0,32
Co_mg/kg	17,63	9,32	15,98	19,14	5,89	17,58	15,28	10,65	14,98	13,21	12,63	4,81	4,76
Cr_mg/kg	91,17	48,18	86,22	93,99	30,09	78,95	68,85	49,86	66,28	65,35	55,09	23,42	24,09
Cu_mg/kg	57,41	28,37	68,61	43,57	76,51	42,31	53,18	175,10	35,00	48,69	36,24	58,00	64,05
Mo_mg/kg	4,89	3,44	3,05	2,28	3,65	4,71	4,66	2,71	3,06	3,55	3,38	2,00	1,38
Ni_mg/kg	74,17	38,07	66,63	77,64	26,50	64,93	55,63	35,10	50,88	52,29	45,77	18,43	18,62
Pb_mg/kg	38,89	43,43	34,59	33,32	14,60	27,21	28,56	22,48	27,66	27,64	23,80	10,19	13,96
V_mg/kg	188,55	101,55	175,26	185,57	74,41	156,66	140,83	94,27	136,33	131,23	117,91	49,99	51,68
Zn_mg/kg	121,05	84,48	92,45	104,42	42,34	96,76	91,25	64,42	76,92	86,32	73,14	36,69	39,26
Al_g/kg	91,66	50,30	87,86	94,56	33,08	82,07	70,05	49,70	65,82	66,46	55,21	22,55	24,16
Ca_g/kg	14,63	81,87	18,98	8,25	134,24	13,30	26,08	83,58	41,43	43,23	65,56	140,49	135,16
Fe_g/kg	48,90	29,34	47,59	52,48	17,89	47,48	42,44	29,03	39,21	39,01	35,56	14,64	15,41
Mg_g/kg	11,69	37,72	14,56	8,77	78,75	13,24	19,96	45,88	27,43	29,79	28,69	83,58	81,04
Mn_mg/kg	929,79	615,03	925,13	1116	315,93	1151	947,62	651,02	991,28	875,39	652,14	303,36	309,85
P_mg/kg	853,72	422,51	804,54	534,52	260,78	585,77	806,75	788,60	516,88	972,27	550,72	389,48	518,52
S_mg/kg	552,80	645,37	598,10	470,40	387,63	459,76	736,74	717,26	546,86	623,93	487,56	437,27	453,86
2 - 0,2_%	2	10	3	2	36	2	3	8	5	5	5	5	10
0,2 -0,05_%	2	13	3	3	24	4	5	16	11	9	13	33	27
0,05 -0,02_%	14	22	16	16	13	19	21	24	22	17	20	33	30
0,02-0,002_%	27	33	28	24	9	23	27	18	24	23	21	14	17
<0,002_%	55	22	50	55	18	52	44	34	38	46	41	15	16

*M-maslinik, V-vinograd, P-povrtnjak, NB- nektarine/breskve

Tablica 4.1.1.2. Statistika analize tla u Stonskom polju 1. dubina (0-30 cm)

Parametar	N	srednja vrijednost	medijan	standardna devijacija	minimum	maksimum	koeficijent asimetričnosti	koeficijent spljoštenosti
pH_H_2O	13	8,02	8,05	0,17	7,65	8,23	-0,74	0,22
pH_KCl	13	7,16	7,24	0,26	6,69	7,46	-0,61	-0,92
pH_$CaCl_2$	13	7,32	7,36	0,13	7,09	7,49	-0,53	-1,05
EC_dS / m	13	0,12	0,10	0,05	0,07	0,28	2,75	8,53
CaCO3_%	13	7,60	4,64	6,91	1,69	25,33	1,69	2,64
CaO_%	3	1,10	1,30	0,50	0,70	1,30	-1,73	/
Humus_%	13	4,46	3,57	2,17	2,46	10,13	1,60	2,94
P2O5_mg/100 g	13	4,11	4,02	2,88	0,35	9,82	0,62	-0,27
K2O_mg/100 g	13	48,02	41,12	19,41	21,55	92,15	1,16	1,14
Cd_mg/kg	13	0,87	0,94	0,35	0,32	1,43	-0,38	-0,69
Co_mg/kg	13	12,45	13,21	4,99	4,76	19,14	-0,45	-1,14
Cr_mg/kg	13	60,12	65,35	24,34	23,42	93,99	-0,22	-1,10
Cu_mg/kg	13	60,54	53,18	37,15	28,37	175,10	2,75	8,69
Mo_mg/kg	13	3,29	3,38	1,06	1,38	4,89	-0,06	-0,49
Ni_mg/kg	13	48,05	50,88	19,90	18,43	77,64	-0,11	-1,10
Pb_mg/kg	13	26,64	27,64	9,78	10,19	43,43	-0,10	-0,48
V_mg/kg	13	123,40	131,23	47,19	49,99	188,55	-0,20	-1,04
Zn_mg/kg	13	77,65	84,48	25,96	36,69	121,05	-0,32	-0,63
Al_g/kg	13	61,04	65,82	24,59	22,55	94,56	-0,24	-1,08
Ca_g/kg	13	62,06	43,23	49,18	8,25	140,49	0,62	-1,14
Fe_g/kg	13	35,31	39,01	13,10	14,64	52,48	-0,47	-1,11
Mg_g/kg	13	37,01	28,69	27,30	8,77	83,58	0,92	-0,64
Mn_mg/kg	13	752,67	875,39	301,50	303,36	1151,69	-0,43	-1,16
P_mg/kg	13	615,77	550,72	210,40	260,78	972,27	0,12	-0,90
S_mg/kg	13	547,50	546,86	110,44	387,63	736,74	0,41	-0,93
2 - 0,2_%	13	7,38	5,00	9,04	2,00	36,00	3,03	9,98
0,2 -0,05_%	13	12,54	11,00	10,04	2,00	33,00	0,89	-0,21
0,05 -0,02_%	13	20,54	20,00	5,90	13,00	33,00	0,91	0,45
0,02-0,002_%	13	22.15	23.00	6.40	9.00	33.00	-0.49	0.30
<0,002_%	13	37,38	41,00	15,02	15,00	55,00	-0,43	-1,41

4.1.2. Rezultati analize tla u podpovršinskom sloju

Zbog ispitivanja općeg stanja tla s obzirom na višegodišnje nasade koji se na navedenim površinama nalaze uzeti su i uzorci tla s dubine 30-60 cm. Rezultati kompletne analize tla Stonskog polja na 2. dubini (ukupno 10 lokacija) prikazani su u tablici 4.1.2.1. pH (H_2O) u Stonskom polju na dubini 30-60 cm kreće se od 7,50 do 8,33 te prema Reimannu i sur., (2003) (Tablica 3.8.1.) ga svrstavamo u slabo do jako alkalno tlo. pH (KCl) se kreće od 6,6 do 7,5 i prema Thun-u (1955.) (Tablica 3.8.2.) analizirano tlo svrstavamo u tla sa neutralnom do alkalnom reakcijom tla. pH ($CaCl_2$) se kreće od 6,8 do 7,6 te prema Reimannu i sur. (2003.) (Tablica 3.8.1.) svrstava u umjereno alkalna do vrlo jako alkalna tla. Prema dobivenim rezultatima % $CaCo_3$ u analiziranom

tlu se kreće od 0,8 do 20 % te ga prema Škoriću (1986.) kao što je vidljivo iz tablice 3.8.3. svrstavamo u slabo karbonatno do srednje karbonatno tlo. S obzirom da uzorci tla Stonskog polja spadaju u grupu slabo do srednje karbonatnih tala za očekivati je da kao i na 1. dubini tla, gotovo svi uzorci imaju nisku razinu opskrbljenosti tla CaO, što je određeno na lokacijama S.P. 9 (1,20 %), S.P. 13 (1,30 %), S.P. 14 (0,80 %) dok na ostalim lokacijama udio CaO nije detektiran.

Prema sadržaju humusa (interpretacija prema Thun-u 1955., Tablica 3.8.4.) tla Stonskog polja se kreću od slabo humoznih do jako humoznih. Najniži postotak 1,10 % je detektiran u uzorku S.P. 1 (maslinik), dok je značajno najviši postotak 5,92 % detektiran u uzorku S.P. 7 (maslinik). Značajne razlike između uzoraka su očekivane, s obzirom da sadržaj humusa u tlu ukazuje na način gospodarenja zemljištem. Rezultati opskrbe tla Stonskog polja fiziološki aktivnim fosforom (interpretacija prema Thun-u, 1955, Tablica 3.8.5.) pokazuju nam kako je najniža utvrđena vrijednost (lokacija S.P. 1, maslinik) samo 0,28 mg P_2O_5/100 g što je ispod graničnih vrijednosti prikazanih u tablici 3.8.5., odnosno tlo je vrlo slabo opskrbljeno fiziološki aktivnim fosforom. Najviša utvrđena vrijednost u uzorcima tla je bila na lokaciji S.P. 7 (maslinik), te je vrijednost fiziološki aktivnog fosfora 16,79 mg P_2O_5/100 g, što spada u dobro opskrbljeno tlo. U odnosu na fosfor, opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem je znatno povoljnija. Vrijednosti fiziološki aktivnog kalija kreću se od 16 (dobro opskrbljeno) na lokaciji S.P. 13 (maslinik) do 110 mg K_2O/100 g (vrlo bogato opskrbljeno) na lokaciji S.P. 7 (maslinik). Interpretacija rezultata prema Thun-u (1955), prikaz u tablici 3.8.6.

Prema rezultatima dobivenim iz analize tla na dubini 30-60 cm u Stonskom polju s 10 lokacija vidimo da je element kadmij koji pripada grupi toksičnih elemenata ili elemenata bez esencijalnog učinka unutar granica (<2 mg/kg) propisanih Pravilnikom o zaštititi poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019) te se kreće od 0,27 mg/kg do 1,4 mg/ kg. Kobalt je također teški metal, ali koristan za biljke te se isto nalazi unutar propisanih granica (<60 mg/kg), u tlu Stonskog polja nalazi se u rasponu između 5,2 do 19 mg/kg. Krom, teški metal bez esencijalnog učinka, u Stonskom polju se nalazi u rasponu od 23 do 100 mg/kg, također unutar propisanih granica (<120 mg/kg). Molibden, esencijalni mikroelement, odnosno teški metal neophodan za život biljaka se kreće od 1,4 do 6 mg/kg te je značajno ispod propisanih granica (<15 mg/kg) na svih 10 analiziranih lokacija. Olovo, teški element bez esencijalnog učinka, kreće se u rasponu od 9.8 do 33 mg/kg te je ispod propisanih granica (<150 mg/kg).

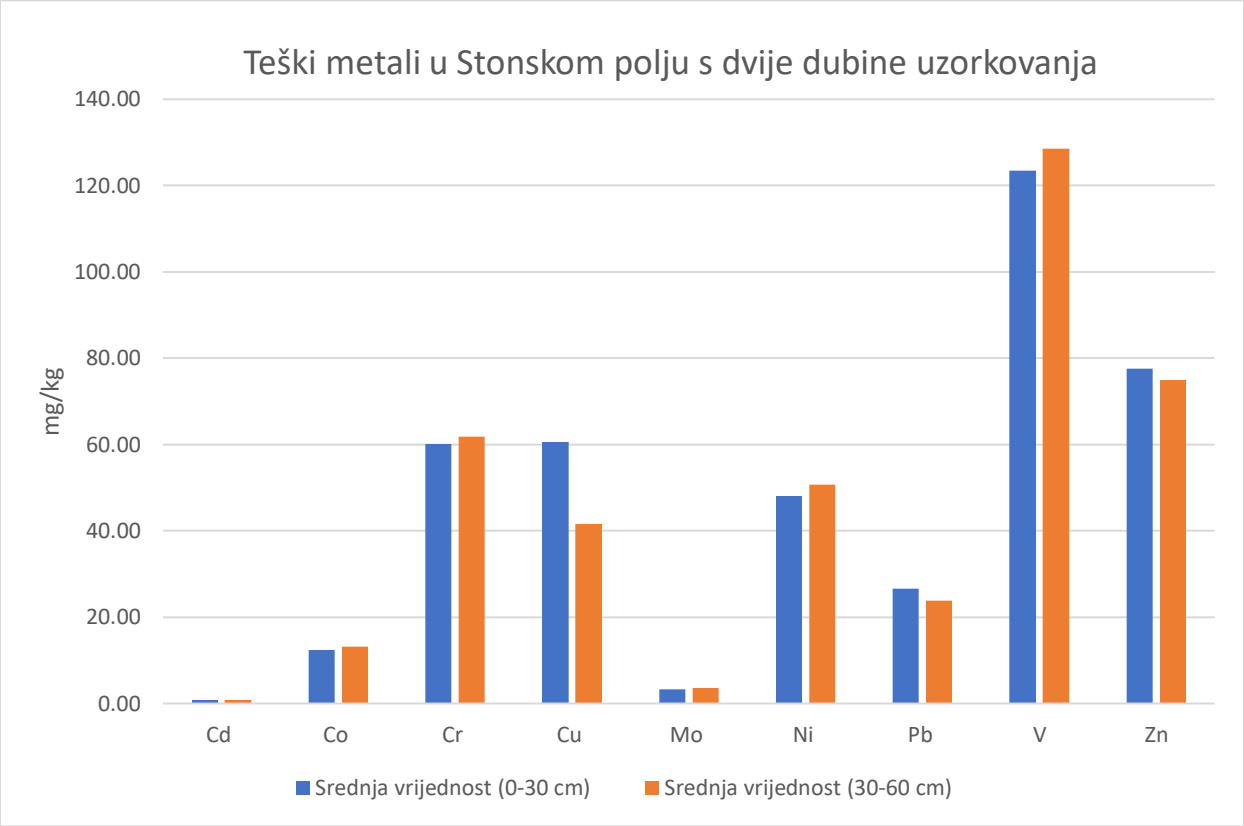
Koncentracije cinka u uzorcima tla Stonskog polja kreću se od 31 do 106 mg/kg, te se također nalaze unutar propisanih granica (<200 mg/kg). Bakar se na dubini od 30-60 cm kreće u rasponu od 18 do 59 mg/kg, te na ovoj dubini ne premašuje propisane koncentracije (<120 mg/kg). Nikal, također esencijalni mikroelement i teški metal neophodan za život biljaka i ljudi kreće se od 19 do 86 mg/kg, te na jednoj lokaciji (S.P. 5, maslinik) premašuje koncentracije propisane Pravilnikom (<75 mg/kg). Isti slučaj s

koncentracijom nikla je i u dubini 0-30 cm gdje na istoj lokaciji također premašuje propisane granice. Koncentracije aluminija se kreću od 23 do 109 g/kg, odnosno u sličnim koncentracijama kao i na 1. dubini tla. Kalcij, esencijalni makroelement se u uzorcima tla uzetim iz Stonskog polja kreće od 6 do 141 g/kg, također vrlo slično kao na dubini tla 0-30 cm. Koncentracije željeza u Stonskom polju se kreću od 15 do 55 g/kg, te su je u okvirima uobičajene koncentracije željeza u tlu. Koncentracije magnezija u Stonskom polju na 2. dubini uzorkovanja se kreću od 7,6 do 83 g/kg. Koncentracija mangana u uzorcima ovog istraživanja na 2. dubini uzorkovanja kreće se od 314 do 1242 mg/kg, koncentracije fosfora od 305,58 do 1143,70 mg/kg, a koncentracija sumpora od 298 do 646 mg/kg.

S obzirom na navedene rezultate iz 2. dubine uzorkovanja može se zaključiti da je tlo Stonskog polja neutralne do alkalne reakcije, slabo do srednje karbonatno te niske razine fiziološki aktivnog vapna. Ovisno o lokaciji slabo do jako humuzno. Slabo je do dobro opskrbljeno fiziološki aktivnim fosforom, dok je opskrbljenost fiziološki aktivnim kalijem dobra do vrlo dobra. Ono što je u ovom istraživanju bitno je onečišćenost tla teškim metalima, a s obzirom na dobivene rezultate analize tla može se zaključiti da izuzev 1 lokacije s povećanom koncentracijom nikla (S.P. 5), Stonsko polje ulazi unutar propisanih granica za sve istraživane teške metale prema Pravilniku o zaštititi poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019), te kao takvo u budućnosti ima potencijal prelaska na ekološku proizvodnju.

U istraživanju Bakić (2014.) za jadransko područje Dinarskog krša (otoci i obalni pojas) utvrđena je značajna varijabilnost glavnih kemijskih i fizikalnih značajki tla. Osim utjecaja mineraloškog i kemijskog sastava tla, ističe se ljudska aktivnost u pogledu načina gospodarenja. Utvrđeno je da prosječna koncentracija Cd od 1,02 mg kg-1 na jadranskom području Dinarskog krša nalazi se unutar raspona prosječnih koncentracija Cd u tlima širom svijeta (0,06 - 1,1 mg/kg) (McBride 1994.). Prosječna koncentracija Cr u tlima jadranskog područja Dinarskog krša iznosi 73,3 mg/kg , u rasponu od 8,9 do 227 mg/kg. Raspon srednjih vrijednosti koncentracija Cr u tlima u svijetu kreće se od 7 do 221 mg/kg (Bowen i sur. 1982.), a najviše ovise o matičnom materijalu i mineraloškom sastavu čestica tla (McBride 1994.).Bez obzira na veliki broj uzoraka s visokim koncentracijama Cu u istraživanju Bakić (2014.) izmjerenim na području istraživanja, raspon faktora obogaćenja bakrom pokazuje da u tlima nema obogaćenja ili su tek umjereno obogaćena bakrom. Također, u istom istraživanju utvrđeno je da je Primorska Hrvatska regija s najvećom koncentracijom Ni u tlu, a unutar ovog područja zabilježene su i anomalne koncentracije Ni na jugu Dalmacije, što je u skladu s rezultatima našeg istraživanja gdje Nikal također na jednoj lokaciji u Stonskom polju prelazi MDK. Senesil i sur. (1999.) su u svom istraživanju zaključili da je koncentracija Zn u poljoprivrednim tlima obično viša od one u prirodnim tlima. U istraživanju Halamić i Miko (2008.) lokacije na području južne Dalmacije na kojima su utvrđene koncentracije Zn više od poklapaju

se s maksimumima za Pb, osim matičnom podlogom, visoke koncentracije Zn uvjetovane i nadmorskom visinom i tipom tla, dok u našem istraživanju Pb i Zn ulaze unutar propisanih granica.



Graf 4.1.2.1. Prikaz srednjih vrijednosti koncentracije (mg/kg) teških metala u Stonskom polju s dvije lokacije uzorkovanja

Tablica 4.1.2.1. Analiza tla s 10 lokacija u Stonskom polju 2. dubina (30-60 cm)

Lokacija	S.P.1	S.P.5	S.P.7	S.P.8	S.P.9	S.P.10	S.P.11	S.P.12	S.P.13	S.P.14
Dubina_cm	30-60	30-60	30-60	30-60	30-60	30-60	30-60	30-60	30-60	30-60
Y	4745261	4744564	4744005	4743895	4744036	4743459	4743588	4743073	4742497	4741943
X	6473005	6474088	6474012	6474418	6475024	6474967	6474406	6474951	6474958	6474984
Z	80	35	26	12	9	2	8	1	17	27
Korištenje	M	M	M	M	M	NB	MP	P	M	V
pH_H_2O	8,15	7,98	7,50	8,15	8,21	8,21	8,11	8,33	8,21	8,24
pH_KCl	6,88	6,77	6,57	7,05	7,29	7,32	7,17	7,46	7,44	7,40
pH_$CaCl_2$	7,34	7,15	6,82	7,36	7,45	7,47	7,35	7,58	7,46	7,46
EC_dS / m	0,08	0,09	0,10	0,09	0,10	0,12	0,10	0,13	0,09	0,08
CaCO3_%	2,11	1,27	0,84	4,22	11,40	8,44	3,38	9,29	19,84	10,56
CaO_%	/	/	/	/	1,20	/	/	/	1,30	0,80
Humus_%	1,10	2,19	5,92	3,46	2,60	2,84	3,12	2,25	2,26	2,19
P2O5_mg/100g	0,28	0,43	16,79	1,18	1,70	0,72	6,50	1,34	2,42	1,35
K2O_mg/100g	25,94	23,60	110,40	34,78	24,84	27,24	82,42	35,84	15,93	19,52
Cd_mg/kg	1,43	1,16	1,12	0,95	0,70	1,04	0,83	0,75	0,36	0,27
Co_mg/kg	16,77	19,14	18,12	15,46	10,25	15,97	13,09	12,02	5,18	5,38
Cr_mg/kg	99,99	89,10	77,28	69,71	49,87	65,24	63,36	54,10	23,19	26,90
Cu_mg/kg	41,24	39,42	53,99	44,14	59,09	33,64	44,23	31,51	51,13	17,54
Mo_mg/kg	6,00	3,35	4,87	5,06	2,91	3,32	3,31	3,99	1,37	1,80
Ni_mg/kg	86,26	76,27	63,42	56,51	36,41	51,87	51,28	44,11	19,02	21,22
Pb_mg/kg	32,62	32,28	29,99	27,48	19,82	27,01	24,48	24,24	9,84	10,03
V_mg/kg	206,30	184,64	158,01	144,68	100,31	136,86	128,46	115,28	51,71	58,67
Zn_mg/kg	106,00	103,93	100,02	86,76	61,37	75,66	81,46	68,84	35,37	30,61
Al_g/kg	108,52	97,19	75,33	74,13	54,75	66,44	64,69	53,93	23,30	28,87
Ca_g/kg	12,13	5,96	9,05	23,62	86,85	41,27	48,73	72,55	141,06	131,29
Fe_g/kg	54,80	54,50	45,30	46,08	31,34	39,63	38,51	34,29	14,79	17,69
Mg_g/kg	12,13	7,64	9,83	19,46	47,81	27,14	28,63	29,63	83,32	77,58
Mn_mg/kg	836,96	1187,27	1241,99	930,33	578,60	1014	873,90	662,52	313,60	325,69
P_mg/kg	342,93	381,87	1143,70	588,38	592,04	421,53	811,00	433,04	343,42	305,58
S_mg/kg	297,77	312,69	646,16	520,81	542,90	446,26	606,75	405,64	402,63	414,73
2 - 0,2_%	1	1	2	3	7	4	5	8	5	14
0,2 -0,05_%	3	3	5	5	17	11	9	14	33	21
0,05 -0,02_%	13	15	20	15	21	22	20	21	29	25
0,02-0,002_%	16	20	27	28	17	24	20	18	15	16
<0,002_%	67	61	46	49	38	39	46	39	18	24

*M-maslinik, V-vinograd, P-povrtnjak, NB- nektarine/breskve

Tablica 4.1.2.2. Statistika analize tla u Stonskom polju 2. dubina (30-60 cm)

Parametar	N	srednja vrijednost	medijan	standardna devijacija	minimum	maksimum	koeficijent asimetričnosti	koeficijent spljoštenosti
pH_H_2O	10,00	8,11	8,18	0,23	7,50	8,33	-2,33	6,14
pH_KCl	10,00	7,14	7,23	0,31	6,57	7,46	-0,74	-0,68
pH_$CaCl_2$	9,00	7,33	7,36	0,22	6,82	7,58	-1,65	3,11
EC_dS / m	10,00	0,10	0,09	0,02	0,08	0,13	0,73	-0,30
CaCO3_%	10,00	7,14	6,33	5,96	0,84	19,84	1,00	0,89
CaO_%	3,00	1,10	1,20	0,26	0,80	1,30	-1,46	/
Humus_%	10,00	2,79	2,43	1,27	1,10	5,92	1,71	4,39
P2O5_mg/100g	10,00	3,27	1,35	5,07	0,28	16,79	2,56	6,78
K2O_mg/100g	10,00	40,05	26,59	31,02	15,93	110,40	1,81	2,36
Cd_mg/kg	10,00	0,86	0,89	0,36	0,27	1,43	-0,31	-0,34
Co_mg/kg	10,00	13,14	14,28	4,95	5,18	19,14	-0,66	-0,75
Cr_mg/kg	10,00	61,87	64,30	24,56	23,19	99,99	-0,22	-0,45
Cu_mg/kg	10,00	41,59	42,69	12,08	17,54	59,09	-0,57	0,53
Mo_mg/kg	10,00	3,60	3,34	1,44	1,37	6,00	0,09	-0,45
Ni_mg/kg	10,00	50,64	51,58	21,69	19,02	86,26	0,06	-0,54
Pb_mg/kg	10,00	23,78	25,75	8,25	9,84	32,62	-0,92	-0,25
V_mg/kg	10,00	128,49	132,66	49,61	51,71	206,30	-0,16	-0,50
Zn_mg/kg	10,00	75,00	78,56	26,60	30,61	106,00	-0,60	-0,67
Al_g/kg	10,00	64,72	65,57	26,65	23,30	108,52	0,01	-0,26
Ca_g/kg	10,00	57,25	45,00	49,51	5,96	141,06	0,74	-0,78
Fe_g/kg	10,00	37,69	39,07	13,68	14,79	54,80	-0,52	-0,53
Mg_g/kg	10,00	34,32	27,89	27,05	7,64	83,32	1,07	-0,07
Mn_mg/kg	10,00	796,57	855,43	323,98	313,60	1241,99	-0,28	-0,94
P_mg/kg	10,00	536,35	427,29	263,68	305,58	1143,70	1,61	2,35
S_mg/kg	10,00	459,63	430,50	117,03	297,77	646,16	0,23	-0,95
2 - 0,2_%	10,00	5,00	4,50	3,94	1,00	14,00	1,36	2,22
0,2 -0,05_%	10,00	12,10	10,00	9,55	3,00	33,00	1,23	1,34
0,05 -0,02_%	10,00	20,10	20,50	4,84	13,00	29,00	0,25	-0,06
0,02-0,002_%	10,00	20,10	19,00	4,70	15,00	28,00	0,76	-0,88
<0,002_%	10,00	42,70	42,50	14,89	18,00	67,00	-0,04	-0,09

4.2. Rezultati analize vode

Uzorci su prikupljeni s 2 različite lokacije u Stonskom polju u tri različita vremenska razdoblja. Analize su provedene u razdoblju od ožujka do svibnja 2021. godine. U svim uzorcima analizirani su slijedeći parametri: pH (25°C), E.C./ 25°C (mS/m), HCO_3^-, NH_4 – N, NO_3 – N, NO_2 – N, PO_4-P, Cl^- (mg/L), SO_4^{2-}, Ca^{2+}, K^+, Mg 2^+, Na^+. Za ocjenu kemijskog stanja voda u Stonskom polju primijenjeni su standardi kakvoće voda iz Priloga 6., Članka 4. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 96/2019) (Tablica 3.8.7.).

Tablica 4.2.1. Analiza vode s 3 lokacije u 3 vremenska perioda u Stonskom polju

Datum uzor.	Lokac. Uzor.	pH	E.C./ 25°C	HCO_3^-	NH_4 - N	NO_3 - N	NO_2 - N	PO_4-P	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	K^+	Mg $^{2+}$	Na^+
		25°C	mS / m	mg / l										
14.03.2021.	A	7,8	286	424	0,82	0,46	0,010	0,014	661	83	107	13	71	374
13.04.2021.	B	7,9	60,0	384	0,70	<0,08	<0,01	0,011	16	7,1	86	<1,0	24	7,1
11.05.2021.	B	7,7	58,2	372	0,59	<0,08	0,013	0,024	17	10	84	<1,0	22	5,0

pH vrijednost je indikator kiselosti ili bazičnosti voda. Normalan raspon pH vrijednosti je od 6,5 do 8,4, a voda koja ima vrijednosti izvan tog intervala može uzrokovati nutritivnu neuravnoteženost koja ima utjecaja na rast i razvoj biljke. Također, voda s vrijednostima pH van navedenog intervala može pokazivati korozivna svojstva prema opremi koja je izrađena od metala. Često se pH redovito prati, budući da može biti indikator prisustva toksičnih iona. Iz tabličnog prikaza (tablica 4.2.1.) može se vidjeti da su pH vrijednosti ispitivanih uzoraka približno jednake i ne pokazuju veća odstupanja između lokacija i ovisno o vremenu uzorkovanja. pH vrijednost vode na lokaciji A je 7,8, na lokaciji B (prvo mjerenje) 7,9, a na lokaciji B (drugo mjerenje) 7,7, te ulaze unutar intervala normalne pH vrijednosti.

Električna vodljivost je mjera za količinu iona u vodi te je određuje koncentracija otopljenih soli u vodi. Porastom temperature vode za 1°C električna vodljivost poraste za 2%. Stoga se vodljivost općenito odnosi na utvrđenu temperaturu, u ovom slučaju 25℃. Električna vodljivost vode najviše ovisi o sadržaju iona koji se nalaze u vodi, odnosno o količini minerala koji su otopljeni u vodi. Električna vodljivost vode u promatranom području, odnosno Stonskom polju varira od 58,2 mS/m na lokaciji B (drugo mjerenje) 60,0 mS/m na lokaciji B (prvo mjerenje) do 286 mS/m na lokaciji A. Maksimalno dopuštene vrijednosti definirane su zakonskim propisima, a zakonski maksimalna dopuštena vrijednost za provodljivosti je 2500µS/cm/ pri 20°C prema uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/2019).

U Hrvatskoj je određena granična vrijednost nitrata u podzemnoj vodi propisana Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće i iznosi 50 mg/L, koja je također granična vrijednost propisana Nitratnom direktivom (91/676/EEZ) u zemljama EU. Povišene koncentracije nitrata su značajan čimbenik u procesu eutrofikacije u obalnim

područjima gdje su dušični spojevi ograničavajući faktor koji je odgovoran za onečišćenje (Filipović 2013., Howarth i Marino 2006.). Koncentracija NO_3^- (nitrati) u uzorcima vode Stonskog polja se kreće od <0,08 mg/l na lokaciji B (oba mjerenja) do 0,46 mg/L na lokaciji A te ne prelazi dopuštene granice prikazane u tablici 3.8.9 .

NH_4^+ (amonijev ion) se kreće od 0,59 na lokaciji B (drugo mjerenje), 0,70 na lokaciji B (prvo mjerenje) do 0,82 mg/L na lokaciji A, te prelazi dopuštene granice prikazane u tablici 3.8.9. Cl^- (kloridi) se u uzorcima vode Stonskog polja kreću se od 16 i 17 mg/L na lokaciji B (prvo i drugo mjerenje) što ulazi unutar granica, do 661 mg/L na lokaciji A koji prelazi granice prema standardima kakvoće voda iz Priloga 6., Članka 4. Uredbe o standardu kakvoće voda (Tablica 3.8.7.). Lokacija A je uzorak vode u neposrednoj blizini Stonske solane, stoga je povećana koncentracija klorida očekivana. SO_4^- (sulfati) se kreću od 7.1 na lokaciji B (prvo mjerenje), 10 na lokaciji B (drugo mjerenje) do 83 mg/L na lokaciji A, te ne prelaze granice propisane prema standardima kakvoće voda.

Jedan od ciljeva monitoringa kvalitete voda u području Stonskog polja i ocjena pogodnosti za navodnjavanje. Ocjena pogodnosti vode za navodnjavanje, dana je sukladno pokazateljima referentne FAO klasifikacije (Rhoades i sur. 1992.) s obzirom na vrijednosti električne vodljivosti vode (tablica 3.8.8.) te FAO klasifikacije ('Water quality for agriculture', n.d.) s obzirom na koncentracije pojedinih iona u vodi (tablica 3.8.9.).

S obzirom da električna vodljivost vode u Stonskom polju iznosi 58,2 mS/m na lokaciji B (drugo mjerenje) 60.0 mS/m na lokaciji B (prvo mjerenje) i 286 mS/m na lokaciji A, prema tablici 3.8.8., lokaciju B (prvo i drugo mjerenje) svrstavamo u klasu nezaslanjene vode, odnosno vode za piće i navodnjavanje. Lokaciju A svrstavamo u srednje zaslanjenu vodu, odnosno primarnu drenažnu vodu i podzemnu vodu.

Koncentracije Na^+ u uzorcima vode Stonskog polja kreću se od 5,0 na lokaciji B (drugo mjerenje, 7,1 (lokacija B, prvo mjerenje), do 374 mg/L na lokaciji A, stoga možemo zaključiti da lokacija B nema ograničenja za navodnjavanje, dok lokacija A ima ozbiljan stupanj ograničenja za navodnjavanje. Kao što je slučaj i kod EC, lokacija A koja je u blizini solane Ston, za očekivati je da će imati povišene koncentracije Na^+. Koncentracije Cl^- se u uzorcima vode Stonskog polja kreću od 16 i 17 mg/L na lokaciji B (prvo i drugo mjerenje), do 661 mg/L na lokaciji A. Prema koncentraciji Cl^- lokacija B nema ograničenja za navodnjavanje, dok lokacija A ponovno ima ozbiljan stupanj ograničenja za navodnjavanje. NO_3^- se kreće od <0,08 na lokaciji B (oba mjerenja) do 0,46 mg/L na lokaciji A te obje lokacije nemaju ograničenja za korištenje vode u svrhu navodnjavanja.

Normalan raspon pH vrijednosti je od 6,5 do 8,4. pH vrijednost vode na lokaciji A je 7,8, na lokaciji B (prvo mjerenje) 7,9, a na lokaciji B (drugo mjerenje) 7.7, te ulaze unutar intervala normalne pH vrijednosti, te se voda prema tom parametru može koristiti za navodnjavanje.

Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da prema standardima kakvoće voda iz Priloga 6., Članka 4. Uredbe o standardu kakvoće voda, lokacije A i B prelaze koncentracije NH_4^+, a na lokaciji A dopuštenu koncentraciju prelazi električna voldljivost i Cl^-, dok za sve ostale parametre ulaze unutar granica. Ocjena pogodnosti vode za navodnjavanje, sukladno pokazateljima referentne FAO klasifikacije s obzirom na vrijednosti električne vodljivosti vode te FAO klasifikacije s obzirom na koncentracije pojedinih iona u vodi je za lokaciju B pozitivna, odnosu voda se može koristiti za navodnjavanje, dok je za lokaciju A negativna, odnosno voda se ne može koristiti za navodnjavanje.

U istraživanju Romić i sur. (2020.) uočeno je da način korištenja zemljišta ima veliki utjecaj na sastav i kvalitetu vode, a značajan utjecaj uočen je kod parametara EC_W i NO_3^- -N. Iz istraživanja se može zaključiti da razina mora utječe na dinamiku i intenzitet zaslanjivanja vode i tla u istraživanom području (dolina Neretve), s obzirom da dolazi do prodora morske vode. Koncentracije nitrata u vodotocima poljoprivrednih kanala variraju sezonski i godišnje ovisno o klimatskim uvjetima, ali se općenito pripisuju načinu korištenja zemljišta i poljoprivrednoj praksi, prvenstveno zbog povećane uporabe dušičnih gnojiva.

Zbog duljih sušnih razdoblja tijekom vegetacije, koja često dovode do prisilnog navodnjavanja tla slanom vodom, ne može se iskoristiti puni potencijal usjeva. Nasuprot tome, znatna količina gnojiva može se lako ispirati u podzemne vode tijekom vlažnih perioda. Također je uočeno da bogati slojevi treseta koji djeluju kao potencijalni izvor hranjivih tvari, dovode do visoke koncentracije amonijaka u podzemnim vodama. Stoga je zaključeno kako bi se dobila točnija predviđanja unosa hranjivih tvari (nitrata) u vodi, sustav praćenja trebao bi se poboljšati intenziviranjem mjesta praćenja.

5. Zaključak

Prema rezultatima analize tla iz ovog istraživanja može se zaključiti sljedeće:

- Stonsko polje izuzev 2 lokacije s povećanom koncentracijom bakra i nikla, ulazi unutar propisanih granica za sve istraživane teške metale prema Pravilniku o zaštititi poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019);
- kao takvo u budućnosti ima potencijal prelaska na ekološku proizvodnju.

Prema rezultatima analize vode iz ovog istraživanja može se zaključiti sljedeće:

- prema standardima kakvoće voda iz Priloga 6., Članka 4. Uredbe o standardu kakvoće voda, lokacije A i B prelaze koncentracije NH_4^+ , dok za sve ostale parametre ulaze unutar granica;
- ocjena pogodnosti vode za navodnjavanje, sukladno pokazateljima referentne FAO klasifikacije s obzirom na vrijednosti električne vodljivosti vode te FAO klasifikacije s obzirom na koncentracije pojedinih iona u vodi, je za lokaciju B pozitivna, odnosno voda se može koristiti za navodnjavanje, dok je za lokaciju A negativna, odnosno voda se ne može koristiti za navodnjavanje.

Uz navedene rezultate, može se zaključiti da poljoprivredno zemljište Stonskog polja u je prikladno za planiranje prelaska na na ekološku proizvodnju. Ono što bi trebalo napraviti kako bi se poboljšao vid ekološke proizvodnje u budućnosti je da se putem podrške različitih institucija i stručnih službi educira, potakne i ohrabri poljoprivredne proizvođače da se počnu baviti ekološkom poljoprivredom, odnosno da prijeđu iz konvencionalne u ekološku poljoprivrednu proizvodnju što je i u skladu s ciljevima Zelenog plana Europske unije da do 2030. godine 25 % poljoprivrednih površina na razini EU bude pod ekološkom proizvodnjom

6. Literatura

1. Azam F., Mulvaney R.L., Simmons F.W. (1995). Effects of ammonium and nitrate on mineralization of nitrogen from leguminous residues. Biol Fertil Soils 20 (1): 49–52. doi:10.1007/BF00307840

2. Bogunović I., Kisić I., Mesić M., Zgorelec Ž., Šestak I.,Perčin A., Bilandžija D. (2018). Održive mjere gospodarenja tlom u ekološkoj poljoprivredi za klimatske uvjete mediteranske Hrvatske. Agronomski fakultet, Zagreb

3. Bogunović M., Vidaček Ž., Husnjak S. (2001). Klasifikacija tla za potrebe prostornog planiranja u Hrvatskoj. Agron Glas Glas Hrvat Agron Druš 63 (4–5): 171–180

4. Bowen H.J.M., Ure A.M., Berrow M.L. (1982). The elemental constituents of soils. In: Environmental Chemistry, pp. 94–204. doi:10.1039/9781847555991-00094

5. Bradarić B. (2015). Kontrola kvalitete pitke vode. info:eu-repo/semantics/masterThesis. Karlovac University of Applied Sciences. The Department of Safety and Protection

6. Čoga L., Herak Ćustić M., Ćosić T., Jurkić V., Slunjski S., Poljak M., Petek M., Šimunić I., Radman D. (2006). Biljno hranidbeni kapacitet tala Vranskog polja. Agron Glas Glas Hrvat Agron Druš 68 (4): 335–352

7. Čoga L., Slunjski S. (n.d.). Dijagnostika tla u ishrani bilja 213

8. Crnogorac J. (2019). Određivanje kemijskih karakteristika različitih vrsta tla. info:eu-repo/semantics/masterThesis. University of Split. Faculty of Chemistry and Technology. Division of Chemistry

9. Ekološka. (n.d.). https://poljoprivreda.gov.hr/. Available at: https://poljoprivreda.gov.hr/ekoloska/199 [Accessed 13 September 2021]

10. Filipović V., Petošić D., Nakić Z., Marina B. (2013). Prisutnost nitrata u podzemnim vodama: izvori i procesi. Hrvat Vode Časopis Za Vodno Gospod 21 (84): 119–128

11. Foy C.D. (1988). Plant adaptation to acid, aluminum-toxic soils. Commun Soil Sci Plant Anal 19 (7–12): 959–987. doi:10.1080/00103628809367988

12. Gluhić D., Deklić D. (2018). Važnost cinka u gnojidbi vinove loze. Glas Zašt Bilja 41 (3): 63–68. doi:10.31727/gzb.41.3.7

13. Gluhić D., Herak Ćustić M., Petek M., Čoga L., Slunjski S., Sinčić M. (2009). The Content of Mg, K and Ca Ions in Vine Leaf under Foliar Application of Magnesium on Calcareous Soils. Agric Conspec Sci 74 (2): 81–84

14. Grahovac P. (2005). Ekonomika poljoprivrede. Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb

15. Halamić J., Peh Z., Miko S., Galović L., Šorša A. (2008). Geochemical atlas of the Republic of Croatia. Book Abstr 281

16. Hammond J.P., Broadley M.R., White P.J. (2004). Genetic Responses to Phosphorus Deficiency. Ann Bot 94 (3): 323–332. doi:10.1093/aob/mch156

17. He Z., Yang X., Stoffella P. (2005). Trace Eelements in Agroecosystems and Impacts on the Environment. J Trace Elem Med Biol Organ Soc Miner Trace Elem GMS 19: 125–40. doi:10.1016/j.jtemb.2005.02.010

18. Holford I.C.R. (1997). Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. Soil Res 35 (2): 227–240. doi:10.1071/s96047

19. Howarth R.W., Marino R. (2006). Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: Evolving views over three decades. Limnol Oceanogr 51 (1part2): 364–376. doi:10.4319/lo.2006.51.1_part_2.0364

20. Husnjak S. (2011). Processes of soil damage and treats in Croatia. Impact Tillage Fertil Probable Clim Threats Hung Croat Soil Vulnerability Prot 101–113

21. Kisić I. (2012). Sanacija onečišćenoga tla. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
22. Lazarević B., Poljak M. (2019). Fiziologija bilja. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

23. López-García I., Viñas P., Blanco C., Hernández-Córdoba M. (1999). Fast determination of calcium, magnesium and zinc in honey using continuous flow flame atomic absorption spectrometry. Talanta 49 (3): 597–602. doi:10.1016/S0039-9140(99)00051-X
24. Lucheta A.R., Lambais M.R. (2012). Sulfur in agriculture. Rev Bras Ciênc Solo 36: 1369–1379. doi:10.1590/S0100-06832012000500001

25. McBride, M.B. (1994) Environmental chemistry of soils. Oxford University Press, Inc., New York. - References - Scientific Research Publishing. (n.d.). Available at: https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1013530 [Accessed 19 September 2021]

26. Mihaljev I., Kastori R. (1983). Genotypic variation and inheritance of mineral element content in winter wheat. In: Genetic Aspects of Plant Nutrition: Proceedings of the First International Symposium on Genetic Aspects of Plant Nutrition, Organized by the Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, August 30–September 4, 1982, Developments in Plant and Soil Sciences (Sarić M.R.,

Loughman B.C., eds), Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 477–481. doi:10.1007/978-94-009-6836-3_56

27. Vrkljan M., Babić V., Takšić J. (1998). Minerologija, Školska knjiga, Zagreb, str. 247 – 250

28. Ondrašek G., Petošić D., Mustać I., Filipović V., Petek M., Lazarević B., Bubalo M. (2015). Voda u agroekosustavima. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb

29. Oršolić N., Tadić Z. (2009). Professor Ivan Bašić (1941–2009). Period Biol 111 (3): 395–396

30. Panda S.K., Padhee S., Sood A.K., Mahapatra S.S. (2009). Optimization of Fused Deposition Modelling (FDM) Process Parameters Using Bacterial Foraging Technique. Intell Inf Manag 01 (02): 89. doi:10.4236/iim.2009.12014

31. Pejnović D., Ciganović A., Valjak V. (2012). Ekološka poljoprivreda Hrvatske: problemi i mogućnosti razvoja. Hrvat Geogr Glas 74. (1.): 141–159. doi:10.21861/HGG.2012.74.01.08

32. Petljak K. (2019). Green supply chain management practices in food retailing. InterEULawEast J Int Eur Law Econ Mark Integr 6 (1): 61–82. doi:10.22598/iele.2019.6.1.5

33. Pierzynski G.M., McDowell R.W., Sims J.T. (2005). Chemistry, Cycling, and Potential Movement of Inorganic Phosphorus in Soils. In: Phosphorus: Agriculture and the Environment, John Wiley & Sons, Ltd, pp. 51–86. doi:10.2134/agronmonogr46.c3

34. Pingali P.L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. Proc Natl Acad Sci 109 (31): 12302–12308. doi:10.1073/pnas.0912953109

35. Puđak J., Bokan N. (2011). Ekološka poljoprivreda – indikator društvenih vrednota. Sociol Prost Časopis Za Istraživanje Prost Sociokulturnog Razvoja 49 (2 (190)): 137–163. doi:10.5673/sip.49.2.2

36. Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M. (1992). The use of saline waters for crop production, FAO irrigation and drainage paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 133 pp.

37. Romić D., Castrignanò A., Romić M., Buttafuoco G., Bubalo Kovačić M., Ondrašek G., Zovko M. (2020). Modelling spatial and temporal variability of water quality from different monitoring stations using mixed effects model theory. Sci Total Environ 704: 135875. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135875

38. Romić D., Husnjak S., Mesić M., Salajpal K., Barić K., Poljak M. Romić M., Konjačić M., Vnučec I., Bakić H., Bubalo M., Zovko M., Matijević L., Lončarić Z., Kušan V., Brkić Ž., Larva O. (2014). Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Studija. Agronomski fakultet, Zagreb

39. Romić M., Bragato G., Zovko M., Romić D., Mosetti D., Galović L., Bakić H. (2014). The characteristics of cultivated soils developed from coastal paleosand (Korcula Island, Croatia). Catena 113: 281–291. dx.doi.org/10.1016/j.catena.2013.08.009

40. Sanità di Toppi L., Gabbrielli R. (1999). Response to cadmium in higher plants. Environ Exp Bot 41 (2): 105–130. doi:10.1016/S0098-8472(98)00058-6

41. Senesil G.S., Baldassarre G., Senesi N., Radina B. (1999). Trace element inputs into soils by anthropogenic activities and implications for human health. Chemosphere, Matter and Energy Fluxes in the Anthropocentric Environment 39 (2): 343–377. doi:10.1016/S0045-6535(99)00115-0

42. Stefanic J., Stefanic E., Haas R., Kroatien L.I. (n.d.). What the customers really want: organie food market in Croatia?

43. Stocking M. (n.d.). And soil productivity from the perspective of the land user 10

44. Strahinec D. (2018). Prednosti održive poljoprivrede. info:eu-repo/semantics/bachelorThesis. Polytechnic of Međimurje in Čakovec

45. Ullah A., Shah S.N.M., Ali A., Naz R., Mahar A., Kalhoro S.A. (2015). Factors Affecting the Adoption of Organic Farming in Peshawar-Pakistan. Agric Sci 06 (06): 587–593. doi:10.4236/as.2015.66057

46. Urushadze T.F. (2002). Soils in space and time: Realities and challenge for the 21st century, Presented at the 17. World congress of soil science, Bangkok (Thailand), 14-21 Aug 2002

47. Vukadinović V., Lončarić Z. (1998). Ishrana bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Poljoprivredni fakultet

48. Water quality for agriculture. (n.d.). Available at: http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E00.htm [Accessed 13 September 2021]

49. Wolfe A.H., Patz J.A. (2002). Reactive nitrogen and human health: acute and long-term implications. Ambio 31 (2): 120–125. doi:10.1579/0044-7447-31.2.120

50. Znaor D. (1996). Ekološka poljoprivreda – poljoprivreda sutrašnjice. Nakladni zavod Globus, Zagreb

7. Prilog

Popis grafova:
Graf 2.2.1. Upisnik ekoloških proizvođača u RH 2002-2020
Graf 3.4.1. Prikaz srednje mjesečne količine oborina na postaji Ston 2017.-2020. (mm)
Graf 3.4.2. Srednje mjesečne vrijednosti sijanja sunca na postaji Dubrovnik 1961.-2019. (h)
Graf 3.4.3 Temperatura zraka na postaji Dubrovnik 1961.-2019. (°C)
Graf 4.1.2.1. Prikaz srednjih vrijednosti koncentracije (mg/kg) teških metala u Stonskom polju s dvije lokacije uzorkovanja

Popis slika:
Slika 2.5.5.1. Kruženje dušika u prirodi
Izvor: Filipović 2013
Slika 3.1.1. Topografija Stonskog polja
Slika 3.2.1. Geološka karta Pelješca i Stonskog polja
Slika 3.5.1. Način korištenja poljoprivrednog zemljišta i vodotoka u Stonskom polju prema ARKOD
Slika 3.7.1.1. Lokacije prikupljanja uzoraka tla (označene točkom) u Stonskom polju
Slika 3.7.3.2.1. Uređaj ICP-OES Vista MPX (Varian)
Slika 3.7.4.1. Prikaz lokacija uzorkovanja vode u Stonskom polju
Slika 3.7.4.2. Prikaz odvodnih kanala u Stonskom polju
Slika 4.1.1.1. IDW karta pH vrijednosti
Slika 4.1.1.2. IDW karta P_2O_5
Slika 4.1.1.3. IDW karta K_2O
Slika 4.1.1.4. IDW karta Cd
Slika 4.1.1.5. IDW karta Cr
Slika 4.1.1.6. IDW karta Mo
Slika 4.1.1.7. IDW karta Pb
Slika 4.1.1.8. IDW karta Zn
Slika 4.1.1.9. IDW karta Cu
Slika 4.1.1.10 IDW karta Ni

Popis tablica:
Tablica 2.2.1. Ekološka proizvodnja (ha) u RH
Tablica 2.2.2. Kulture u ekološkoj proizvodnji

Tablica 3.7.5.1. Pregled pokazatelja elemenata kakvoće voda koji su analizirani u prikupljenim uzorcima
Tablica 3.8.1. Interpretacija reakcije tla pH (H2O) i pH (CaCl2)
Tablica 3.8.2. Interpretacija reakcije tla pH (KCl)
Tablica 3.8.3. Udio karbonata u tlu, interpretacijske vrijednosti
Tablica 3.8.4. Klase opskrbljenosti tla humusom (%), interpretacijske vrijednosti
Tablica 3.8.5. Klase opskrbljenosti tla P2O5/100 g, interpretacijske vrijednosti
Tablica 3.8.6. Klase opskrbljenosti tla K2O/100 g, interpretacijske vrijednosti
Tablica 3.8.7. Primijenjeni standardi kakvoće vode za ocjenu kemijskog stanja voda na lokacijama monitoringa površinskih i podzemnih voda. Granična vrijednost standarda kakvoće izražena je kao prosječna godišnja vrijednost
Tablica 3.8.8. Klase zaslanjenosti vode za navodnjavanje prema FAO klasifikaciju, a na temelju pokazatelja električne vodljivosti (ECw)
Tablica 3.8.9. Stupnjevi ograničenja vode za navodnjavanje s obzirom na koncentracije Na, Cl i NO3-N
Tablica 4.1.1.1. Analiza tla s 13 lokacija u Stonskom polju 1. dubina (0-30 cm)
Tablica 4.1.1.2. Statistika analize tla u Stonskom polju 1. dubina (0-30 cm)
Tablica 4.1.2.1. Analiza tla s 10 lokacija u Stonskom polju 2. dubina (30-60 cm)
Tablica 4.1.2.2. Statistika analize tla u Stonskom polju 2. dubina (30-60 cm)
Tablica 4.2.1. Analiza vode s 3 lokacije u 3 vremenska perioda u Stonskom polju

Normativi:

HRN ISO 10390:2004 Kakvoća tla -- Određivanje pH-vrijednosti (ISO 10390:2005)

HRN ISO 11265:2004 Kakvoća tla -- Određivanje specifične električne vodljivosti (ISO 11265:1994+Cor 1:1996)

HRN ISO 10693:2004 Kakvoća tla -- Određivanje sadržaja karbonata -- Volumetrijska metoda (ISO 10693:1995)

HRN ISO 14235:2004 Kakvoća tla -- Određivanje organskog ugljika sulfokromnom oksidacijom (ISO 14235:1998)

HRN ISO 11277:2004 Kvaliteta tla -- Određivanje raspodjele veličine čestica (mehaničkog sastava) u mineralnom dijelu tla -- Metoda prosijavanja i sedimentacije (ISO 11277:2009)

HRN EN 5667-6, 2016 Kvaliteta vode -- Uzorkovanje -- 6. dio: Upute za uzorkovanje vode rijeka i potoka (EN ISO 5667-6:2016/A11:2020)

HRN ISO 5667-11 Kvaliteta vode -- Uzorkovanje -- 11. dio: Upute za uzorkovanje podzemnih voda (ISO 5667-11:2009)

Životopis

Paulo Vlašić rođen 14.10.1996. godine u Dubrovniku. Svoje djetinjstvo proveo je u Stonu, malom mjestu na jugu Hrvatske na poluotoku Pelješcu. Završio srednju Elektrotehničku školu u Dubrovniku 2015. godine, te iste godine upisuje studij Sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu. Nakon završenog preddiplomskog studija upisuje diplomski studij Agroekologije na Agronomskom fakultetu u Zagrebu.