

# Procjena pogodnosti tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju

---

**Prpić, Dora**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:085046>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-25**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Dora Prpić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

**Procjena pogodnosti tala za ekološku poljoprivrednu  
proizvodnju**

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Dora Prpić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

**Procjena pogodnosti tala za ekološku poljoprivrednu  
proizvodnju**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, mentor
2. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, član
3. doc. dr. sc. Vladimir Ivezić, član

Osijek, 2017.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Poljoprivredni fakultet u Osijeku  
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, studij Hortikultura

Završni rad

Dora Prpić

### **Procjena pogodnosti tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju**

**Sažetak:** Cilj ovog rada je na temelju agrokemijskih svojstava tla procijeniti pogodnost tla za ekološku poljoprivrednu proizvodnju te utvrditi potrebne mjere popravka (kondicioniranja) i gnojidbe tala. Najvažnija agrokemijska svojstva za procjenu pogodnosti tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju su pH reakcija tla, humuznost, raspoloživost fosfora i kalija te raspoloživost mikroelemenata i ukupni sadržaj teških metala. Raspoloživost fosfora i kalija utvrđeni su amonij-laktatnom metodom, raspoloživost mikroelemenata EDTA metodom, a ukupni sadržaj teških metala ekstrakcijom tla sa zlatotopkom. Utvrđeno je tlo osrednjeg potencijala mineralizacije, siromašno opskrbljeno raspoloživim fosforom i osrednje raspoloživim kalijem te siromašno raspoloživim cinkom i manganom. Prema ukupnim koncentracijama teških metala, analizirano je tlo pogodno za ekološku poljoprivrednu proizvodnju. Osnovna svojstva tla (pogotovo raspoloživost fosfora i mikroelemenata) treba poboljšati mjerama humizacije redovitim aplikacijom organskih gnojiva. Organska gnojidba će, pored povećanja potencijala mineralizacije i postupnog zakiseljavanja tla, povećati raspoloživost fosfora i mikroelemenata. Pogodno je koristiti kompost, zelenu gnojidbu i organska gnojiva s povećanim udjelom fosfora (peradsko stajsko gnojivo, separat svinjske gnojovke, koštano brašno, brašno od rogova, kopita i papaka). Dodatnim analizama treba utvrditi eventualnu potrebu i isplativost zakiseljavanja tla upotrebom zemljišnog sumpora u cilju povećanja raspoloživosti fosfora i mikroelemenata.

**Ključne riječi:** pH reakcija tla, mineralizacija, raspoloživi fosfor, raspoloživi kalij, teški metali

39 stranica, 4 tablica, 9 grafikona i slika, 26 literaturnih navoda

**Završni rad je pohranjen:** u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agriculture in Osijek  
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

### **Evaluation of soil suitability for organic agriculture**

**Summary:** The aim of this paper is to assess the adequacy of the soil for ecological agricultural production on the basis of its agrochemical properties as well as ascertaining the necessary measures of repairing (conditioning) and fertilizing the soil. The most important agrochemical properties for assessing the adequacy of soil for ecological agricultural production are the pH reaction of the soil, the amount of humus, the availability of phosphorus and potassium as well as the availability of microelements, and the total heavy metal content. The availability of phosphorus and potassium are determined using the ammonium lactate method, the availability of microelements using the EDTA method, and the total heavy metal content by extracting the soil using aqua regia. The assessed soil has mediocre mineralization potential, is poorly supplied with available phosphorus, moderately with available potassium and poorly with available zinc and manganese. According to the total heavy metal content, the evaluated soil is adequate for ecological agricultural production. The basic properties of the soil (the availability of phosphorus and microelements in particular) are to be enhanced using measures of humization through the regular application of organic fertilizers. Besides increasing the potential of mineralization and gradually acidifying the soil, organic fertilization will increase the availability of phosphorus and microelements. It is advantageous to use compost, green manure and organic fertilizers with increased phosphorus content (poultry litter, pig slurry component, bone, horn, and hoof meal). Additional analyses are needed to assess the eventual need and profitability of acidifying the soil using soil sulfur with the aim of increasing the availability of phosphorus and microelements.

**Keywords:** soil pH reaction, mineralisation, available phosphorus, available potassium, heavy metal

39 pages, 4 tables, 9 figures, 26 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek.

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD.....  | 1  |
| 1.1. Pregled literature.....  | 7  |
| 1.2. Cilj istraživanja.....   | 9  |
| 2. MATERIJAL I METODE.....  | 10 |
| 2.1. Izbor proizvodnih površina i uzorkovanje tla.....                                      | 10 |
| 2.2. Analize tla.....   | 10 |
| 2.2.1. pH reakcija tla.....   | 10 |
| 2.2.2. Sadržaj humusa u tlu .....   | 11 |
| 2.2.3. Koncentracija raspoloživog fosfora i kalija ekstrahiranog AL-metodom .....           | 12 |
| 2.2.4. Određivanje sadržaja karbonata u tlu .....   | 14 |
| 2.2.5. Određivanje ukupnih koncentracija teških metala u tlu .....                          | 15 |
| 2.2.6. Određivanje raspoloživih frakcija esencijalnih teških metala EDTA ekstrakcijom ..... | 16 |
| 3. REZULTATI I RASPRAVA.....  | 17 |
| 3.1. Osnovna agrokemijska svojstva tla .....  | 17 |
| 3.1.1. pH reakcija tla.....   | 17 |
| 3.1.2. Sadržaj humusa u tlu .....   | 18 |
| 3.1.3. Koncentracija AL - pristupačnog fosfora i kalija .....                               | 19 |
| 3.1.4. Sadržaj karbonata u tlu .....  | 19 |
| 3.2. Ukupne koncentracije esencijalnih teških metala i štetnih elemenata u tlu .....        | 20 |
| 3.2.1. Ukupne koncentracije Fe .....  | 22 |
| 3.2.2. Ukupne koncentracije Mn .....  | 22 |
| 3.2.3. Ukupne koncentracije Zn.....   | 23 |
| 3.2.4. Ukupne koncentracije Cu .....  | 24 |
| 3.2.5. Ukupne koncentracije Ni .....  | 25 |
| 3.2.6. Ukupne koncentracije Co .....  | 25 |
| 3.2.7. Ukupne koncentracije Cd .....  | 26 |
| 3.2.8. Ukupne koncentracije Cr .....  | 27 |
| 3.2.9. Ukupne koncentracije Hg .....  | 28 |
| 3.2.10. Ukupne koncentracije Pb.....  | 29 |
| 3.2.11. Ukupne koncentracije As .....   | 29 |

|   |    |
|---|----|
| 3.3. Koncentracije raspoložive frakcije mikroelemenata ekstrahirane s EDTA..... | 30 |
| 3.3.1. Raspoloživa frakcija Fe ekstrahirana s EDTA .....                        | 31 |
| 3.3.2. Raspoloživa frakcija Mn ekstrahirana s EDTA.....                         | 31 |
| 3.3.3. Raspoloživa frakcija Zn ekstrahirana s EDTA .....                        | 32 |
| 3.3.4. Raspoloživa frakcija Cu ekstrahirana s EDTA .....                        | 32 |
| 3.4. Pogodnost analiziranih tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju .....   | 33 |
| 4. ZAKLJUČAK.....   | 36 |
| 5. POPIS LITERATURE.....  | 38 |

## 1. UVOD

Tlo je rastresita prirodno-povijesna tvorevina nastala djelovanjem pedogenetskih činitelja tijekom procesa pedogeneze na rastresitom matičnom supstratu ili trošini čvrste matične stijene.

Naglasimo li agronomski najvažnije attribute tla, možemo ga definirati kao polidisperzni sustav sastavljen od krute, tekuće i plinovite faze, u kojemu se nalaze činitelji plodnosti tla (hraniva, voda, zrak, toplina) (Lončarić i sur., 2015.).

Plodnost tla je sposobnost tla da biljkama osigura hraniva i vodu, ili preciznije (Lončarić i sur., 2015.), plodnost tla je svojstvo tla da omogući sintezu određene količine organske tvari neke biljne vrste na specifičnome staništu.

Agrokemijska svojstva tla vrlo su važna za pogodnost tla za konvencionalnu i ekološku poljoprivrednu proizvodnju, a najznačajniji su pH reakcija tla, humuznost, raspoloživost fosfora i kalija, raspoloživost mikroelemenata, te ukupni sadržaj esencijalnih i toksičnih teških metala.

pH reakcija tla pokazatelj je niza svojstava tla važnih za ishranu bilja, a definira se kao negativni logaritam aktiviteta  $H^+$  iona. pH-vrijednost iskazuje nam aktivite  $H^+$ , odnosno  $OH^-$  iona. Važna je jer utječe na raspoloživost hraniva u tlu te pogodnost i učinkovitost različitih gnojiva.

U izrazito kiselom tlu bit će nedovoljna raspoloživost Ca, Mg i Mo, uz određenu kemijsku fiksaciju fosfora. Uz prekomjernu vlažnost povećana je opasnost gubitka dušika denitrifikacijom, a ekstremna kiselost je toksična za biljke zbog slobodnih kiselih iona aluminijskih i mangana. Kalcijacija je jednostavno i isplativo rješenje. U alkalnom tlu smanjena je raspoloživost Fe, Mn, Zn, Cu i B. Štetna fiksacija fosfora postoji i u alkalnim tlima u intenzitetu ovisnom o količinama izmjenjivog Ca. Na alkalnim tlima veći je rizik gubitaka dušika isparavanjem (volatizacijom) u obliku amonijaka (Lončarić i sur., 2015.).

Humus je organska tvar tla nastala razgradnjom ostataka živih organizama i njihovim ponovnim ugrađivanjem u organske spojeve tla. Humus ima višestruk utjecaj na plodnost tla; poboljšava vodozračni režim i toplinska svojstva tla, povećava elastičnost, poboljšava sorpcijska svojstva, smanjuje ispiranje i kemijsku fiksaciju hraniva, te regulira ravnotežu



vodotopivih i izmjenjivih frakcija hraniva. Jako je važna uloga humusa u nastanku mrvičaste strukture koja pridonosi prozračnosti i drenaži tla, strukturna tla vežu više vode, manje su sklona eroziji i znatno su lakša za obradu. Također, humus lako gradi kompleksne spojeve s kovinama, pogotovo mikroelementima koji se u tom obliku ne ispiru iz tla, a biljke ih lako usvajaju. Humus ima veliku ulogu i u povećanju efikasnosti fosforne gnojidbe i raspoloživosti mikroelemenata na kiselim tlima (humat efekt), pa je humus vrlo važan u opskrbi biljaka fosforom, kalcijem i željezom, te kao izvor drugih biogenih elemenata.

Karbonati su soli ugljične kiseline koje su ponekad u mineralnom dijelu tla prisutne u velikim količinama. U tlu uglavnom pronalazimo karbonate kalcija ( $\text{CaCO}_3$ ) i magnezija ( $\text{MgCO}_3$ ), a u halomorfnim tlima mogu se naći i karbonati natrija ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Karbonatnost je usko vezana s pH reakcijom tla i u jako karbonatnim tlima možemo očekivati manju raspoloživost Fe, Mn, B, Zn, ali i štetnih teških metala.

Fosfor je nemetal koji se u prirodi, tlu i biljkama javlja u peterovalentnome stanju. U prirodi se ne javlja u slobodnome obliku, nego u obliku minerala u stijenama. Najvažniji minerali koji sadrže fosfor su fosforit i apatit. Fosfor je konstitutivni element organske tvari te kao esencijalni element ulazi u sastav značajnih organskih spojeva kao što su nukleoproteidi, fosfolipidi, enzimi i mnogi drugi.

Ciklus fosfora u ekosustavu sastoji se od razgradnje fosfornih spojeva u tlu, usvajanja fosfora biljkom i ponovnog nastanka minerala tla. Fosfor u tlu javlja se kao organski (20% - 60%) i anorganski (40% - 80%) vezan fosfor. Anorganski fosfor nalazi se u obliku različito topivih fosfata koji postaju pristupačniji biljkama zahvaljujući aktivnosti korijenovog sustava i mikroorganizama tla. Topivost fosfornih spojeva u tlu ograničavajući je činitelj raspoloživosti fosfora. Prema tome, osnovni procesi kruženja i transformacije fosfora u tlu agrosfere jesu: organska i mineralna gnojidba, unošenje ostataka biljaka i životinja, razgradnja minerala, mikrobiološka razgradnja organske tvari, mobilizacija fosfora mikrobiološkim aktivnostima, iznošenje fosfora usvajanjem korijenom biljke, imobilizacija fosfora mikrobiološkom fiksacijom, imobilizacija fosfora u obliku fosfata aluminijskog i željeznog u kiselim tlima, imobilizacija fosfora u obliku kalcijevih fosfata u alkalnim tlima, ispiranje fosfata i erozija. U prirodi fosfor neprestano kruži između tla i živih organizama, pa su uz ukupnu količinu fosfora u tlu vrlo značajni i elementi usvajanja fosfora: oblik u kojem se nalazi mineralni fosfor, topivost fosfora, imobilizacija fosfora i gubitci fosfora iz tla (Lončarić i sur., 2015.).

Biljke usvajaju fosfor isključivo u anionskom obliku i to kao  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  i  $\text{HPO}_4^{2-}$ , a u organsku tvar ga ugrađuju bez redukcije. Fosfor je biljkama najpotrebniji u razdoblju intenzivnog razvoja korijenovog sustava i kod prijelaza iz vegetacijske u reprodukciju fazu života, a pokretljivost fosfora u biljci u oba smjera je dobra. Višak fosfora u tlu u prirodnim je uvjetima vrlo rijetka pojava i rijetko izaziva fitotoksičnost. Simptomi suviška fosfora su: usporen rast, tamnomrke pjege na lišću koje se šire prema bazi lista, te konačno otpadanje listova. Za razliku od suviška fosfora, nedostatak fosfora u tlu vrlo je česta pojava. Prvi simptom je slab rast biljaka, a kod jače izraženog nedostatka fosfora korijenov sustav slabo se razvija, cvjetanje i zrioba biljaka kasne, smanjena je tvorba proteina uz povišen sadržaj amida i nizak sadržaj vitamina. Hranidbena vrijednost poljoprivrednih proizvoda, uz znatno niži prinos, je smanjena.

Kalij je alkalni metal vrlo rasprostranjen u prirodi. U tlu i biljkama nalazi se samo kao jednovalentni kation ( $\text{K}^+$ ) s redukcijskim svojstvima. Raspadanjem primarnih minerala, feldspata, liskuna i drugih, oslobađa se kalij koji se najvećim dijelom odmah veže na adsorpcijski kompleks tla, te mu je pokretljivost i opasnost od ispiranja iz tla mala. Samo se kalij na vanjskim površinama minerala gline (mobilni kalij) može smatrati potpuno pristupačnim za ishranu bilja, a fiksirani oblik sporo nadoknađuje manjak u izmjenjivoj fazi, te postoji mogućnost nepovratne fiksacije.

Fiziološka uloga kalija kao neophodnoga elementa kasno je utvrđena jer kalij nije građevni element spojeva žive tvari, a osnovne funkcije kalija su aktivacija enzima i regulacija permeabilnosti živih membrana (kao elektrolit utječe na regulaciju turgora, rad puči i regulaciju sadržaja vode u biljci). Kalij smanjuje štetne učinke suviška dušika, a koncentracija K u suhoj tvari biljaka je 2-5% (Parađiković, 2009.).

Ukupan sadržaj kalija u tlima prilično je visok, u prosjeku 0,2-3,0%. U oraničnom sloju do 20 cm dubine nalazi se između 6 i 90 t K/ha. Teška, glinovita tla sadrže više kalija, a organske rezerve kalija vrlo su male. Humus sadrži manje od 0,1% kalija, pa je za ishranu bilja odgovoran isključivo kalij na adsorpcijskom kompleksu tla. Koncentracija kalija u biljkama ponekad dostiže i 5% na suhu tvar, pa ga biljke zahtijevaju gotovo koliko i dušika, a neke kaliofilne vrste i znatno više. Višak kalija na poljoprivrednim tlima nije uobičajen, iako je moguć na zaslanjenim tlima ili kod obilne gnojidbe, te može utjecati na smanjeno primanje drugih iona ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ). Do nedostatka kalija najčešće dolazi na lakim, pjeskovitim tlima i teškim, glinovitim tlima ili tlima koja imaju suvišak Ca ili Mg. Zbog

složene funkcije kalija u metabolizmu biljaka, nedostatak kalija odražava se na cjelokupan rast i razvoj biljaka. Kod manjka kalija rast biljaka je usporen zbog brzog premještanja iz starijih u mlađe i aktivnije dijelove biljke. Na starom lišću simptomi nedostatka očituju se kroz tamnozelenu boju na rubovima čije tkivo kasnije propada i posmeđi, a list se često savije prema dolje. Mlađe lišće je uslijed nedostatka kalija manje nego obično. Novoformirano lišće je manje i često valovite površine, također zbog sniženog turgora, biljke djeluju uvenulo.

Mikroelementi (ili mikrohraniva) su esencijalni elementi koje biljka treba u relativno malim količinama jer ostvarenim biološkim prirodnom iz tla iznese nekoliko desetina ili stotina grama po hektaru (Lončarić i sur., 2015.). U mikroelemente ubrajamo B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl i Ni. Biljna tvar sadrži znatno manju količinu mikroelemenata jer su oni dostatni u malim količinama za razliku od makroelemenata. Međutim, nedostatak mikroelemenata, jednako kao i nedostatak makroelemenata, predstavlja značajan ograničavajući činitelj smanjenja visine i kakvoće prinosa (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Biljkama su raspoložive znatno manje količine mikroelemenata od ukupnih količina u tlu. Raspoloživost mikroelemenata u tlima ovisi prvenstveno o svojstvima tla i o kemijskim svojstvima pojedinog elementa. Mikroelementi su potrebni u svim biljnim organima za aktivnost brojnih enzima i proteina (Krämer i sur. 2007.).

Željezo (Fe) je teški metal, u tlu i biljkama nalazi se kao dvovalentan i trovalentan kation ili u odgovarajućim spojevima. Može graditi kompleksne spojeve, u biljkama je uglavnom trovalentan iako vrlo lako mijenja valentno stanje. Raspadanjem primarnih i sekundarnih minerala željezo se oslobađa u tlo, te u kiselim tlima iznova gradi sekundarne minerale. Svježe istaloženi minerali željeza su u obliku amorfnih koloida i pristupačni su za ishranu bilja. Biljke usvajaju željezo u obliku  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  ili u obliku kelata. Većina poljoprivrednih tala sadrži dovoljno mobilnog i lakomobilizirajućeg željeza, ali je njegov nedostatak čest u karbonatnim tlima.

Koncentracija željeza u biljkama najčešće je unutar granice 50 i 1000 mg/kg, a 80-90 % željeza u biljkama je čvrsto vezano pa mu je pokretljivost osrednja do loša. Željezo je neophodno za sintezu klorofila, redukciju nitrita i sulfata, asimilaciju dušika, transport elektrona itd. Deficit željeza vidljiv je kao kloroza, a suficit, koji se rijetko događa, očituje se u inhibiciji vegetacijskog rasta, plavozelenom lišću i mrkoj boji korijena (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Mangan (Mn) u biljkama se nalazi kao dvovalentan i trovalentan kation, a u tlu može biti i četverovalentan i šesterovalentan. Velik broj minerala sadrži mangan, ali u tlu najvećim dijelom potječe iz  $MnO_2$  i po rasprostanjenosti je 10. element u litosferi. Ukupan sadržaj mangana u tlima je 200-300 mg/kg od čega je biljkama raspoloživo samo 0,1-1,0 %. U odnosu na podoranične slojeve, oranični sloj sadrži više mangana, a manje ga je na lakim pjeskovitim tlima, nego na težim karbonatnim tlima.

Mangan ima značajnu ulogu u oksidoredukcijskim procesima, sastavni je dio enzima i njihov aktivator, te utječe na sintezu kloroplasta u biljkama. Kod dobre raspoloživosti mangana smanjuje se potreba za N, P, K i Ca bez smanjivanja prinosa, tako da je mangan značajan za ekonomičnije iskorištavanje drugih hraniva u tlu.

Kada je mangana u tlu preko 1000 mg/kg, na starijem se lišću javljaju smeđe mrlje, što je često povezano sa nedostatkom željeza. Suficit mangana u biljkama izaziva deficit Fe, Mo i Mg (Vukadinović i Lončarić, 1998). Simptomi nedostatka mangana na dvosupnicama su mrkožute mrlje na listovima, a na jednosupnicama uočava se u obliku prugaste kloroze.

Cink (Zn) je teški metal, a u tlu potječe od primarnih i sekundarnih minerala. Kisele stijene sadrže manje, a alkalne znatno veće količine cinka. Prosječan sadržaj cinka u tlu je 5-20 mg/kg. Biljke ga usvajaju kao kation  $Zn^{2+}$  i u biljkama je uvijek u obliku  $Zn^{2+}$ .

Niska temperatura i suvišak fosfora snižavaju usvajanje cinka. Pristupačnost cinka veća je u kiselim tlima i zbog toga postoji opasnost od njegova ispiranja. Nedostatak cinka javlja se najčešće na teškim, glinovitim tlima. Sadržaj cinka u biljkama je nizak i može biti u koncentracijama od 0,6 (jabuka) do 83 mg/kg (konoplja).

Cink ima važnu ulogu u životnim procesima biljaka jer se nalazi u sastavu mnogih enzima te povećava otpornost biljaka prema bolestima, suši, niskim temperaturama, te utječe na metabolizam proteina. Značaj cinka je velik u biosintezi DNA i RNA, sintezi proteina, sintezi auksina (utječu na rast biljaka), stabilizaciji biomembrana i dr. Kritična granica nedostatka cinka je 15-30 mg/kg u suhoj tvari lista zavisno o biljnoj vrsti. Nedostatak se manifestira kao međužilna kloroza listova, sitnolisnatost i rozetavost biljke. Suvišak cinka se javlja rijetko, samo na kiselim tlima i rudištima, a očituje se niskim rastom, sitnim listovima i smanjenim korijenom, tamno crvenim pjegama podjednako na mlađem i starijem lišću (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Bakar (Cu) je teški metal i u tlu potječe iz primarnih minerala gdje se nalazi u jednovalentnom obliku. Čvrsto se sorbira na koloide tla, a prosječan sadržaj bakra u tlima je 5-50 mg/kg. Biljke ga usvajaju kao  $\text{Cu}^{2+}$  ili u obliku kelata. Na raspoloživost bakra značajno utječe pH reakcija tla i pristupačnost mu raste s kiselošću, tj. padom pH vrijednosti. U tlu gradi stabilne komplekse s organskim kiselinama i tako vezan je biljkama slabo raspoloživ.

Kod usvajanja kompetitori bakru su željezo, mangan i cink, a dobra opskrbljenost biljaka dušikom i fosforom može rezultirati akumulacijom većih količina bakra.

Bakar je sastavni dio ili aktivator mnogih enzima koji sudjeluju u oksidacijskim procesima, utječe na stabilnost molekule klorofila, proteosintezu i sudjeluje u sintezi antocijanina. Ima izražen afinitet prema proteinskoj strukturi, pa je 70% bakra u biljkama vezano na proteine u kloroplastima gdje je stabilizator, posebno klorofila. Utječe na sintezu nukleinskih kiselina, bakterijskog legkemoclobina, metabolizam ugljikohidrata, lignifikaciju, formiranje polena i plodnost biljaka, regulira vezivanje amonijaka na ketokiseline, te povećava otpornost na niske temperature.

Simptomi manjka bakra su kloroza i nekroza listova, odumiranje vršnih izdanaka, venuće, uvijanje i odumiranje mlađih listova. Suvišak bakra je rijetka pojava, obično na kiselim tlima ili kod dugogodišnje primjene bakarnih sredstava u zaštiti voćnjaka i vinograda. Očituje se smanjenim rastom korijena i izdanka, klorozom starijeg lišća i crvenkastomrkom rubnom nekrozom (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

## 1.1. Pregled literature

Ekološka poljoprivreda je sustav poljoprivrednog gospodarenja koji teži etički prihvatljivoj, ekološki čistoj, socijalno pravednoj i gospodarski isplativoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Pod ekološkom, organskom, ili biološkom poljoprivredom u široj javnosti se uglavnom misli na tzv. proizvodnju „zdrave hrane“, tj. poljoprivrednu proizvodnju bez primjene agro-kemikalija (mineralnih gnojiva, pesticida, hormona i sl.). Premda je ova definicija donekle točna i prihvatljiva, ipak, treba reći da je ekološka poljoprivreda koncept poljoprivredne proizvodnje koji je mnogo složeniji i čija bit nije samo u izostavljanju agrokemikalija, već u sveukupnom gospodarenju kojim je to moguće postići (Znaor, 1996.).

Stoga za ekološku poljoprivredu možemo reći da je to sustav poljoprivredne proizvodnje koji nastoji maksimalno iskoristiti potencijale određenog ekosustava (autonomno gospodariti ekosustavom), odnosno gospodarstva, stimulirajući, jačajući i harmonizirajući biološke procese pojedinih njegovih dijelova (Znaor, 1996.).

Čovjek je radi proizvodnje hrane značajan dio spontane biosfere pretvorio u agrosferu prilagodivši ekosustave intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji. Takav scenarij otvorio nam je mogućnost, ali i obavezu održavanja ravnoteže u agroekosustavima, što nastojimo ostvariti agrotehničkim mjerama. Samo poimanje održavanja ravnoteže upućuje na složenost naše obveze, a to se višestruko dokazuje kako u dnevnim operativnim odlukama na proizvodnim površinama, tako i u globalnim strategijama i promjenama. Značaj gnojidbe u poljoprivrednoj proizvodnji prepoznat je na svim razinama, pa tako i u zakonodavstvu gdje su razlike konvencionalne, integrirane i ekološke poljoprivrede najvećim dijelom fokusirane na gnojidbu i zaštitu usjeva (Lončarić i sur., 2015.).

Tlo je supstrat iz kojega biljka raste i zato je prvi korak, pri procjeni pogodnosti lokacije za ekološki uzgoj, utvrđivanje stanja tla.

Pedološka istraživanja provode se u svrhu unapređenja poljoprivredne i biljne proizvodnje, u svrhu zaštite i unapređenja čovjekove okoline, prostornoga planiranja i sličnoga. Poznavanje pedoloških svojstava osnovna je pretpostavka za racionalno korištenje tala. Treba znati da je tlo ograničeni prirodni resurs te da je prisutna velika opasnost od trajnoga gubitka posebno kvalitetnijih tala uslijed neopravdane i neracionalne prenamjene ili korištenja (Lončarić i sur., 2015.).

Bez analize tla ne mogu se točno kvantificirati indikatori plodnosti tla, promjena njihovog intenziteta u vremenu s obzirom na agroekološke i druge uvjete proizvodnje, niti se mogu determinirati granične vrijednosti (kardinalne točke raspoloživosti hraniva), a te vrijednosti su temelj dobre procjene moguće visine prinosa i potrebe za hranivima (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Kemijska analiza predstavlja ključ za dobivanje visokih priroda uz racionalnu primjenu gnojiva. U tom smislu razvijeni sustav kontrole plodnosti tla podrazumijeva sustavno prikupljanje svih relevantnih fizikalno-kemijskih podataka o tlu (uključujući klimu) i njegovom korištenju, doprinosi boljoj raspodjeli mineralnih i organskih gnojiva, uklanjanju akutnih deficita hraniva, kemijskoj i fizikalnoj popravci tla, ekonomičnoj proizvodnji, odnosno očuvanju i podizanju efektivne plodnosti tla čime su prirodi viši i stabilniji te manje podložni promjeni uslijed različitih vremenskih prilika (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Dobro organizirana poljoprivredna proizvodnja na dugi rok povećava ili održava produktivnost i profitabilnost proizvodnje na nacionalnoj razini, čuva ili poboljšava integritet, raznolikost i sustav poljoprivredne proizvodnje kao i okolnih prirodnih ekosustava, a također poboljšava zdravlje ljudi, njihovu sigurnost i zadovoljava u estetskom pogledu (Stuart i Robinson, 1997.).

## 1.2. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja bio je:

1. utvrditi pogodnost tala obiteljskog poljoprivrednog gospodarstva OPG Prpić Gordan za ekološku proizvodnju u hortikulturi i ratarstvu,
2. utvrditi potrebne mjere popravke (kondicioniranja) i gnojidbe analiziranih tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju.



## **2. MATERIJAL I METODE**

### **2.1. Izbor proizvodnih površina i uzorkovanje tla**

Uzorci tla za agrokemijske analize prikupljeni su na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu OPG Prpić Gordan koje se nalazi u Osječko-baranjskoj županiji u općini Antunovac.

Površina je podijeljena na 3 područja uzorkovanja kako bi u svakom području bila osigurana što veća homogenost. Tip prostornog rasporeda uzorkovanja koji je korišten pri uzimanju uzoraka je nesustavno statističko uzorkovanje po „cik-cak“ liniji. Uzorci tla uzimani su sondom do dubine 30 cm, a svaki prosječni uzorak sastavljen je od 25 poduzoraka.

### **2.2. Analize tla**

Za interpretaciju agrokemijskih svojstava tla, provedene su analize pH reakcije tla, sadržaja humusa, karbonatnosti tla, raspoloživosti fosfora i kalija, raspoloživost mikroelemenata, te ukupne koncentracije esencijalnih i štetnih teških metala.

#### *2.2.1. pH reakcija tla*

Mjerenje pH vrijednosti može se vršiti na dva načina: elektrometrijski i kolorimetrijski. Elektrometrijsko mjerenje obavlja se pH-metrima koji mjere razliku u električnom potencijalu ovisnu o aktivitetu  $H^+$  iona.

Najčešće se u agrokemijskim laboratorijima mjere dvije vrste pH-vrijednosti: aktualna (trenutna) u  $H_2O$  i izmjenjiva (supstitucijska) u otopini KCl. Aktualnu pH-vrijednost određuju slobodni ioni (najviše  $H^+$ ,  $Al^{3+}$  i  $OH^-$ ) prisutni u tekućoj fazi tla. Oslobađanjem navedenih iona dolazi do njihove zamjene na adsorpcijskom kompleksu tla s topljivim organskim i mineralnim kiselinama ili kiselim solima te njihovom disocijacijom. Izmjenjiva pH-vrijednost određena je prisustvom  $H^+$  iona, ali i dijelom  $Al^{3+}$  i  $Fe^{3+}$  iona koji ulaze u sastav otopine tla zamjenom neutralnim solima s adsorpcijskog kompleksa tla.

Postupak mjerenja pH-vrijednosti započinje odvagivanjem 10,0 g uzorka tla (slika 1.), na tehničkoj vagi, koji prenosimo u čašu od 100 ml (ISO, 1994.). Zatim je potrebno uzorak preliati s 25 ml deionizirane vode, odnosno 25 ml otopine KCl (mol/dm), te promiješati staklenim štapićem i ostaviti stajati 20 – 30 minuta. Za to vrijeme uzorke nekoliko puta promiješati staklenim štapićem. Na kraju, pomoću pH-metra koji je kalibriran pufernim otopinama za pH (pH 4, pH 7, pH 10), mjeri se pH reakcija tla (slika 2.).



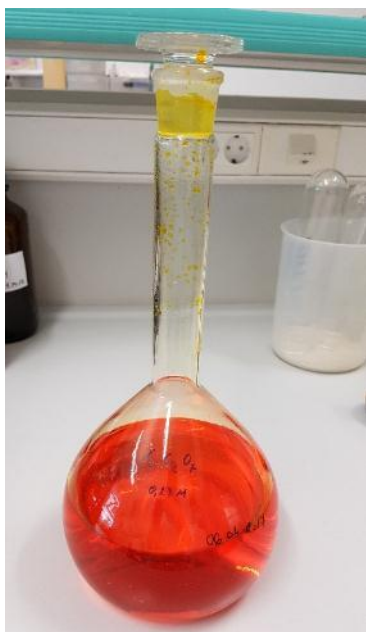
Slika 1. Odvagivanje 10 g uzorka tla  
(Izvor: Prpić, D.)



Slika 2. Mjerenje reakcije tla pomoću pH-metra  
(Izvor: Prpić, D.)

### 2.2.2. Sadržaj humusa u tlu

Prema ISO standardima (1998.) sadržaj humusa (organske tvari) u tlu određuje se metodom mokrog spaljivanja organske tvari tla pomoću K-bikromata (slika 3. i 4.), a koncentracija organskog ugljika nakon spaljivanja mjeri se spektrofotometrijski (slika 5.) jer se narančasta boja otopine (prisustvo  $\text{Cr}^{6+}$ ) mijenja u zelenu boju (prisustvo  $\text{Cr}^{3+}$ ) što se koristi za spektrofotometrijsko određivanje organskog ugljika. Na kraju se koncentracija organskog ugljika preračunava u sadržaj humusa i izražava u postotcima.



Slika 3. Otopina K-bikromata  
(Izvor: Prpić, D.)



Slika 4. Mokro spaljivanje organske tvari tla otopinom K-bikromata  
(Izvor: Prpić, D.)



Slika 5. Spektrofotometrijsko određivanje organskog ugljika  
(Izvor: Prpić, D.)

### 2.2.3. Koncentracija raspoloživog fosfora i kalija ekstrahiranog AL-metodom

AL metoda, odnosno ekstrakcija tla s amonij laktatom, najčešći je postupak ispitivanja biljkama pristupačnog fosfora i kalija u tlu. Spomenuta metoda temelji se na ekstrakciji fosfora i kalija iz tla pufernom otopinom amonijevog laktata, čiji je pH 3,75,

nakon mućkanja suspenzije tla na rotacijskoj mućkalici i filtriranja otopine kroz filter papir (slika 6. i 7.).

Pristupačnost fosfora određuje se kolorimetrijskom plavom metodom, spektrofotometrijskim očitavanjem intenziteta stvorenog kompleksa plave boje (slika 8.). Fosfor određen prema AL metodi odnosi se na frakciju topivu u vodi i slabim kiselinama, te je zbog toga najznačajniji za ishranu bilja.

Pristupačne količine kalija utvrđuju se direktno iz ekstrakta tla emisijom na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru (AAS-u), te također predstavljaju frakciju kalija koja je biljkama raspoloživa.

Rezultati AL metode se izražavaju u mg  $P_2O_5$  i  $K_2O$  na 100 g tla i predstavljaju količinu biljkama pristupačnih hraniva. Prema rezultatima AL metode, tla se dijele u različite klase opskrbljenosti fosforom i kalijem, od klase jako siromašnih tala (klasa A) do klase E, tj. tala jako visoke opskrbljenosti (Lončarić i sur., 2015.).



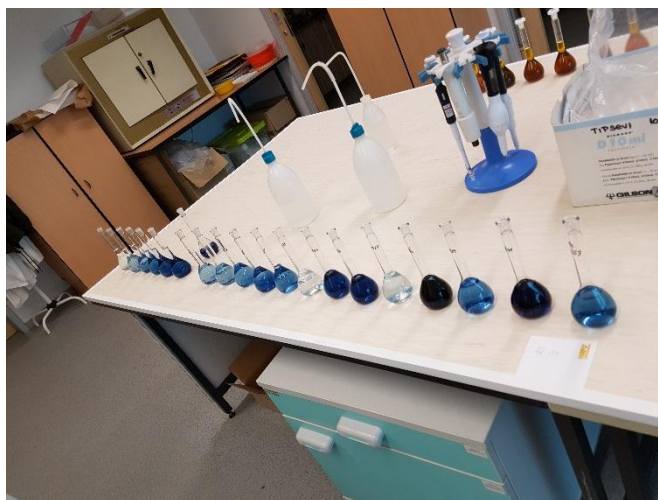
Slika 6. Mućkanje suspenzije tla na rotacijskoj mućkalici

(Izvor: Prpić, D.)



Slika 7. Filtriranje otopine kroz filter papir

(Izvor: Prpić, D.)



Slika 8. Kompleks plave boje

(Izvor: Prpić, D.)

#### 2.2.4. *Određivanje sadržaja karbonata u tlu*

Sadržaj karbonata u tlu određuje se volumetrijskom metodom standardiziranim postupkom (ISO, 1995.a). Brzom metodom uz pomoć 10 %-tne klorovodične kiseline može se utvrditi sadržaj karbonata u tlu, ali ne i objasniti njihovo porijeklo. Karbonati se uz pomoć klorovodične kiseline razaraju uz istovremeno otpuštanje ugljikovog dioksida, čiji se volumen mjeri kalcimetrom pri trenutnoj temperaturi i atmosferskom tlaku (ISO, 1995.a). Za mjerenje izdvojenog CO<sub>2</sub> koristi se Scheiblerov kalcimetar (slika 9.), a sadržaj karbonata u tlu izražava se u % CaCO<sub>3</sub>.



Slika 9. Određivanje sadržaja karbonata u tlu Scheiblerovim kalcimetrom

(Izvor: Prpić, D.)

#### 2.2.5. Određivanje ukupnih koncentracija teških metala u tlu

Koncentracije teških metala u tlu određuju se različitim postupcima potpunog ili djelomičnog razaranja tla, a mogu se obavljati pomoću fluorovodične kiseline, nitratne kiseline i zlatotopke.

Razaranje tla zlatotopkom daje vrlo precizne rezultate za interpretaciju ukupnih koncentracija teških metala u tlu. Uzorci tla u ovom su istraživanju razoreni zlatotopkom koristeći propisanu metodu (ISO, 1995b), prema kojoj je uzorak tla prenesen u teflonsku kivetu, prelijevan s 12 ml svježe pripravljene zlatotopke (smjesa  $1/3 \text{ HNO}_3 + 2/3 \text{ HCl}$ ) i razaran u mikrovalnoj pećnici na propisanoj temperaturi. Nakon razaranja suspenzija uzoraka tla filtrirana je u odmjerne tikvice koje su potom do mjerne oznake (100 ml) dopunjene deioniziranom vodom. Koncentracije esencijalnih i štetnih teških metala mjerene su direktno u ekstraktima tla tehnikom optičke emisijske spektrometrije na induktivno spregnutoj plazmi (ICP-OES). Koncentracije ukupnih količina analiziranih teških metala u tlima izražene su u mg/kg tla.

### *2.2.6. Određivanje raspoloživih frakcija esencijalnih teških metala EDTA ekstrakcijom*

Za utvrđivanje biljci raspoloživih količina Fe, Mn, Zn i Cu u uzorcima tla koriste se različite ekstrakcijske otopine (EDTA, DTPA, AA-EDTA, HCl, voda). Za potrebe ovog istraživanja korištene su ekstrakcijske metode s otopinom EDTA (etilendiamintetraoctena kiselina).

Ekstrakcijska metoda s EDTA (Trierweiler i Lindsay, 1969.) najčešće je korištena u Republici Hrvatskoj. U ionoizmjenjivačkoj reakciji s tlom  $\text{NH}_4^+$  zamjenjuje lakopristupačne mikroelemente na adsorpcijskom kompleksu tla, dok EDTA gradi stabilne komplekse s mikroelementima iz otopine. Ekstrakcija se obavlja prema sljedećem postupku: 25 g zrakosuhog tla u plastičnoj bočici volumena 200 ml prelije se s 50 ml EDTA otopine (smjesa 1 M  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  i 0,01 M EDTA čiji je pH pripremljen na 8,6 pomoću HCl ili  $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Uzorci se mučkaju na rotacijskoj mućkalici 30 min, zatim se filtriraju u epruvete kroz filter papir „plava traka“. U bistrom filtratu izravno se mjere koncentracije esencijalnih teških metala apsorpcijskom tehnikom na AAS-u uz kalibraciju uređaja serijom standardnih otopina. Koncentracija analiziranih metala ekstrahiranih EDTA otopinom (raspoloživa frakcija) izražena je u mg/kg tla.

### 3. REZULTATI I RASPRAVA

#### 3.1. Osnovna agrokemijska svojstva tla

Osnovna agrokemijska svojstva tla koja su analizirana u ovom radu su pH reakcija tla, sadržaj humusa u tlu, koncentracija AL - pristupačnog fosfora i kalija, sadržaj karbonata, ukupni sadržaj teških metala te sadržaj raspoložive frakcije esencijalnih teških metala. Rezultati analiza osnovnih agrokemijskih svojstava tla (tablica 1) koriste se za procjenu plodnosti tla i za utvrđivanje potreba popravljivanja i gnojidbe tla kondicionerima, organskim gnojivima i mineralnim gnojivima (samo dopuštenim za upotrebu u ekološkoj poljoprivredi).

**Tablica 1.** Osnovna kemijska svojstva analiziranih tala

| Oznaka uzorka      | pH <sub>H2O</sub> | pH <sub>KCl</sub> | AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>mg/100 g | AL-K <sub>2</sub> O<br>mg/100 g | humus<br>(%) | CaCO <sub>3</sub><br>(%) |
|--------------------|-------------------|-------------------|--|---------------------------------|--------------|--------------------------|
| Oznaka uzorka br 1 | 8,29              | 7,54              | 8,46   | 26,05                           | 2,93         | 12,47                    |
| Oznaka uzorka br 2 | 8,11              | 7,60              | 11,69  | 23,24                           | 3,52         | 9,56                     |
| Oznaka uzorka br 3 | 8,37              | 7,67              | 11,01  | 23,93                           | 2,76         | 13,72                    |
| Prosjek            | 8,26              | 7,60              | 10,39  | 24,41                           | 3,07         | 11,92                    |

##### 3.1.1. pH reakcija tla

Aktualna pH reakcija analiziranih tala kreće se od 8,29 do 8,37, prosjek je 8,26, a izmjenjiva pH reakcija analiziranih tala kreće se od 7,54 do 7,67, prosjek je 7,60. Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da je pH reakcija analiziranih tala alkalna.

pH reakcija tla utječe na raspoloživost hraniva, te pogodnost i učinkovitost gnojiva. U izrazito kiselom tlu bit će nedovoljna raspoloživost Ca, Mg i Mo, uz određenu kemijsku fiksaciju fosfora. Uz prekomjernu vlažnost povećana je opasnost gubitka dušika denitrifikacijom, a ekstremna kiselost je toksična za biljke zbog slobodnih kiselih iona aluminijskih i mangana, neutralizacija suviše kiselosti tla kalcijacijom je često vrlo jednostavno i isplativo rješenje. U alkalnom tlu smanjena je raspoloživost Fe, Zn, Mn, Cu i



B, a također i štetna fiksacija fosfora postoji i u alkalnim tlima u intenzitetu ovisnom o količinama izmjenjivog Ca. Na alkalnim tlima veći je rizik gubitaka dušika isparavanjem (volatizacijom) u obliku amonijaka (Lončarić i sur., 2015.). S obzirom da analizirana tla pokazuju alkalnu reakciju očekivane promjene raspoloživosti hraniva mogu biti intenzivna mineralizacija, povećani gubici dušika volatizacijom, povećan antagonizam Ca i Mg prema K, smanjena raspoloživost mikroelemenata (osim Mo) i povećana mogućnost kloroza, te smanjena raspoloživost fosfora uslijed kemijske fiksacije izmjenjivim ionima Ca.

### *3.1.2. Sadržaj humusa u tlu*

Humuznost analiziranih uzoraka kreće se od 2,76 % do 3,52 %, a prosjek je 3,07 %. Prema podjeli tala na klase humuznosti (Lončarić i sur., 2015.), analizirano tlo možemo svrstati u osrednje humuzno do humuzno tlo.

Sadržaj humusa u tlu zapravo je sadržaj organske tvari u tlu jer se određuje analizom ukupne koncentracije organskog C u tlu bikromatnom metodom. Humuznost tla značajno utječe na raspoloživost hraniva jer su posljedice većeg sadržaja humusa u tlu:

1. veći kationski izmjenjivački kapacitet tla (KIK), tj. veća sposobnost izmjenjivog vezanja hraniva
2. veća puferna sposobnost i veća elastičnost tla
3. veća raspoloživost hraniva jer humuznost smanjuje fiksaciju hraniva (fosfor i mikroelementi)
4. veći potencijal mineralizacije, tj. veća godišnja količina mineralnog N nastalog razgradnjom humusa.

Potencijal mineralizacije vrlo je značajan za utvrđivanje ukupnih potreba u gnojidbi dušikom. Izračun mineralizacije razlikuje se u kiselim i alkalnim tlima, a kreće se u godišnjem rasponu 20-100 kg/ha. Velike razlike posljedica su različite gustoće i dubine tla te humuznosti. Budući da humuznost značajno utječe na potencijal godišnje mineralizacije (svaki % humusa u tlu prosječno rezultira mineralizacijom 15-25 kg/ha N), podjela tala prema humuznosti vrlo je značajna za interpretaciju rezultata analiza tla (Lončarić i sur., 2015.).

Potencijal godišnje mineralizacije N u tlima s 2 % humusa procjenjuje se na 45-55 kg/ha, pa je potencijalna mineralizacija N u analiziranim tlima osrednja i iznosi oko 65 kg/ha.

### *3.1.3. Koncentracija AL - pristupačnog fosfora i kalija*

Koncentracija fosfora u analiziranom tlu kreće se od 8,46 mg/100 g do 11,69 mg/100 g, a prosjek je 10,39 mg/100 g. Koncentracija kalija u analiziranom tlu kreće se od 23,24 mg/100 g do 26,05 mg/100 g, a prosjek je 24,41 mg/100 g. Prema podjeli tala na klase raspoloživosti fosfora i kalija (Lončarić i sur., 2015.), analizirano tlo pripada u klasu siromašne opskrbljenosti tla fosforom (klasa B), dok s obzirom na raspoloživost kalija, analizirano tlo pripada klasi dobro opskrbljenih tla (klasa C).

U jako siromašna (klasa A) i siromašna (klasa B) tla potrebno je gnojidbom unijeti više fosfora nego što je odneseno prinosom i žetvenim ostacima jer će se tako postupno podići razina raspoloživosti fosfora do dobre opskrbljenosti (klasa C) (Lončarić i sur., 2015). Tlu siromašnom fosforom (klasa B) potrebna je gnojidba 100-150 % količine koja će biti odnesena ciljnim prinosom.

Izračun potrebne gnojidbe kalijem također slijedi obrazac usmjeren očuvanju plodnosti tla, tj. postizanju ili održavanju razine raspoloživosti kalija u klasi dobro opskrbljenih tala (C klasa). U tla dobre opskrbljenosti (klasa C) dostatno je dodati količinu kalija koja je odnesena prinosom (100 % količine kalija u ostavrenom prinosu) jer će se tako održati ista razina raspoloživosti kalija (Lončarić i sur., 2015.).

### *3.1.4. Sadržaj karbonata u tlu*

Utvrđena karbonatnost analiziranih uzoraka kreće se od 13,72 % do 9,56 %, a prosjek je 11,92 %. Razina karbonatnosti tla usko je povezana s alkalnom reakcijom tla, a zbog sadržaja karbonata možemo očekivati i povećane koncentracije izmjenjivog Ca (nije analizirano u ovim istraživanjima). Posljedica je kemijska fikscija fosfora određenog intenziteta koji je obrnuto proporcionalan sadržaju humusa u tlu. Također, utvrđena karbonatnost može pridonijeti smanjenoj raspoloživosti mikroelemenata pa možemo

očekivati nešto niže razine raspoloživih Fe, Mn i Zn. Posljedično, potrebno je osigurati veću raspoloživost mikroelemenata u tlu, što se može postići aplikacijom organskih gnojiva.

### 3.2. Ukupne koncentracije esencijalnih teških metala i štetnih elemenata u tlu

U tablici 2 su prikazane utvrđene vrijednosti ukupnih koncentracija esencijalnih (Fe, Mn, Zn, Cu i Ni) i benefičijalnih (Co) teških metala ekstrahiranih zlatotopkom.

Koncentracija Fe kreće se od 27.350 mg/kg do 25.000 mg/kg uz prosjek 26.230 mg/kg i značajno je veća od koncentracija svih ostalih teških metala u tlu. Koncentracija Mn značajno je niža, prosječno je 406,4 mg/kg, a koncentracija Zn još niža i iznosi 49,37 mg/kg. U još nižem rangu prosječnih koncentracija nalaze se Cu (18,62 mg/kg), Ni (26,21 mg/kg) i Co (11,64 mg/kg).

**Tablica 2.** Ukupne koncentracije esencijalnih i benefičijalnih teških metala (u mg/kg) ekstrahiranih zlatotopkom

| Oznaka uzorka      | Fe     | Mn    | Zn    | Cu    | Ni    | Co    |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Oznaka uzorka br 1 | 26.340 | 426,9 | 48,81 | 18,65 | 25,57 | 11,46 |
| Oznaka uzorka br 2 | 27.350 | 409,6 | 52,08 | 19,77 | 27,70 | 11,93 |
| Oznaka uzorka br 3 | 25.000 | 382,6 | 47,23 | 17,45 | 25,37 | 11,53 |
| Prosjek            | 26.230 | 406,4 | 49,37 | 18,62 | 26,21 | 11,64 |

U tablici 3 su prikazane ukupne koncentracije štetnih teških metala i metaloida (As, Cd, Cr, Hg, Pb) ekstrahiranih iz tla zlatotopkom.

Najveće su koncentracije utvrđene za Cr i kreću se u rasponu od 43,68 mg/kg do 40,56 mg/kg uz prosjek 41,77 mg/kg, a slijede gotovo trostruko niže koncentracije Pb od 15,67 mg/kg do 13,43 mg/kg s prosjekom 14,61 mg/kg i peterostruko niže koncentracije As (8,65 - 8,16 mg/kg, prosjek 8,34 mg/kg). Najniže su koncentracije Cd (0,306 - 0,247 mg/kg, prosjek 0,278 mg/kg) i Hg (0,03357 - 0,02247 mg/kg, prosjek 0,02925 mg/kg).

**Tablica 3.** Ukupne koncentracije štetnih teških metala i metaloida (u mg/kg) ekstrahiranih zlatotopkom

| Oznaka uzorka      | As   | Cd    | Cr    | Hg      | Pb    |
|--------------------|------|-------|-------|---------|-------|
| Oznaka uzorka br 1 | 8,16 | 0,247 | 41,08 | 0,03357 | 14,72 |
| Oznaka uzorka br 2 | 8,22 | 0,306 | 43,68 | 0,02247 | 15,67 |
| Oznaka uzorka br 3 | 8,65 | 0,281 | 40,56 | 0,03171 | 13,43 |
| Prosjek            | 8,34 | 0,278 | 41,77 | 0,02925 | 14,61 |

Niz utvrđenih ukupnih koncentracija ekstrahiranih teških metala u tlu je: Fe>Mn>Zn>Cr>Ni>Cu>Pb>Co>As>Cd>Hg.

Globalno na onečišćenje tla najveći utjecaj imaju promet, te urbane i industrijske aktivnosti. Slična je situacija i u Osječko-baranjskoj županiji gdje se na oranicama i šumskim tlima ne javljaju povećane koncentracije teških metala. Onečišćenje tla u Hrvatskoj uglavnom je na zagrebačkome području, u blizini zračne luke Pleso. Istraživanja pokazuju da najveći udio u emisiji Zn i Cu u Republici Hrvatskoj ima cestovni promet (91,5% i 85,5%), proizvodni procesi najznačajniji su u emisiji Se (84,4%) i Pb (42,7%), izgaranje u termoenergetskim objektima u emisiji As (59,4%) i Cr (48,4%) te izgaranje u industriji i emisiji Ni (59,3%), Hg (43,2%) i Cd (39,4%). S udjelom 28,5% vrlo značajnu ulogu u emisiji Cd ima i cestovni promet. Iako poljoprivreda u tim podacima nije eksplicitno navedena kao vrlo značajan izvor emisije teških metala, vrlo je značajna količina teških metala koja dospijeva na poljoprivredne površine, što je posljedica industrije, transporta, poljoprivrednih aktivnosti, prometne frekvencije, naselja, ali i jačine i smjera vjetrova (Lončarić i sur., 2015.).

Detaljno istraživanje, pa tako i detaljan prikaz stanja teških metala u tlima Osječko-baranjske županije još uvijek nedostaje. Rezultati istraživanja provedeni do sada ukazuju da nema razloga za zabrinutost, koncentracije svih sedam toksičnih elemenata značajno su niže od dopuštenih graničnih vrijednosti. Posebno je značajno to što ni prosječne koncentracije Cd po različitim tipovima tala ni prosječne koncentracije Pb po različitim tipovima tala nisu niti blizu maksimalno dopuštenim koncentracijama (MDK) (Lončarić i sur., 2015.).

Analiza uzoraka tla u ovom istraživanju potvrđuje prethodno navedene tvrdnje da su u Osječko-baranjskoj županiji koncentracije svih sedam toksičnih elemenata niže od dopuštenih graničnih vrijednosti, te da nema razloga za zabrinutost.

### 3.2.1. Ukupne koncentracije Fe

Raspon utvrđenih ukupnih koncentracija Fe (tablica 2.) ekstrahiranih zlatotopkom kreće se od 27.350 mg/kg do 25.000 mg/kg, a prosječna vrijednost je 26.230 mg/kg.

U odnosu na ostale esencijalne teške metale (Mn, Zn, Cu, Ni, Co) Fe je prisutno u najvećoj koncentraciji (tablica 2). Dobiveni rezultati potvrđuju očekivane koncentracije Fe s obzirom da Lončarić i sur. (2015.) navode da je željezo teški metal najvećih koncentracija u svim tlima, te da su prosječne koncentracije ukupnog Fe u sitočnoj Hrvatskoj 28,5 g/kg, što je prosječno 47 puta više od ukupne koncentracije drugog po redu teškog metala Mn.

Značajno je da je Fe teški metal najvećih koncentracija u tlima, kako ukupnih tako i biljci raspoloživih frakcija, ali je pri tome relativni udio raspoložive frakcije Fe (prosječno 0,23 %) daleko najmanji u usporedbi s raspoloživim frakcijama ostalih teških metala (Lončarić i sur., 2015.). Ipak, većina poljoprivrednih tala sadrži dovoljno mobilnog željeza i lakomobilizirajućih rezervi željeza, premda je nedostatak čest, najčešće na jako humuznim (naročito tresetnim), ali i karobnatnim tlima (npr. černozemi istočne Hrvatske i neka tla mediteranskog pojasa) (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Željezo je esencijalni element i legislativom nije propisana maksimalna dopuštena koncentracija (MDK) u tlu i gnojivima.

### 3.2.2. Ukupne koncentracije Mn

Utvrđene ukupne koncentracije Mn ekstrahirane zlatotopkom kreću se od 426,9 mg/kg do 382,6 mg/kg, a prosjek je 406,4 mg/kg (tablica 2).

U odnosu na ostale teške metale (Fe, Zn, Cu, Ni i Co), Mn je drugi po redu, odmah nakon Fe. Lončarić i sur. (2015.) također Mn opisuje kao drugi po redu teški metal prema ukupnim i raspoloživim koncentracijama u tlu, te je u njihovim istraživanjima tala istočne Hrvatske prosječno utvrđeno 606 mg/kg (168-1.277), prosječno podjednako u kiselim (589) i karbonatnim (627) tlima.

Inače, sadržaj mangana u tlima je prosječno 200-300 mg/kg od čega je 0,1-1,0% biljkama raspoloživo. Oranični sloj sadrži više mangana u odnosu na podoranične slojeve,

više ga je na težim i karbonatnim, a manje na lakšim i pjeskovitim tlima. Pristupačnost mangana jako zavisi od oksidoredukcijskog potencijalata. U vlažnijim uvjetima, porastom redukcije, pristupačnost mangana je bolja. Pored vlažnosti značajni su i drugi čimbenici, npr. nitrifikacijski procesi pospješuju usvajanje mangana (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Kao i željezo, mangan je esencijalni element koji nema izraženo toksično djelovanje, te legislativom nije propisana maksimalna dopuštena koncentracija (MDK) u tlu i gnojivima.

### 3.2.3. Ukupne koncentracije Zn

Utvrđene ukupne koncentracije Zn ekstrahirane zlatotopkom kreću se od 52,08 mg/kg do 47,23 mg/kg, a prosjek je 49,37 mg/kg (tablica2).

Zn je prema utvrđenim koncentracijama teških metala treći po redu, nakon Fe i Mn. Prema podacima iz drugih radova i istraživanja Zn je prema utvrđenim koncentracijama treći (Lončarić i sur., 2008., Lončarić i sur., 2012.a, Lončarić i sur., 2012.b, Ivezić i sur., 2015., Lončarić i sur., 2015., Karalić i sur., 2016., Lončarić i sur., 2016.) teški metal po redu, ali su njegove koncentracije u tlima 400-500 puta manje nego količine Fe i 10-ak puta manje nego količine Mn.

Prosječan sadržaj cinka u tlu je 5-20 mg/kg. Niska temperatura, kao i suvišak fosfora, snižava usvajanje Zn. Pristupačnost cinka je veća u kiselim tlima i u tim okolnostima postoji opasnost od njegovog ispiranja. Nedostatak cinka javlja se najčešće na teškim, glinovitim, tlima. Cink se čvrsto sorbira na izmjenjivački kompleks tla te mu je koncentracija u vodenoj fazi izuzetno niska (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Raspoloživost Zn u istraživanjima tala istočne Hrvatske (Lončarić i sur., 2015.) je gotovo ista u kiselim (0,6-8, prosječno 1,62 mg/kg) i karbonatnim tlima (0,5-7,7 mg/kg, prosječno 1,64 mg/kg). Relativno je ipak nešto veća raspoloživost u kiselim (2,72 %) nego karbonatnim tlima (2,40 %). Varijabilnost relativne raspoloživosti Zn je velika i kreće se 0,65-10,16 % (prosječno 2,57 %), neovisno o pH reakciji tla (Lončarić i sur., 2015.).

U prekomjernim količinama cink može biti toksičan te postoji mogućnost prekomjernog i štetnog unošenja u tlo. Zbog toga su propisane MDK za poljoprivredna tla (NN 9/2014). Ovisno o teksturi tla MDK za praškasto-ilovasta tla je 150 mg/kg, a za glinasta tla 200 mg/kg. U analiziranim je tlima utvrđeno maksimalno 52,08 mg/kg Zn, što je manje

od niže vrijednosti MDK za teksturno lakša tla. Stoga možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema koncentraciju Zn iznad MDK i najveće koncentracije iznose samo do oko 25 % MDK.

#### *3.2.4. Ukupne koncentracije Cu*

Utvrđene ukupne koncentracije Cu ekstrahirane zlatotopkom kreću se od 19,77 mg/kg do 17,45 mg/kg, a prosjek je 18,62 mg/kg (tablica 2).

U odnosu na koncentraciju ostalih esencijalnih teških metala (Fe, Mn, Zn, Ni i Co) Cu se nalazi na petom mjestu, nakon Mn, Zn, Fe i Ni. Prema Lončarić i sur. (2015.) bakar je s obzirom na ukupne koncentracije šesti teški metal u tlima istočne Hrvatske te se nalazi iza Fe, Mn, Zn, Cr i Ni. Ukupne količine Cu značajno su manje nego količine Fe i Mn i otprilike je tri puta manje Cu nego Zn.

U tlu bakar gradi vrlo stabilne kompleksne spojeve s organskim kiselinama, polurazloženim ili humificiranim organskim tvarima i tako vezan je biljkama slabo raspoloživ. Zbog toga se manjak bakra češće javlja na jako humoznim tlima uslijed "organske" fiksacije (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Raspoloživost Cu nešto je manja u kiselim (2-14, prosječno 4 mg/kg) nego karbonatnim tlima (2-9, prosječno 5,4 mg/kg) i relativna raspoloživost je nešto veća u karbonatnim (22,9%) nego kiselim tlima (21,7 %) istočne Hrvatske (Lončarić i sur., 2015.). Varijabilnost relativne raspoloživosti Cu također je velika i kreće se 13,3-37,2 % (prosječno 22,3 %), neovisno o pH reakciji tla. Prema udjelu raspoložive frakcije u ukupnoj količini u tlu, Cu (22,3 %) je značajno iznad Mn (5,1 %), Zn (2,6 %) i Fe (0,2 %) (Lončarić i sur., 2015.).

Prekomjerne količine bakra u tlu mogu biti toksične i također postoji opasnost od prekomjernog antropogenog unosa, pa su propisane maksimalno dopuštene količine za poljoprivredna tla (NN 9/2014). Za praškasto-ilovasta tla MDK je 90 mg/kg, a za glinasta tla 120 mg/kg. U analiziranim tlima je utvrđeno maksimalno 19,77 mg/kg Cu, što je manje od niže vrijednosti MDK za teksturno lakša tla. Stoga možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema koncentraciju Cu iznad MDK. Vrlo je značajna i činjenica da je maksimalna utvrđena koncentracija Cu tek na 22 % MDK vrijednosti za praškasto-ilovasta tla i 16,5 % MDK za glinasta tla.

### 3.2.5. Ukupne koncentracije Ni

Utvrđene ukupne koncentracije Ni ekstrahirane zaltotopkom kreću se od 27,70 mg/kg do 25,37 mg/kg, a prosjek je 26,21 mg/kg (tablica 2).

U poretku esencijalnih teških metala (Fe, Mn, Zn, Cu i Co) Ni je na četvrtom mjestu, nakon Mn, Zn i Fe. Prema drugim radovima i istraživanjima (Lončarić i sur., 2008., Lončarić i sur., 2012.a, Lončarić i sur., 2012.b, Ivezić i sur., 2015., Lončarić i sur., 2015., Lončarić i sur., 2016.) Ni je peti teški metal u tlu (nakon Fe, Mn, Zn i Cr), a prema koncentracijama raspoložive frakcije je na šestom mjestu (nakon Fe, Mn, Cu, Pb, i Zn).

Koncentracije nikla u biljkama vrlo je niska (1-10 mg/kg u ST), ali može lako dostići toksične granice (10-50 mg/kg u ST) na onečišćenim tlima, korištenjem gradskog otpada kao organskog gnojiva ili na tlima gdje matični supstrat sadrži puno nikla (npr. lapori) (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Raspoloživost Ni podjednaka je u kiselim (prosječno 1,44 mg/kg) i karbonatnim tlima (prosječno 1,38 mg/kg) istočne Hrvatske. Slični su odnosi i relativne raspoloživosti (5,4 i 4,5 %). Varijabilnost relativne raspoloživosti Ni veća je u kiselim (1,8-14,3 %) nego u karbonatnim tlima (1,6-8,6 %). Prema udjelu raspoložive frakcije u ukupnoj količini u tlu, Ni je u rangi Mn (5,0 %) (Lončarić i sur., 2015.).

Premda za ljude i životinje može biti toksičan, biljkama je Ni potreban iako u vrlo malim količinama i niskim koncentracijama u tlu. Stoga praktično ne postoji potreba za gnojidbom niklom, ali je on prisutan u mineralnim i organskim gnojivima te prekomjerne količine Ni u tlu mogu biti posljedica geogenih procesa i antropogenog unosa. Pravilnicima su propisane maksimalno dopuštene količine (MDK) Ni u poljoprivrednim tlima (NN 9/2014), za glinasta su tla 75 mg/kg, a za praškasto-ilovasta tla 50 mg/kg. U analiziranim tlima utvrđeno je maksimalno 27,70 mg/kg Ni, što je manje od niže vrijednosti MDK za teksturno lakša tla. Stoga možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema koncentraciju Ni iznad MDK i kreće se oko 50 % MDK za praškasto-ilovasta tla.

### 3.2.6. Ukupne koncentracije Co

Utvrđene ukupne koncentracije Co ekstrahirane zlatotopkom kreću se od 11,93 mg/kg do 11,46 mg/kg, a prosjek je 11,64 mg/kg (tablica 2).



U odnosu na esencijalne teške metale (Fe, Mn, Zn, Cu i Ni) Co se nalazi iza njih, tj. ima manju koncentraciju u tlima od esencijalnih teških metala. U drugim radovima i istraživanjima Co se također navodi kao teški metal koncentracije u tlu niže od esencijalnih teških metala (Lončarić i sur., 2008., Lončarić i sur., 2012.a, Lončarić i sur., 2012.b, Ivezić i sur., 2015., Lončarić i sur., 2015., Karalić i sur., 2016., Lončarić i sur., 2016.).

Kobalt se često ubraja u neophodne elemente (kod životinja obavezno) zbog nekih važnih fizioloških funkcija (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Raspoloživost Co vrlo je niska, manja od 0,5 mg/kg (prosječno 0,16 mg/kg) i Co spada u grupu teških metala najnižih koncentracija raspoloživih frakcija (zajedno sa Cr i Cd). Raspoloživost je ipak nešto veća u kiselim (prosječno 0,19 mg/kg, raspon 0,06-0,47) nego u karbonatnim tlima (prosječno 0,12 mg/kg, raspon 0,04-0,28) istočne Hrvatske. Slični su odnosi i relativne raspoloživosti (1,49 i 0,89 %). Varijabilnost relativne raspoloživosti Co veća je u kiselim (0,4-4,1 %) nego u karbonatnim tlima (0,3-2,3 %) (Lončarić i sur., 2015.).

U tlu su potrebne vrlo male količine Co i u plodnim tlima ga je uvijek dovoljno. Novim pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 9/2014) nisu propisane maksimalno dopuštene količine (MDK) za poljoprivredna tla, ali su bile propisane starim pravilnikom (NN 15/1992) u kojem je MDK bila 50 mg/kg. U analiziranim tlima je utvrđeno maksimalno 11,93 mg/kg Co, što je niže i od vrijednosti MDK starog pravilnika.

### *3.2.7. Ukupne koncentracije Cd*

Utvrđene ukupne koncentracije Cd, ekstrahirane zlatotopkom, kreću se od 0,306 mg/kg do 0,247 mg/kg, a prosjek je 0,278 mg/kg (tablica 3).

U odnosu na ostale teške metale (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Hg, Pb i As) Cd se nalazi na predzadnjem mjestu, jedino je živa zastupljena manje od kadmija. Podatci iz drugih radova i istraživanja (Lončarić i sur., 2015.) također pokazuju da je kadmij uz Hg najmanje zastupljen teški metal u tlu te se to smatra vrlo povoljnim jer Cd nema nikakvu pozitivnu niti fiziološku niti ekološku ulogu, već je isključivo štetan teški metal.

Kadmij se nalazi u cigaretnom dimu, a godišnje se tisuće tona kadmija oslobađa u atmosferu izgaranjem ugljena i raznih ulja. Kadmij sadrže i otpadne tvorničke vode, te neka mineralna gnojiva, posebice fosforna. Stoga je razumljivo da se kadmij, kao i živa, nalazi

praktički u svim namirnicama. Kao i ostale teške kovine, i kadmij slabi imunološki sustav čovjeka (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Raspoloživost Cd vrlo je niska, utvrđena je raspoloživost manja od 0,2 mg/kg (prosječno 0,1 mg/kg) i Cd spada u grupu teških metala najnižih koncentracija raspoloživih frakcija (zajedno s Cr i Co). Raspoloživost je gotovo ista u kiselim (prosječno 0,09 mg/kg, raspon 0,05-0,19) i u karbonatnim tlima (prosječno 0,11 mg/kg, raspon 0,05-0,16) istočne Hrvatske. Slični su odnosi i relativne raspoloživosti (31,5 i 30,0 %). Međutim, Cd je pored visoke toksičnosti karakterističan po dominantno najvećem udjelu raspoložive frakcije u ukupnoj količini u tlu jer je prosječno 30,8 % ukupnog Cd u raspoloživom obliku. Vrlo je značajno i pozitivno što su ukupne koncentracije Cd vrlo niske pa nema realne opasnosti akumulacije Cd u jestivim dijelovima biljaka. Međutim, veliki udio raspoložive frakcije upozorava nas da moramo vrlo pažljivo voditi računa o unosu Cd u tlo (Lončarić i sur., 2015.).

Pravilnikom (NN 9/2014) o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja propisane su maksimalno dopuštene količine (MDK) Cd. Za glinasta poljoprivredna tla MDK je 2 mg/kg, a za praškasto-ilovasta 1 mg/kg. u analiziranim je tlima utvrđeno maksimalno 0,306 mg/kg Cd, što je manje od niže vrijednosti MDK za teksturno lakša tla. Stoga možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema koncentraciju Cd iznad MDK jer je maksimalna utvrđena koncentracija na razini 30 % MDK za praškasto-ilovasta tla.

### 3.2.8. Ukupne koncentracije Cr

Vrijednost utvrđenih ukupnih koncentracija Cr ekstrahiranih zlatotopkom kreće se od 43,68 mg/kg do 40,56 mg/kg, a prosjek je 41,77 mg/kg (tablica 3).

U odnosu na ostale teške metale (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cd, Hg, Pb i As) Cr se nalazi na četvrtom mjestu, odmah nakon Fe, Mn i Zn. Prema podacima iz drugih radova (Lončarić i sur., 2015.) Cr je prema prosječnim ukupnim koncentracijama (44 mg/kg) u tlu također četvrti teški metal odmah iza Fe, Mn i Zn.

Raspoloživost Cr vrlo je niska, manja od 1 mg/kg (prosječno 0,30 mg/kg) i Cr spada u grupu teških metala najnižih koncentracija raspoloživih frakcija (zajedno sa Co i Cd). Raspoloživost je ipak nešto veća u kiselim (prosječno 0,15 mg/kg, raspon 0,05-0,34) nego u karbonatnim tlima (prosječno 0,08 mg/kg, raspon 0,03-0,16) istočne Hrvatske. Slični su

odnosi i relativne raspoloživosti (0,39 i 0,19 %). Varijabilnost relativne raspoloživosti Cr veća je u kiselim (0,1-1,0 %) nego u karbonatnim tlima (0,05-0,37 %) (Lončarić i sur., 2015.).

Legislativom su propisane maksimalno dopuštene koncentracije (MDK) Cr u tlu (NN 9/2014). Propisane MDK za glinasta poljoprivredna tla su 120 mg/kg, a za praškasto ilovasta 80 mg/kg. U analiziranim je tlima utvrđeno maksimalno 43,68 mg/kg Cr, što je manje od niže vrijednosti MDK za teksturno lakša tla. Stoga možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema koncentraciju Cr iznad MDK.

### 3.2.9. Ukupne koncentracije Hg

Vrijednost utvrđenih ukupnih koncentracija Hg, ekstrahiranih zlatotopkom, kreće se od 0,03357 mg/kg do 0,02247 mg/kg, a prosjek je 0,02925 mg/kg (tablica 3.).

Hg je prema utvrđenim koncentracijama uvjerljivo na zadnjem mjestu niza koncentracija teških metala, tj. prisutna je u najmanjim koncentracijama. Raspoloživi podaci o tlima istočne Hrvatske (Lončarić i sur., 2015.) također pokazuju da je Hg teški metal sa uvjerljivo najnižim koncentracijama u tlu. Prosječno je čak devet puta manje Hg od Cd, kojega je također vrlo malo u tlima. Takvi rezultati vrlo su povoljni jer se Hg, zajedno s Cd i Pb, svrstava u isključivo štetne teške metale.

Živa dospijeva u prehrambeni lanac čovjeka prije svega pesticidima koji sadrže živu (više se ne koriste!), ali su vrlo značajan izvor žive i tvorničke otpadne vode. Živa se akumulira u organizmu riba i školjki čija prehrambena pogodnost zbog toga može biti dvojbeno. Trovanje živom ogleda se u drhtanju mišića, glavoboljama, nesanicima, smetnjama u pamćenju i problemima s ravnotežom (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Pravilnikom (NN 9/2014) o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja propisane su maksimalno dopuštene količine (MDK) za glinasta poljoprivredna tla 1,5 mg/kg, a za praškasto-ilovasta tla 1 mg/kg. U analiziranim je tlima utvrđeno maksimalno 0,03357 mg/kg Hg, a to je manje od niže vrijednosti MDK za teksturno lakša tla, tj. u rangu je svega 3 % MDK za praškasto-ilovasta tla. Prema tome možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema koncentraciju Hg iznad MDK.

### *3.2.10. Ukupne koncentracije Pb*

Vrijednost utvrđenih ukupnih koncentracija Pb, ekstrahiranih zlatotopkom, kreće se od 15,67 mg/kg do 13,43 mg/kg, a prosjek je 14,61 mg/kg (tablica 3).

U odnosu na ostale teške metale (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Cd, Hg i As) Pb se nalazi na sedmom mjestu, nakon Fe, Mn, Zn, Cr, Ni i Cu. Podatci iz ostalih radova (Lončarić i sur., 2015.), prema prosječnim ukupnim koncentracijama u tlima istočne Hrvatske, olovo također smještaju na sedmo mjesto. To je vrlo povoljno jer je olovo isključivo štetan teški metal i nema baš nikakvu pozitivnu niti fiziološku niti ekološku funkciju.

Prosječno je u prethodnim istraživanjima (Lončarić i sur., 2015.) utvrđeno 2,7 mg/kg raspoloživog Pb u tlu, ali se zapravo radi o ekstraktibilnosti Pb otopinom EDTA što nipošto ne znači da će biljke usvojiti i akumulirati tu količinu Pb u jestivom dijelu biljke, a posebice ne u nadzemnom zelenom dijelu ili plodu. Raspoloživost je gotovo ista u kiselim (prosječno 2,6 mg/kg) i u karbonatnim tlima (prosječno 2,9 mg/kg), ali je maksimalna raspoloživost u kiselim tlima bila 7,5 mg/kg (57 % ukupne količine Pb), a u karbonatnim tlima 6,5 mg/kg (39 % ukupne količine). Navedeni maksimumi nas navode zaključiti da je ipak veća raspoloživost Pb u kiselim tlima, ali kada su ukupne koncentracije Pb vrlo niske, nema realne opasnosti akumulacije Pb u nadzemnim jestivim dijelovima biljaka (Lončarić i sur., 2015.).

Pravilnikom (NN 9/2014) o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja propisane su maksimalno dopuštene količine (MDK) Pb u tlu, a one iznose za glinasta poljoprivredna tla 150 mg/kg, a za praškasto-ilovasta tla 100 mg/kg. U analiziranim tlima utvrđeno je maksimalno 15,67 mg/kg Pb, a to je niže od vrijednosti MDK za teksturno lakša tla (una razini 15,7 % MDK za praškasto-ilovasta tla). Stoga možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema koncentraciju Pb iznad MDK.

### *3.2.11. Ukupne koncentracije As*

Vrijednost utvrđenih ukupnih koncentracija As ekstrahiranih zlatotopkom kreću se od 8,65 mg/kg do 8,16 mg/kg, a prosjek je 8,34 mg/kg (tablica 3).

U odnosu na teške metale (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Cd, Pb i Hg) As se nalazi na devetom mjestu, manju koncentraciju imaju samo Cd i Hg. U drugim radovima As se također nalazi među elementima koji imaju najmanju koncentraciju u tlu.

Pravilnikom (NN 9/2014) o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja nisu propisane maksimalno dopuštene količine (MDK) za poljoprivredna tla. Za interpretaciju rezultata može poslužiti stari pravilnik (NN 15/1992) o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja gdje je maksimalno dopuštena količina za teža i teška tla 30 mg/kg, a za laka i skeletna tla 20 mg/kg. U analiziranim je tlima utvrđeno maksimalno 8,65 mg/kg As, a to je niže od vrijednosti MDK za teksturno laka tla (na razini 43 % MDK za laka tla i 29 % za teža tla). Prema tome, možemo zaključiti da niti jedno analizirano tlo nema koncentraciju As iznad MDK.

### 3.3. Koncentracije raspoložive frakcije mikroelemenata ekstrahirane s EDTA

U tablici 4 prikazane su koncentracije raspoložive frakcije esencijalnih teških metala ekstrahirane s EDTA.

Koncentracije raspoloživih frakcija Fe kreću se od 34,96 mg/kg do 21,83 mg/kg, a prosjek je 27,60 mg/kg. Koncentracije raspoloživih frakcija Mn su nešto niže i kreću se od 15,73 mg/kg do 13,35 mg/kg uz prosjek 14,28 mg/kg, a još niže su koncentracije raspoloživih frakcija Cu (6,27-5,04 mg/kg, prosjek je 5,80 mg/kg). Najniže su koncentracije raspoloživih frakcija Zn u rasponu 0,84 - 1,11 mg/kg uz prosjek 0,98 mg/kg (tablica 4).

**Tablica 4.** Koncentracije mikroelemenata ekstrahiranih EDTA metodom (mg/kg)

| Oznaka uzorka      | Fe    | Mn    | Zn   | Cu   |
|--------------------|-------|-------|------|------|
| Oznaka uzorka br 1 | 26,00 | 13,35 | 0,84 | 6,27 |
| Oznaka uzorka br 2 | 21,83 | 15,73 | 1,11 | 6,11 |
| Oznaka uzorka br 3 | 34,96 | 13,76 | 0,99 | 5,04 |
| Prosjek            | 27,60 | 14,28 | 0,98 | 5,80 |

Redoslijed raspoloživih koncentracija mikroelemenata je Fe>Mn>Cu>Zn.

### *3.3.1. Raspoloživa frakcija Fe ekstrahirana s EDTA*

Utvrđene koncentracije raspoloživog Fe ekstrahiranog EDTA otopinom kreću se od 34,96 mg/kg do 21,83 mg/kg, a prosjek je 27,60 mg/kg (tablica 4). U odnosu na ostale mikroelemente (Mn, Zn i Cu) Fe ima najveću raspoloživu koncentraciju. Podatci drugih istraživača (Lončarić i sur., 2015.) također govore da je Fe teški metal najvećih koncentracija u tlima, kako ukupnih tako i biljci raspoloživih frakcija, ali i da je relativni udio raspoložive frakcije Fe (prosječno 0,23 %) daleko najmanji u usporedbi s raspoloživim frakcijama ostalih teških metala.

Prosječna ukupna frakcija Fe iznosi 26.230 mg/kg, a raspoloživa 27,60 mg/kg što znači da je 0,105 % ukupnog Fe (ekstrahiranog zlatotopkom) ekstrahirano EDTA otopinom. Analizirana osnovna svojstva tla utječu na odnos raspoloživog Fe u ukupnom Fe u tlu. Kiselost tla nije u uskoj vezi s ukupnim količinama Fe izmjerenim nakon razaranja tla zlatotopkom, ali značajno utječe na raspoloživu frakciju Fe izmjerenu nakon ekstrakcije EDTA otopinom (Lončarić i sur., 2015.). Tako je raspoloživa koncentracija Fe tri puta manja u karbonatnim tlima nego u kiselim tlima. Humuznost tla također značajno utječe na raspoloživost hraniva.

### *3.3.2. Raspoloživa frakcija Mn ekstrahirana s EDTA*

Utvrđene koncentracije raspoloživog Mn ekstrahirano EDTA otopinom kreću se od 15,76 mg/kg do 13,35, a prosjek je 14,28 mg/kg (tablica 4).

U odnosu na ostale mikroelemente (Fe, Zn i Cu) Mn je na drugom mjestu, odmah poslije Fe, što je utvrđeno i prethodnim istraživanjima tala istočne Hrvatske. Raspoložive koncentracije Mn samo su 1,8 puta manje od raspoloživih koncentracija Fe.

Prosječna ukupna koncentracija Mn iznosi 406,4 mg/kg, a raspoloživa 14,28 mg/kg što znači da je 3,51 % ukupnog Mn (ekstrahiranog zlatotopkom) ekstrahirano EDTA otopinom. Analizirana osnovna svojstva tla također utječu na odnos raspoloživog Mn i ukupnog Mn u tlu. Raspoloživa frakcija Mn značajno je veća u kiselim tlima nego u karbonatnim tlima, u karbonatnim je tlima raspoloživog Mn otprilike 1,5 puta manje nego u kiselim tlima (Lončarić i sur., 2015.).

U pogledu pogodnosti tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju, vrlo je značajno da je utvrđena koncentracija raspoloživog Mn u klasi niske opskrbljenosti prema граниčnim vrijednostima za pristupačne mikroelemente u tlu (Vukadinović i Bertić, 1988.) jer je < 30 mg/kg. Prema tome, možemo očekivati nedostatak raspoloživog Mn tijekom uzgoja poljoprivrednih usjeva, što je posebno značajno pri uzgoju leguminoza (soja, grah, grašak) i krumpira. Zbog toga je vrlo značajno u gnojidbi koristiti organska gnojiva bogata Mn, tj. mikroelementima i gnojiva koja rezultiraju fiziološki kiselosm reakcijom u tlu.

### *3.3.3. Raspoloživa frakcija Zn ekstrahirana s EDTA*

Utvrđene koncentracije raspoloživog Zn, ekstrahiranog EDTA otopinom, kreću se od 0,84 mg/kg do 1,11 mg/kg, a prosjek je 0,98 mg/kg (tablica 4).

U odnosu na ostale mikroelemente (Fe, Mn i Cu) Zn ima najmanju raspoloživu koncentraciju. Utvrđene raspoložive koncentracije Zn podudaraju se sa podacima iz drugih radova gdje se navodi da je raspoloživost Zn u kiselim tlima 0,6-8 mg/kg, a u karbonatnim tlima 0,5-7,7 mg/kg.

Prosječna ukupna frakcija Zn iznosi 49,37 mg/kg, a raspoloživa 0,98 mg/kg što znači da je 1,99 % Zn (ekstrahiranog zlatotopkom) ekstrahirano EDTA otopinom. Raspoloživa frakcija Zn gotovo je ista u kiselim i u karbonatnim tlima, iako je relativno ipak nešto veća raspoloživost u kiselim (2,72 %) nego u karbonatnim tlima (2,40 %).

U pogledu pogodnosti tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju, također je utvrđena niska razina raspoloživog Zn u tlu (Vukadinović i Bertić, 1988.) jer je < 1,5 mg/kg. Dakle, pored nedostatka Mn možemo očekivati i nedostatak raspoloživog Zn, što je posebno značajno pri uzgoju rajčice, paprika, patlidžana, ali i svih usjeva za sjemensku proizvodnju. Stoga je također vrlo značajno u gnojidbi koristiti organska gnojiva bogata Zn, tj. raspoloživim mikroelementima.

### *3.3.4. Raspoloživa frakcija Cu ekstrahirana s EDTA*

Utvrđene vrijednosti raspoloživog Cu, ekstrahiranog EDTA otopinom, kreću se od 5,04 mg/kg do 6,27 mg/kg, a prosjek je 5,80 mg/kg (tablica 4).

U odnosu na ostale mikroelemente (Fe, Mn i Zn) Cu se nalazi na predzadnjem mjestu, manju raspoloživu koncentraciju od Cu ima samo Zn. I u prethodnim istraživanjima tala istočne Hrvatske (Lončarić i sur., 2015.) ustanovljeno je da je Cu prema udjelu raspoložive frakcije u ukupnoj količini u tlu treći po redu, iza Fe i Mn, a ispred Zn.

Prosječna ukupna koncentracija Cu iznosi 18,62 mg/kg, a prosječna raspoloživa frakcija 5,80 mg/kg što znači da je 31,15 % ukupnog Cu (ekstrahiranog zlatotopkom) ekstrahirano EDTA otopinom. Raspoloživost Cu nešto je manja u kiselim nego u karbonatnim tlima te je i relativna raspoloživost nešto veća u karbonatnim nego u kiselim tlima.

Utvrđena razina raspoloživog Cu u tlu (Vukadinović i Bertić, 1988.) je visoka jer je > 5 mg/kg, ali je značajno niža od granice koju autori navode kao toksičnu razinu raspoloživog Cu (Vukadinović i Bertić, 1988.).

#### **3.4. Pogodnost analiziranih tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju**

Optimalna je raspoloživost biljci neophodnih hraniva pri pH reakciji tla 6-6,5. Niže i više vrijednosti povećavaju mogućnost kemijskih procesa fiksacije pojedinih hraniva (Lončarić i sur., 2015.). Prosječna  $pH_{H_2O}$  analiziranih tala je 8,26, a prosječna  $pH_{KCl}$  je 7,60 te je reakcija tla slabo do jako alkalna. Na alkalnim tlima postoji rizik gubitka dušika isparavanjem (volatizacijom) u obliku amonijaka te su kondicioneri koje možemo iskoristiti kako bi neutralizirali tlo aluminijev sulfat i zemljišni sumpor (elementarni sumpor). Aluminijeva sol sulfatne kiseline javlja se u obliku bijelog praha ili granula različite veličine bez mirisa. Aluminijev sulfat kristalizira se iz vodenih otopina i topiv je u vodi. Koristi se za zakiseljavanje alkalnih tala odnosno za neutralizaciju suviše alkalnosti tala (Lončarić i sur., 2015.). Sumpor se koristi na alkalnim tlima za snižavanje pH vrijednosti tla te tako povećava pristupačnost drugih biljnih hraniva. Primjenjene količine ovise o rezultatima analize tla, odnosno o razini utvrđene prekomjerne alkalnosti tla (Lončarić i sur., 2015.). U ekološkoj je poljoprivredi dopuštena upotreba elementarnog sumpora uz prethodno odobrenje nadzorne stanice ili nadzornog tijela i to prema pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 19/16). Sukladno Uredbi (EZ) br. 2003/2003, da bi elementarni sumpor mogao biti deklariran kao anorgansko gnojivo sa



sekundarnim hranjivim tvarima mora sadržavati minimalno 98 % S. Međutim, potrebitost aplikacije zemljišnog sumpora i/ili aluminijevog sulfata, ali i isplativost i učinkovitost istih, potrebno je utvrditi dopunskim analizama koje u ovom istraživanju nisu provedene.

Međutim, postupno lokalno snižavanje pH reakcije tla koje će povećati raspoloživost hraniva za koje je u ovom istraživanju utvrđen nedostatak (P, Mn, Zn), moguće je postići i planskom upotrebom organskih gnojiva, a posebice uzgojem leguminoza u okviru zelene gnojidbe.

Humuznost tla značajno utječe na raspoloživost hraniva, a posljedice većeg sadržaja humusa u tlu su veći KIK, veća puferna sposobnost i elastičnost tla, veća raspoloživost hraniva i veći potencijal mineralizacije (veća godišnja količina mineralnog N nastalog razgradnjom humusa). Prosječna humuznost analiziranih tala je 3,07 % te se s obzirom na klase humuznosti tala svrstava u osrednje do dovoljno humuzno tlo. Humuznost, a samim time i potencijal mineralizacije, možemo povećati upotrebom komposta, vermikomposta i zelene gnojidbe. Kompost je organski proizvod koji nastaje razgradnjom različitih biljnih ostataka iz domaćinstva, poljoprivredne i prerađivačke industrije, a može biti obogaćen sa dušikom i drugim elementima. Pomoću mikrobiološke aktivnosti i biokemijskih promjena svježa organska tvar podliježe prvo dekompoziciji, a zatim anaboličkim procesima sličnim tvorbi humusa (Parađiković, 2009.). Komposti se koriste u ratarskoj poljoprivrednoj proizvodnji i hortikulturi kao gnojivo te kao poboljšivač kvalitete i biogenosti tla. Prema pravilniku o ekološkoj proizvodnji o uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 19/16, EZ 2007., EZ 2008.) upotreba komposta pripremljenih od životinjskih izlučevina dopuštena je u ekološkoj poljoprivredi uz prethodno odobrenje nadzornog tijela. Vermikompost je organsko gnojivo proizvedeno biološkom razgradnjom organske tvari kroz probavni sustav kalifornijske gliste. Vermikompostiranje je vrlo učinkovito i korisno jer se u kratkom vremenu proizvodi organsko gnojivo bogato humificiranim tvarima, a procesom vermistabilizacije neutraliziraju se nepovoljna svojstva stajskog gnoja. Zelena gnojidba ili sideracija je zaoravanje zelene mase usjeva. Najčešće se provodi u vrijeme cvatnje usjeva koji tada ima dovoljno mase i najpovoljniji je odnos lakorazgradivih tvari, dušika i pepela s jedne strane, kojih treba biti dovoljno, te lignina i celuloze s druge strane, kojih treba biti što manje. Za sideraciju se koriste biljke relativno brzog porasta te razgranatog i učinkovitog korijenovog sustava koji u tlu transformira manje pristupačne oblike hraniva u biljci raspoloživa hraniva (Lončarić i sur., 2015.). Zbog simbiotske fiksacije dušika zaoravanje leguminoze ima najveći fertilizacijski značaj. Zelena gnojidba pomaže prevođenje biljnih

hraniva u pristupačne oblike, povećava biogenost i mikrobiološku aktivnost tla, obogaćuje tlo organskom tvari, sprječava površinske erozije i poboljšava fizikalna svojstva tla. Jedina negativna strana zelene gnojidbe je dopunski trošak agrotehničkih zahvata od sjetve do zaoravanja, ali planiranjem plodoređa, posebice interpoliranim usjevom, neusporedivo veća korist opravdava agrotehničko ulaganje u zelenu gnojidbu.

Prosječna raspoloživost fosfora u analiziranom tlu je 10,39 mg/100g i prema tome pripada u B klasu (siromašno tlo) opskrbljenosti tla fosforom. Niska raspoloživost fosfora značajan je limitirajući čimbenik te je u tlo potrebno unijeti više fosfora nego što je odneseno prinosom i žetvenim ostacima jer će se tako postupno podići razina raspoloživosti fosfora do dobre opskrbljenosti (klasa C). U tlima niske raspoloživosti fosforom treba koristiti organska gnojiva s povećanim udjelom fosfora, a to su pileće kokošje ili pureće stajsko gnojivo, separat svinjske gnojovke, koštano brašno, brašno od rogova, kopita i papaka te komposti u kojima su kao kompostno tvorivo u većoj mjeri korištena prethodno navedena organska gnojiva.

Prosječna raspoloživost kalija u analiziranom tlu je 24,41 mg/100g i prema tome pripada u C klasu (dobro opskrbljeno tlo) opskrbljenosti tla kalijem. U tla dobre opskrbljenosti dovoljno je dodati količinu kalija koja je odnesena prinosom kako bi održali istu razinu raspoloživosti kalija. S obzirom na to da je analizirano tlo bogato kalijem, a siromašno fosforom koristit ćemo gore navedena organska gnojiva i komposte jer su to gnojiva sa većim sadržajem fosfora nego kalija.

Utvrđene raspoložive koncentracije Mn i Zn su vrlo niske te je potrebno provoditi agrotehničke mjere koje će povećati raspoloživost Mn i Zn u tlu. Planska organska gnojidba prethodno navedenim organskim gnojivima pozitivno će djelovati u ovom pravcu, a također će i kondicionirati tlo u pravcu lokalnog postupnog rezidualnog zakiseljavanja tla i povećavanja raspoloživosti Fe, Mn i Zn.

S obzirom na utvrđene ukupne koncentracije teških metala u tlu možemo zaključiti da je analizirano tlo pogodno za ekološku poljoprivredu jer niti jedan teški metal ne prelazi propisanu maksimalno dopuštenu količinu (MDK).

## 4. ZAKLJUČAK

Cilj ovoga istraživanja bio je procjena pogodnosti tala za ekološku poljoprivrednu proizvodnju utvrđivanjem osnovnih agrokemijskih svojstva tla, ukupne i raspoložive frakcije mikroelemenata te ukupne koncentracije ostalih teških metala i metaloida.

Osnovna agrokemijska svojstva tla koja su analizirana u ovom radu su pH reakcija tla, sadržaj humusa u tlu, koncentracija AL - pristupačnog fosfora i kalija, sadržaj karbonata, sadržaj raspoloživih mikroelemenata te ukupni sadržaj teških metala.

Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da je pH reakcija analiziranih tala alkalna i stoga promjene raspoloživosti hraniva mogu biti intenzivna mineralizacija, povećani gubitci dušika volatilizacijom, povećan antagonizam Ca i Mg prema K, smanjena raspoloživost mikroelemenata (osim Mo) i povećana mogućnost kloroza, te smanjena raspoloživost fosfora uslijed kemijske fiksacije slobodnim ionima Ca.

Po humuznosti analizirano tlo možemo svrstati u osrednje humuzno do humuzno tlo uz osrednji potencijal mineralizacije N koji iznosi oko 65 kg/ha godišnje. Humuznost tla značajno utječe na kationski izmjenjivački kapacitet tla (KIK), pufernu sposobnost, elastičnost tla, raspoloživost hraniva i potencijal mineralizacije.

Analizirano tlo pripada klasi siromašne opskrbljenosti tla fosforom i klasi dobre opskrbljenosti tla kalijem. Niska raspoloživost fosfora značajan je limitirajući čimbenik te je u tlo potrebno unijeti više fosfora nego što je odneseno prinosom i žetvenim ostacima jer će se tako postupno podići razina raspoloživosti fosfora do dobre opskrbljenosti, što se može postići upotrebom organskih gnojiva s povećanim udjelom fosfora (pileće, kokošje ili pureće stajsko gnojivo, separat svinjske gnojovke, koštano brašno, brašno od rogova, kopita i papaka te komposti u kojima su korištena navedena organska gnojiva).

Esencijalni i beneficiani teški metali, ekstrahirani zlatotopkom, po ukupnoj koncentraciji u tlu kreću se redosljedom Fe>Mn>Zn>Ni>Cu>Co. Fe i Mn nemaju legislativom propisanu maksimalno dopuštenu količinu (MDK) u tlu i gnojivima, a utvrđene koncentracije Zn, Ni, Cu i Co manje su od niže vrijednosti MDK za teksturno lakša tla te je tlo pogodno za upotrebu u ekološkoj proizvodnji.

Ukupne koncentracije štetnih teških metala i metaloida ekstrahiranih zlatotopkom kreću se redosljedom Cr>Pb>As>Cd>Hg. Izmjerene ukupne koncentracije značajno su niže

od propisanih MDK za sve elemente, a najznačajnije je što su koncentracije Pb, Cd i Hg vrlo značajno niže od MDK, što znači da su tla vrlo pogodna za ekološku poljoprivrednu proizvodnju.

Ukupne raspoložive frakcije mikroelemenata ekstrahirane EDTA otopinom kreću se redosljedom Fe>Mn>Cu>Zn. EDTA otopinom ekstrahirano je samo 0,105 % ukupnog Fe ekstrahiranog zlatotopkom, što potvrđuje da je Fe relativni udio raspoložive frakcije Fe daleko najmanji u usporedbi s raspoloživim frakcijama ostalih mikroelemenata. Relativni udio raspoložive frakcije Mn je 3,51 %, Zn 1,99 % i Cu 31,15 %.

Međutim, tlo je siromašno raspoloživom frakcijom Mn i Zn što je nepovoljno svojstvo za uzgoj leguminoza, rajčice, paprike, patlidžana, krumpira i svih usjeva za proizvodnju sjemena.

Konačno, najpogodnije svojstvo analiziranih tala su vrlo niske koncentracije svih teških metala i štetnih elemenata što je veliki potencijal za proizvodnju vrlo kvalitetne hrane. U rangu osrednje pogodnosti su raspoloživi kalij, humoznost, te pH reakcija tla i karbonatnost. Bilo bo povoljno postupno lokalno zakiseliti tlo, tj. sniziti pH reakciju tla, što se može postići sustavnom aplikacijom kvalitetnih organskih gnojiva. Najnepovoljnija svojstva analiziranih tala su niska raspoloživost P, Mn i Zn, što se također može neutralizirati aplikacijom organskih gnojiva, posebno gnojiva bogatih fosforom.

Zaključno, tlo je pogodno za ekološku poljoprivrednu proizvodnju, a plodnost se može povećati planskom upotrebom kvalitetnih organskih gnojiva.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. (1960.) Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden II. Chemische Extraktionsmethoden zu Phosphor- und Kaliumbestimmung. K. Lantbr. Hogsk. Annlr. W.R. 26: 199-215.
2. International Organization for Standardization (1994.): Soil quality – Determination of pH. ISO 10390:1994.
3. International Organization for Standardization (1995.a): Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method. ISO 10693:1995.
4. International Organization for Standardization (1995.b): Soil quality – Extraxtion of trace elements soluble in aqua regia. ISO 11466:1995.
5. International Organization for Standardization (1998.): Soil quality – Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. 14235:1998.
6. Ivezić, V., Singh, B.R., Gvozdić, V., Lončarić, Z. (2015.): Soil Quality Index in Relation to Trace Metal Availability under Different Land Uses. Soil Science Society of America Journal. 79: 1629-1637.
7. Karalić, K., Lončarić, Z., Ivezić, V., Popović, B., Engler, M. Kerovec, D., Zebec, V. (2016.): The total and available concentrations of essential trace elements in agricultural soils of eastern Croatia. Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo. 21 (1): 263-269.
8. Krämer U., Talke IN, Hanikenne M. (2007.): Transition Metal Transport. FEBS Lett 581:2263-2272
9. Lončarić, Z., Gross Bošković, A., Parađiković, N., Rozman, V., Kralik, Z., Baličević, R., Bursić, V., Miloš, S. (2015.): Utjecaj poljoprivrede na kakvoću hrane u pograničnome području. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek. 108.
10. Lončarić, Z., Ivezić, V., Karalić, K., Popović, B., Engler, M., Kerovec, D., Semialjac, Z. (2016.): Total and plant available toxic trace elements (Cd, Cr, Co and Pb) at farms of eastern Croatia. Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo. 21 (1): 279-285.

11. Lončarić, Z., Ivezić, V., Kovačević, V., Kadar, I., Popović, B., Karalić, K., Rastija, D. (2012.b): Heavy metals in agricultural soils of eastern Croatia. Proceeding Safe Food. XVI. International Eco-conference 2012. Ecological Movement of Novi Sad. Novi Sad, 155-164.
12. Lončarić, Z., Kádár, I., Jurković, Z., Kovačević, V., Popović, B., Karalić, K. (2012.a): Teški metali od polja do stola. Zbornik radova. 47<sup>th</sup> Croatian and 7<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Opatija, 14-23.
13. Lončarić, Z., Karalić, K. (2015.): Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
14. Lončarić, Z., Karalić, K., Popović, B., Rastija, D., Vukobratović, M. (2008.): Total and plant available micronutrients in acidic and calcareous soils in Croatia. Cereal Research Communications, 36: 331-334.
15. Ministarstvo poljoprivrede (1992.): Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. Narodne novine 15/1992. Narodne novine d.d., Zagreb.
16. Ministarstvo poljoprivrede (2014.): Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. Narodne novine 9/2014. Narodne novine d.d., Zagreb.
17. Ministarstvo poljoprivrede (2016.): Pravilnik o ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji Narodne novine 19/2016. Narodne novine d.d., Zagreb.
18. Parađiković, N. (2009.): Opće i specijalno povrćarstvo. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. 536.
19. Stewart, B. A., Robinson, C. A. (1997.): Are agroecosystems sustainable in semiarid regions? Advances in Agronomy 60:191-228.
20. Trierweiler, F.J., Lindsay, W.L. (1969.): EDTA-ammonium carbonate test for Zn. Soil Sci Soc Amer Proc 33, 49-54.
21. Vukadinović, V., Bertić, B. (1988.): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
22. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
23. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. 442.
24. Znaor, D. (1996.): Ekološka poljoprivreda, Poljoprivreda sutrašnjice. Nakladni Zavod Globus, Zagreb. 469.