

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

KLAUDIJA FLAC

KEMIJSKA ANALIZA TLA – RAZLIKE IZMEĐU TLA GORNJEGA I
DONJEGA MEĐIMURJA

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2016.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

KLAUDIJA FLAC

CHEMICAL ANALYSIS OF SOIL – DIFFERENCE BETWEEN LOWER
AND UPPER MEĐIMURJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr. sc. Silvija Zeman, pred.

ČAKOVEC, 2016.

Zahvala

Zahvaljujem svojoj mentorici dr. sc. Silviji Zeman, pred. na ukazanom vremenu, na strpljenju i na nesebičnoj stručnoj pomoći pri izradi ovoga završnog rada. Isto tako, zahvaljujem Bioinstitutu d.o.o. Čakovec, Međimurskom veleučilištu i svima koji su pomogli da ovaj rad bude u Vašim rukama.

Klaudija Flac

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
SAŽETAK.....	IV
1. UVOD	1
2. TLO	2
2.1. Funkcija tla u okolišu	3
3. NASTANAK TLA	4
3.1. Čimbenici nastanka tla.....	4
3.1.1. Klima.....	4
3.1.2. Živi organizmi.....	5
3.1.3. Matični supstrat.....	5
3.1.4. Reljef.....	6
3.1.5. Starost tla	6
3.1.6. Ljudska aktivnost	7
4. KEMIJSKA SVOJSTVA TLA	9
4.1. Humus.....	12
5. FIZIČKA SVOJSTVA TLA	13
5.1. Tekstura tla	13
5.2. Gustoća tla	13
5.3. Struktura tla	14

5.4. Poroznost tla	14
5.5. Konzistencija tla	15
5.6. Zrak u tlu	16
5.7. Voda u tlu	17
KEMIJSKA ANALIZA TLA.....	17
6.1. Određivanje pH vrijednosti tla	18
6.2. Određivanje lakoprisupačnog fosfora i kalija AL metodom	20
6.3. Određivanje hidrolitičke kiselosti.....	22
6.4. Određivanje humusa	23
6.5. Određivanje dušika u tlu.....	23
6.5.1. Određivanje amonijskog dušika (po Nessleru)	24
6.5.2. Određivanje nitratnog dušika (po Riehmu).....	24
UZORKOVANJE TLA.....	25
7.1. Rezultati analize tla	26
ZAKLJUČAK	33
LITERATURA.....	35

POPIS SLIKA

Slika 1. Podjela humusa	12
Slika 2. pH metar	19
Slika 3. Indikatorski pH papir.....	20
Slika 4. Heterogenost parcela	26
Slika 5. Prikaz lokacija uzimanja uzoraka (gornje Međimurje)	27
Slika 6. Prikaz lokacija uzimanja uzoraka (donje Međimurje)	27
Slika 7. Postotna zastupljenost kiselih tala na području Varaždinske županije	31

POPIS TABLICA

Tablica 1. Interpretacija reakcije tla	19
Tablica 2. Opskrbljenost tla fosforom s obzirom na pH tla	21
Tablica 3. Opskrbljenost tla kalijem s obzirom na teksturu tla	22
Tablica 4. Klasifikacija humuznosti tla po Gračaninu	23
Tablica 5. Klase opskrbljenosti tla ukupnim dušikom prema Woltmann-u (%)	24
Tablica 6. Rezultati kemijske analize tla za Osječko-baranjsku županiju.....	29

PRILOZI

Grafikon 1. Grafički prikaz kemijske analize tla gornjeg i donjeg Međimurja.....	26
Grafikon 2. Min i max za donje Međimurje.....	28
Grafikon 3. Min i max za gornje Međimurje.....	29
Grafikon 4. Grafički prikaz kemijske analize tla Međimurske i Osječko-baranjske županije.....	30

SAŽETAK

Tema ovoga rada je kemijska analiza tla te razmatranje dobivenih rezultata na način da se usporede vrijednosti parametara za područje Gornjeg i Donjeg Međimurja. Tlo, kao jedan od najvažnijih faktora poljoprivredne proizvodnje, sastoji se od tekuće, plinovite, čvrste i žive faze te mijenjajući se u prirodnim ciklusima osigurava elemente neophodne za život i održava povoljnu plodnost. U ovom radu spomenut će se kako je nastalo tlo i koje su funkcije tla u okolišu. Iz uzoraka koji su obrađeni u laboratoriju tvrtke Bioinstitut razmatrat će se gore navedena tematika. Kako bi se sa sigurnošću mogao utvrditi nedostatak hranjivih elemenata, te njihova koncentraciju u tlu, najsigurnije je izvršiti kemijsku analizu tla. Na temelju kemijske analize tla dobit će se i određeni zaključci koji će biti prikazani u grafičkom obliku. Rezultati Međimurske županije usporedit će se rezultatima Osječko – baranjske i Varaždinske županije. Postoje brojni postupci i metode kako procijeniti nedostatak pojedinih hranjiva za određenu kulturu. Simptomi suviška ili nedostatka pojedinoga elementa najčešće se primjećuju u vidu fizioloških i morfoloških promjena na biljci, ali koncentraciju elementa u minimumu vizualno je nemoguće procijeniti. Skrenut će se pozornost na kemijska i fizička svojstva tla.

Ključne riječi: tlo, funkcija tla u okolišu, svojstva tla, kemijska analiza tla, fizička svojstva tla

1.UVOD

Tloznanstvo je cjelokupna znanost o tlima, dok je pedologija fokusirana na tipove tla i njihov postanak. Dakle, pedologija je znanost o tlu, njegovu postanku, sastavu, građi i zakonitostima geografske rasprostranjenosti.

Predmet proučavanja pedologije vrlo je tanki površinski dio litosfere, čija je debljina prema čitavoj Zemljinoj kori vrlo mala. Ona je prirodno-povijeni sloj Zemlje izgrađen od raznih vrsta tala. U njoj se ukorjenjuju biljke, žive milijarde mikroorganizama i u njoj mnoge životinje provode svoj život. Za mnoge organizme tlo nije samo obitavalište, već oni imaju tijesne uzajamne veze s tlom te čine neodvojivu organsku cjelinu [2]. U radu će se prikazati koji su parametri bitni za nastanak tla, odnosno kako je tlo nastalo.

Obrađenim rezultatima dobivenim iz Bioinstituta analizirat će se fizikalno-kemijski elementi koji su potrebni za analizu tla, te će se na kraju temeljem svih dostupnih podataka izvući određeni zaključci.

2 . TLO

Tlo se može definirati na različite načine, opće prihvaćena definicija glasi: Tlo je rastresiti sloj na površini Zemlje, smješten između litosfere i atmosfere, nastao od matične stijene pod utjecajem čimbenika pedogeneze djelovanjem procesa pedogeneze [1]. Dakle, tlo je prirodna tvorevina nastala složenim procesima, usitnjavanjem i razgradnjom stijene, odnosno primarnih minerala od matične stijene i tvorbom novih, sekundarnih minerala. Tako nastala masa može držati vodu, i to omogućuje biotizaciju, odnosno naseljavanje bakterija, alga i lišajeva, gljivica i viših biljaka, najprije onih koje mogu izdržati skromne uvjete kao npr. sukulentne biljne vrste, a zatim kserofitima i ksenotermnom vegetacijom. Na takav način nastaje tlo. Od tog trenutka počinje njegova evolucija, odnosno proces razvoja tla, u kojem prolazi različite stadije koji traju od nekoliko desetaka tisuća godina do nekoliko milijuna godina.

Promatrajući plodnost tla kao najvažniju značajku, evolucija je u početnim stadijima progradacijska, što znači da se evolucijom povećava plodnost tla, a poslije odgovarajućega stadija ona otpada pa prelazi u na degradacijsku fazu. Razgradnjom ostataka vegetacije nastaje humus čija je funkcija višestruko korisna za sve sastavnice tla posebno za biljku. Iako je sadržaj u poljoprivrednim tlima vrlo malen, humus u tlo unosi i održava život. Ako bi tlo izgubilo humus, ono bi postalo stijena od koje je i tlo nastalo, i izgubilo svoju prvobitnu ulogu, a to je opskrba biljke vodom, hranjivima i zrakom. U tako nastalom tlu procesi razgradnje nastavljaju se intenzivnije jer otapanjem CO_2 (ugljičkov dioksid) u vodi nastaje H_2CO_3 (ugljična kiselina) koja još energičnije otapa trošinu stijene. Sva tla koja dolaze u obliku tankog sloja, vrlo rijetko dubljeg od jednog metra, prekrivaju veći dio našega planeta čine njenu petu i najmlađu sferu – pedosferu [1]. Za razliku od matične stijene koja je kompaktna i rastresita, pedosfera je uvijek rastresita. Prema tome tlo je sastavna jedinica pedosfere, kao što su stijene sastavne jedinice litosfere. Svi čimbenici tvorbe tla (reljef, vegetacija, matična stijena i čovjekov utjecaj) mijenjaju se na vrlo malom prostoru i na malim razmacima površine pedosfere izmjenjuju se različiti tipovi tla. Poljoprivredno tlo sadržava 0,5 – 5%, a tresetna tla i do 50% organske tvari [1].

2.1. Funkcija tla u okolišu

Globalne uloga tla su da:

1. osiguravaju i uvjetuju postojanje života na Zemlji
2. reguliraju kemijski sastav hidrosfere i atmosfere
3. osiguravaju postojanje uzajamnog djelovanja malog biološkog i velikog geološkog kruženja
4. akumuliraju kemijsku energiju (humusne materije) i aktivnu organsku materiju na Zemljinoj površini
5. reguliraju biosferne procese.

Tlo je uvjetno obnovljivo do neobnovljivo, ima socio-ekonomske, tehničko-industrijske i ekološke funkcije. Uvjetno obnovljivo tlo je oštećeno tlo kod kojeg se zahvatima sanacije ili procesima tvorbe tla može osigurati vraćanje ekoloških funkcija i ranije kakvoće. Sanacija tla je skup mjera za smanjenje ili uklanjanje oštećenja, te ponovno uspostavljanje funkcija [2]. Ekološke funkcije tla odnose se na sudjelovanja u proizvodnji biomase, hrane, sposobnosti tla da bude filter, izmjenjivač i pufer između atmosfere, hidrosfere i biosfere, obnovljive energije i sirovina, kao i biološko stanište i rezerva gena za okoliš prirodno okruženje i okruženje koje je stvorio čovjek.

Socio-ekonomske i tehničko-industrijske funkcije tla odnose se na tlo kao fizičku osnovu za industrijske, tehničke i socio-ekonomske strukture i njihov razvitak. Koriste se kao izvor mnogobrojnih sirovina, uključivo dobivanje vode i geogene energije, kao kulturna i geogena baština, kao dio kulturnog krajobraza, te kao čuvanje paleontoloških i arheoloških vrijednosti.

3. NASTANAK TLA

U nastavku rada bit će riječi o čimbenicima nastanka tla te će biti pojašnjen svaki od čimbenika.

3.1. Čimbenici nastanka tla

Kao što je prethodno spomenuto, tlo nastaje od litosfere odnosno matične stijene pod utjecajem brojnih pedogenetskih čimbenika. Četiri su glavna čimbenika pedogeneze: litosfera (matični supstrat), atmosfera, hidrosfera i biosfera [1]. Litosfera ima pasivnu ulogu, dok ostale tri sfere aktivno sudjeluju u razvojnim procesima pedosfere. Hidrosfera djeluje kretanjem i snagom vodenih masa, atmosfera najčešće oborinama, vjetrovima, toplinom i plinovima, a biosfera različitim organizmima, florom i faunom, te ljudskom aktivnošću. Od toga proizlazi da su glavni pedogenetski čimbenici:

1. klima
2. živi organizmi
3. matični supstrat
4. reljef
5. starost tla
6. ljudska aktivnost.

3.1.1. Klima

Klima je vrlo promjenjivi čimbenik postanka tla. Najvažniji su pokazatelji klime temperatura, vjetar, oborine i plinovi. Temperatura, oborine i plinovi koji dopijevaju na tlo prije svega uzrokuju biološku, kemijsku i fizičko trošenje te premještanje i preoblikovanje tvari u tlu. Vjetar uzrokuje eolsku eroziju te pospješuje isparavanje, transpiraciju, pojavu i širenje šumskih požara, a sve to znatno što utječe na postanak i razvoj tla [3].

Klimu Hrvatske najprije određuje njezin položaj u sjevernoj umjerenj širini. Najvažniji modifikatori koji jako utječu na klimu u Hrvatskoj jesu Dinaridi i njihov položaj, Jadransko more, otvorenost istočnih i sjevernih krajeva Panonske nizine te raznolikost vegetacijskog pokrova. U Hrvatskoj prevladava kontinentalni, planinski i primorski tip klime. Primorska klima obiluje vrućim i suhim ljetima, te blagim zimama.

Najviše kiše padne u kasnu jesen. U ljetnim sušnim mjesecima značajna je velika evapotranspiracija. Na višim nadmorskim visinama Gorskom kotaru, Lici i dalmatinskom zaleđu prevladava planinska klima. Područje planinske klime ima velike oscilacije u temperaturi noći i dana. Od oborina prevladavaju snijeg i kiša. Kontinentalna Hrvatska ima umjerenu kontinentalnu klimu koju karakteriziraju dosta izdiferencirana godišnja doba – proljeće, ljeto, jesen i zima [3]. Postoji velika godišnja temperaturna amplituda. Što znači da su ljeta vrlo vruća, a zime jako hladne. Ima manje oborina nego u sredozemnoj i planinskoj klimi te je jače izražena i pojava mrazeva. Ljeti se javljaju češća dulja ili kraća sušna razdoblja.

Oborine su također važan element klime. Područja Hrvatske koje obuhvaća Gorski kotar, Lika, jadransko priobalje, otoke i dalmatinsko zaleđe karakterizira godišnji hod u kojem najmanje oborina padne u toplom dijelu godine, odnosno pretežno u mjesecu srpnju, a maksimalne količine oborina padnu najčešće u studenome [3]. Ostala područja karakterizira uglavnom godišnji hod u kojem najmanje oborina padne u siječnju i veljači, a maksimalne količine oborina padnu u toplom dijelu godine, pretežno u lipnju.

3.1.2. Živi organizmi

Početak stvaranja tla započeo je kada su litosferu počeli naseljavati prvi živi organizmi. Organizmi nastanjuju biosferu, a to je zona koja obuhvaća dio atmosfere, hidrosferu, litosferu i pedosferu. Utjecaj organizama kao čimbenika postanka tla u Hrvatskoj se može podijeliti na utjecaj mikro i makroorganizama. U tlu žive različiti makroorganizmi i to cijeli život ili samo dio života, a dijele se na makrofaunu i makrofloru.

Makrofauna, u kojoj su najvažnije kišne gliste, sudjeluje u tvorbi stabilne strukture tla te miješa i prozračuje tlo [3]. Od makroflore važan je utjecaj travnih biljnih zajednica, poljoprivrednih površina i šumskih biljnih zajednica.

3.1.3. Matični supstrat

Matični supstrat je trošina matične stijene, od kuda kreće inicijalna faza razvoja tla. Procesi raspadanja uzrokuju stvaranje matičnog supstrata iz matične stijene, koji se mogu deklarirati kao geološki ili pedološki. U geološko-pedološke procese svrstavaju se procesi nastajanja trošine koja ostaje na mjestu postanka i čini supstrat za tlo. Procesi

koji utječu na stvaranje netopljivog ostatka u matičnih stijena koje se troše samo kemijski, pri čemu netopljivi ostatak ulazi izravno u sustav i procese inicijalnoga tla svrstavaju se u pedološke procese.

Matični supstrat ima jaki utjecaj na svojstva i na postanak tla. S obzirom na različitost načina trošenja, na veliku heterogenost supstrata na prostoru Hrvatske, te s obzirom na različitost načina trošenja i sastava matičnih stijena, u kombinaciji s ostalim pedogenetskim čimbenicima, matični supstrat dominantno pridonosi postanku velikoga broja različitih sistematskih jedinica tla u Hrvatskoj [3].

3.1.4. Reljef

Reljef utječe na procese tvorbe tla posredno, zbog čega pripada u pasivne čimbenike nastanka tla. Definira se kao oblik i položaj Zemljine površine u nekom prostoru [3]. Karakteriziraju ga vertikalne i horizontalne dimenzije. Svojim ravninama, udubinama i ispunama djeluju na preraspodjelu vode te u njoj otopljenih tvari, na premještanje čestica tla u obliku erozijskoga nanosa, na dospijevanje topline na tlo, na pojavu pojedinih vrsta vegetacije te na pojavu klizišta i odronjavanja.

Zaravnjenje reljefne forme prihvaćaju cjelokupnu atmosfersku vodu. U udubljenim reljefnim formama voda se nakuplja, a na uzvišenim dijelovima cijedi se niz padinu. Na taj način reljef utječe na vodo-zračne odnose, a isto tako i na procese nastanka tla. Inklinacija (nagib) može uzrokovati erozijske procese i tako onemogućiti razvoj pedogenetskih procesa [3]. Odnosnje organskih i mineralnih čestica tala, koje uzrokuje erozija na terenima s velikim nagibom, ometa na površini razvoj tla i sprječava njegovu daljnju evoluciju. Na taj način erozija može u sadašnjoj evoluciji sudjelovati u potpunom odnošenju tla (i zadržavanje pedogeneze stalno na inicijalnom stadiju) ili djelomičnom (kad se uspostavi ravnoteža stvaranja i spiranja tla na određenom stupnju stagnira i razvoj tla). S druge strane, zemljišni materijal zahvaćen i premješten erozijom, odlaže se na donjem dijelu u dolini pa kao koluvijalni materijal prekriva postojeća tla, prekida dosadašnju genezu, a može predstavljati i novi matični supstrat.

3.1.5. Starost tla

Kao ni reljef, starost tla nije materijalni čimbenik te pripada u pasivne pedogenetske čimbenike. Razdoblje nastajanja tla kroz trajnost utječe na djelovanje drugih

pedogenetskih čimbenika (matični suptrat, reljef, klima, živi organizmi, ljudska aktivnost) i procesa.

U pojedinim razdobljima geološke prošlosti Zemlje vladala je različita konstelacija pedogenetskih čimbenika i procesa pa je u tom smislu vrijeme uključeno u procese tvorbe tla [3]. Sukladno toj tvrdnji, tla prema starosti karakteriziramo kao recentna, reliktna i paleo tla.

Recentna tla su tla koja se razvijaju sukladno sa sadašnjim rasporedom pedogenetskih procesa i čimbenika. Po stupnju razvoja mogu biti i mlada tla, ali i evolucijski jače razvijena ili im razvoj može biti potpuno dovršen u skladu s tim čimbenicima, a to znači da je postignuta dinamička ravnoteža.

Reliktna tla imaju svojstva ili tvorevine sadržane (kao relikti) u profilima tla i nose obilježja prijašnjih kombinacija procesa i čimbenika, koji nastavljaju daljnji i suvremeni pedoevolucijski razvoj. Takva tla mogu se održavati ili sporije mijenjati, ali svojim podrijetlom mogu biti također po geološko-klimatskoj prošlosti relikti: iz starijeg holocena, iz pleistocena i iz pretpliocenskog razdoblja.

Paleo tla jesu stara tla koja su u pleistocenu zatrpana mlađim sedimentima, čime je potpuno ili djelomično prekinuta evolucija. U fosilnim tlima evolucija je potpuno prekinuta i velikim je dijelom prekrivena mlađim sedimentima ili se nalazi duboko u pukotinama krša. U dvoslojnim i višeslojnim pedološkim profilima ta stara tla djelomično (gdje su nanosi plići) ulaze u pedogenezu.

Pedogenetski čimbenik starost tla, odnosno trajanje razdoblja nastanka tla, ima iznimno velik utjecaj na fizikalna i kemijska svojstva tla, na mineralni sastav pojedinih čestica tla te na različitim pojedinim slojeva odnosno na pojavu većega ili manjega broja horizonata unutar pedološkog profila [3].

3.1.6. Ljudska aktivnost

Utjecaj čovjeka na postanak tla danas je sve više prisutan izvođenjem različitih hidrotehničkih i agrotehničkih zahvata vezanih uz intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju, kao na primjer organska i mineralna gnojidba, kalcifikacija, ravnanje tla, obrada tla, podrivanje, rigolanje, primjena navodnjavanja, izgradnja hidromelioracijskih

sustava osnovne i detaljne odvodnje, krlična drenaža i dr. Izvođenje navedenih zahvata manje ili više modificira pedogenetske čimbenike te mijenja, usporava ili ubrzava pedogenetske procese u tlu.

Utjecaj čovjeka na postanak tla manifestira se i odnošenjem (žetva i berba) priroda s poljoprivrednih površina te konstantnim smanjivanjem unosa organske tvari u tlo, zatim stvaranjem uvjeta za intenzivniju mineralizaciju humusa te degradacijom tla u smislu antropogenoga zbijanja. Sječom šuma čovjek mijenja vodni režim (razina vode se podiže) i ubrzava erozijske procese.

Na temelju toga može se reći da je čovjek iznimno važan čimbenik u postanku i razvoju tala.

4. KEMIJSKA SVOJSTVA TLA

Po kemijskom sastavu u tlima razlikujemo organske i anorganske sastojke. Iz primarnih minerala kemijskim procesima nastaju novi posve novi, u litosferi nepoznati spojevi [2]. Oni se uključuju u malo (biološko) i veliko (geološko) kruženje.

Glavni elementi koji izgrađuju pedosferu su kisik (O), vodik (H), ugljik (C), aluminij (Al), silicij (Si), kalcij (Ca), željezo (Fe), fosfor (P), natrij (Na), kalij (K), magnezij (Mg), sumpor (S), dušik (N), mikroelementi (Mn, Cu, B, Zn, Mo).

Kisik (O)

Kisika ima više u tlu nego u litosferi, oko 49%. Potrebne su dovoljne količine kisika za život biljaka u plodnim tlima. Važan je za oksidaciju i redukciju procesa u tlu i biogen je element.

Vodik (H)

Vodik se ne nalazi u litosferi. Pojavljuje se prilikom trošenja primarnih minerala. Ioni vodika vrlo su aktivni i mobilni u tlu, te su uzročnici kiselosti tla. Nalaze se vezani na adsorpcijskom kompleksu ili slobodni u otopini tla.

Ugljik (C)

Ugljik je biogeni element koji dolazi dijelom vezan u organskim spojevima. U humusu ga ima 58%, a u tlu oko 2%. Značajan je u velikom kruženju (stvaranju karbonata) i malom kruženju (organska tvar – CO₂).

Aluminij (Al)

Aluminij se u pedosferi nalazi na trećem mjestu po količini, a ima ga 7,13%. U crvenicama ga ima 12-18%. Najčešće se javlja u alumosilikatima (sekundarnim i primarnim). U kiselim tlima javlja se u ionskom obliku, npr. u podzolu. Sudjeluje u građi sekundarnih minerala (glina) i u vodenoj fazi tla je slobodan ispod pH 5.5. U kiselim tlima je mobilan pa je iznimno štetan za biljke.

Silicij (Si)

Nalazi se na drugom mjestu po količini u tlu, odmah poslije kisika. Pojavljuje se kao: kremen (SiO_2), proizvod je raspadanja stijene, raspadanja silikata, odnosno alumosilikata. Vrlo malo ga ima i u ionskom obliku.

Kalcij (Ca)

U tlu ga ima oko 1,37%, ali neka tla ga iznimno sadrže i do 10%. Najviše se pojavljuje u obliku sulfata, klorida i karbonata. Kalcij je biogen element neophodan za biljke. Ioni Ca štite od štetnih H^+ iona i čuvari su zakiseljavanja tla. Stvaranje mrvičaste strukture i koagulacija mineralnih koloida omogućuje vrlo povoljan vodno-zračni režim. Kalcij također omogućuje stvaranje kalcijevih huminohumuta (blagog humusa), te sekundarnih alumosilikata.

Željezo (Fe)

U našim ga tlima ima 3-10%, a dolazi po količini odmah nakon aluminijsa. Crvenica ga sadrži oko 20%. U tlu se najvećim dijelom nalazi u obliku oksida, a u ovisnosti o stupnju hidratiziranosti tlu daje različite nijanse crvene i smeđe boje [4]. Na njegovu migraciju utječu humusne kiseline iz grupe fulvokiselina koje imaju uloge zaštitivnih koloida. Željezo je mobilnije od aluminijsa. Biogen je element potreban za fiziološki rast i razvoj biljke. Ukoliko u tlu postoji deficit željeza, dolazi do kloroze – fiziološkoga poremećaja nedostatka željeza kod biljaka. Ona je štetna jer usporava vegetacijski rast biljaka te dovodi do slabe cvatnje sa štetnim posljedicama za plodove (manja veličina, slaba obojanost, slaba akumulacija šećera).

Fosfor (P)

Fosfor je biogeni element i u tlu ga ima prosječno oko 0,08% u obliku fosfata. Najzastupljeniji su minerali fosfora s aluminijem, kalcijem i željezom. Fosfor u tlu nastaje razgradnjom matičnih stijena (apatita). Organskog vezanog fosfora ima 40-60%, a anorganskog 40-80%. Anorganski oblici obuhvaćaju niz topivih i biljkama različito pristupačnih fosforinih spojeva.

Natrij (Na)

Natrij nije biogen element. Mnogo jače se ispire i zato ga u tlima ima manje od kalija (0,63%) [2]. Nalazi se u otopini tla i na adsorpcijskom kompleksu. Djeluje kao peptizator te je zbog toga njegova prisutnost u tlu nepovoljna odnosno utječe na disperziju mikroagregata uz pojavu ljepljivosti, pokorice i niza poteškoća u obradi tla. Tla sa visokim sadržajem natrijevih iona vrlo su loših fizikalnih značajki. U vlažnom stanju prelaze u bestrukturну masu, a u suhom su zbijena i kompaktna.

Kalij (K)

Kalij se dobro sorbira u tlu te mu je udio prosječno 1,36 %, dok ga u litosferi ima nešto manje. Sastavni je dio primarnih i sekundarnih minerala, a u tlu se nalazi u ionskom obliku. Kalij je biogeni element, a najvažniji oblik su adsorbirani ioni kalija koji služe kao biljna hrana.

Magnezij (Mg)

Magnezija u tlu ima prosječno oko 0,6%. Biogen je element i ulazi u građu klorofila. Dolazi u nekim silikatima, sekundarnim elementima i dolomitima. Gubi se erozijom, ispiranjem i iznošenjem hranjiva kod ubiranja priroda. Povoljno utječe na strukturu tla.

Sumpor (S)

Biogeni je element. U tlima se javlja u anorganskom (20%) i organskom (80%) obliku. U anorganskom obliku ga ima više u dubljim horizontima, a u organskom obliku ga ima najviše u površinskim horizontima. Potječe iz matičnih stijena gdje se najviše nalazi u obliku sulfida i prilikom njihovog raspadanja oslobađa se i brzo oksidira. Javlja se kao sulfat natrija, kalija, magnezija i kalcija [2].

Dušik (N)

U tlu ga ima više nego u litosferi (0,1 – 0,2 %). Dušik na tlo dolazi u obliku padalina. Važan je biogen element i biljkama je potreban u obliku organskih i anorganskih spojeva. Organski dio nije pristupačan za ishranu biljkama te je predstavljen humusom i nepotpuno razloženim biljnim i životinjskim ostacima. Zbog male količine dušika u tlu, a velikih potreba u ishrani bilja, u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji primjena dušika gnojidbom nezamjenjiva je agrotehnička mjera jer su pristupačne količine dušika

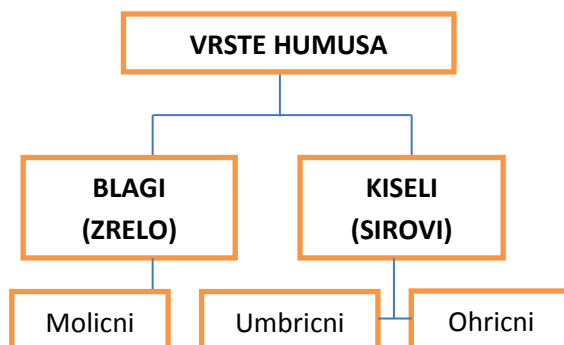
u tlu uglavnom nedovoljne za postizanje visokih prinosa [5]. Ukupna količina u tlu ovisi o čimbenicima kao što su vegetacija, klima, starost tla, matični supstrat i topografija terena.

Mikroelementi (Mn, Cu, B, Zn, Mo)

Mikroelementi su svi elementi koji se nalaze u niskim koncentracijama u tlu. Biogeni mikroelementi su mangan, cink, bakar, bor, molibden i željezo.

4.1. Humus

Humus je specifična tamna organska tvar tla, koja je nastala u procesima huminifikacije, tj. razgradnje prvotne organske tvari mikrobiološkim putem i sinteze (kondenzacije, polimerizacije) novih kompleksnih organskih tvari [2]. Može se smatrati kao cjelokupna mrtva organska tvar tla.



Slika 1. Podjela humusa

Specifične humusne tvari su molekularni kompleksni produkti procesa huminifikacije. Ima ih 85 – 95 % i nastali su polimerizacijom i kondenzacijom. Dijelevaju se na huminske i fulvo kiseline, humusne kiseline te humin.

Nespecifične humusne tvari ima 10-15%, a sastoje se od aminokiselina, ugljikohidrata, bjelačevina, poliuronskih kiselina, polifenola, aminosaharida, aktivnih tvari, smola i lignina te fermenta vitamina i antibiotika.

5. FIZIČKA SVOJSTVA TLA

U nastavku rada bit će riječi o teksturi tla, gustoći, strukturi, poroznosti, konzistenciji tla te o zraku i vodi u tlu.

5.1. Tekstura tla

Tekstura tla je postotak čestica gline, praha i pijeska u tlu i važan je za fizička svojstva tla. Primarne čestice (pijesak, prah glina, koloidi) nisu samostalne, nego se sljepljuju i dolaze kao složene sekundarne čestice [2]. Tekstura tla određuje kapacitet tla za vodu i zrak, vodopropusnost, hranidbeni potencijal, pogodnost tla za različite namjene i erodibilnost tla.

Tekstura tla se određuje postupkom prosijavanja i postupkom sedimentacije. Prosijavanje uključuje izdvajanje skeleta i krupnog pijeska. Sedimentacije čestica kroz tekućinu ovisi o svojstvima tekućine i o veličini čestice. Pri sedimentaciji se krute čestice u suspenziji gibaju pod djelovanjem sile teže.

5.2. Gustoća tla

Gustoća tla je omjer mase i volumena nekog tla. Pokazuje koliko je puta neki volumen tla lakši ili teži od volumena vode. Razlikuju se volumna gustoća tla i gustoća čvrste faze tla.

Volumna gustoća tla je vrijednost koja pokazuje koliko je puta masa nekog volumena prirodnog tla s porama teža od jednakog volumena vode [4]. Ta vrijednost dobije se iz odnosa mase potpunog suhog tla i njegovog volumena u prirodnom stanju. Volumna gustoća tla promjenjiva je s obzirom na obradu i zbijanje, ovisi o gustoći čvrste faze tla i poroznosti. Tla s većim udjelom humusa imaju manju volumnu gustoću, dok tla s manjim udjelom imaju veću gustoću. Ta vrijednost prije svega ovisi o strukturi tla.

Gustoća čvrste faze tla je vrijednost koja pokazuje koliko je puta masa tla bez pora (samo kruta sastavnica tla) teža od jednakog volumena vode [4]. Vrijednost se dobije iz odnosa mase suhog tla i njegovog volumena bez pore. Gustoća čvrste faze tla povezana je sa sadržajem organske tvari, ne ovisi o mehaničkom sastavu, strukturi i zbijenosti tla i

konstantna je veličina. Tla s većim udjelom organske tvari imaju manju vrijednost gustoće čvrste faze, dok tla s manjim udjelom imaju veću vrijednost.

5.3. Struktura tla

Pod pojmom strukture tla podrazumijevaju se oblik, veličina i način rasporeda strukturnih agregata u tlu. Ona nam pokazuje kako su pojedinačne čestice gline, praha i pijeska povezane u strukturne agregate. Strukturni agregati su hrpa ili gomila čestica tla poput mrvica, zrnca ili grude.

Strukture tla ima vrlo bitan utjecaj na kretanje vode i zraka u tlu, na biološku aktivnost i na rast korijenja. Mrvičasta struktura s promjerom agregata u promjeru 1-10 mm najpovoljnija je za plodnost tla. Smanjuje volumnu težinu tla i povećava poroznost.

Kategorije strukture tla:

1. masivna
2. agregirana
3. pojedinačno granulirana.

Masivna kategorija – čestice tla su sakupljene u kohenzivne blokove bez vidljivih strukturnih karakteristika. Tu spadaju glinovita tla.

Agregirana kategorija – čestice tla su sakupljene u različite strukture raznovrsnih oblika (kockasti, primatični, zrnati, stubasti i plosnati).

Pojedinačno granulirana kategorija – tlo je upotpunosti bestrukturno, čestice tla su potpuno odvojene. To su pjeskovita tla, odnosno pijesci.

U tlima s dobrom strukturom pore između agregata su relativno velike i omogućavaju brzo kretanje vode [6]. Glinovita tla s lošom strukturom imaju ograničeno kretanje zraka i vode.

5.4. Poroznost tla

Poroznost tla predstavljena je ukupnim slobodnim prostorom između strukturnih agregata (pore), izražava se u postocima [4].

Pore u tlu dijele se na mikropore (kapilarne) i makropore (nekapilarne). U mikroporama se nalazi voda koja se može kretati u descendentnom i ascendentnom smjeru. Određuje vodni režim tla. Mikropore prevladavaju u glinovitim tlima (>50%).

U makroporama se nalazi zrak, a voda se zadržava samo kratko. Kreće se descendentnim tokom (prema dolje). Utječu na propusnost tla za vodu i zrak. Makropore prevladavaju u pjeskovitim tlima (30%).

Ukupna poroznost tla povećava se količinom organske tvari. Dimenzije pora i njihov ukupan sadržaj značajno utječu na biološka svojstva i hranidbeni potencijal tla. Najbolji odnos makropora i mikropora je 1:1 ili 2:3 [4].

5.5. Konzistencija tla

Konzistencija tla predstavlja stanje sila kohenzije i adhenzije pri različitom sadržaju vode u tlu, a najviše je ovisna o vlažnosti tla i sadržaju gline. Kohenzija je međumolekularno privlačenje između istovrsnih molekula unutar nekog tijela ili tvari koja ih nastoji ujediniti, dok adhenzija znači međumolekularno vezanje između različitih materijala nakon što su dovedeni u međusobni kontakt. Konzistencija tla ovisi o teksturi, strukturi, vrsti gline, sadržaju organske tvari i vode u tlu. Na primjer, kohenzijske sile drže kap vode na okupu, a adhezijske sile su sile između različitih molekula (npr. vode i posude u kojoj se voda nalazi). Ako su adhezijske sile između stijenke tekućine i posude jače od kohezijske, tada se tekućina penje uz stijenkicu posude, a ako su kohezijske sile jače, tada se tekućina spušta niz stijenkicu posude [7].

Stanja konzistencija:

- zbijenost
- plastičnost
- ljepljivost
- koherencija.

Tlo prelazi od krutog, preko plastičnog do tekućeg stanja, ovisno o promjeni vlažnosti, odnosno o pritjecanju određenih količina vode. Većina prirodnih glina ima karakteristiku plastičnosti.

Zbijenost tla predstavlja otpor prodiranja različitih tijela, a izražava se u kg cm^{-2} . Najčešće se određuje pomoću elektronskih ili mehaničkih penetrometara. Od posebne je važnosti za obradu, rast i razvoj tla i ovisna je o koherenciji tla.

Plastičnost tla je sposobnost tla da se ono pri različitom sadržaju vode može modelirati, a da nakon sušenja zadrži svoj prvobitni oblik. Laboratorijskim postupcima određuju se donja i gornja granica plastičnosti, a iz njih se izračunava indeks plastičnosti [4].

Donja granica plastičnosti (granica krutosti) je stanje sa sadržajem vode u tlu kod kojeg se tlo može valjati u valjčice. Gornja granica plastičnosti (granica žitkosti) je stanje kod kojeg tlo prelazi iz plastičnog u tekuće stanje konzistencije. Takva razlika između donje i gornje granice naziva se indeks plastičnosti. Kada je sadržaj vlage tla ispod donje granice plastičnosti, tlo je pogodno za obradu.

Ljepljivost tla označava sposobnost tla da se lijepi za oruđa. Izražava se silom potrebnom da se odvoji od površine lijepljenja. Ljepljivost tla ovisna je o sadržaju vode i mehaničkom sastavu.

Koherencija tla jest sposobnost tla da se odupre silama koje imaju tendenciju drobljenja strukturnih agregata, odnosno sile koje drže čestice tla na okupu (agregate). Mjeri se silom koja je potrebna da bi se zdrobila jedinica volumena tla, a izražava se u kilogramima. Povećanjem sadržaja vode u tlu koherencija se smanjuje, a sile koherencije su veće u suhom, glinenom tlu. U tom slučaju adhezijske sile rastu, a kohezijske slabe. Pri povećanju vlažnosti tlo najprije prelazi u plastično stanje, a zatim u ljepljivo, pri čemu se ono lijepi za oruđa (svojstvo ljepljivosti) [4]. U takvim slučajevima obrada tla postaje otežana i dolazi do kvarenja zbijenosti i strukture tla.

5.6. Zrak u tlu

Ukupni volumni sadržaj pora u tlu označava zbir svih šupljika tla ispunjenih i zrakom i vodom, a izračunava se pomoću prave i volumne specifične težine tla [2]. Specifična težina prava izračunava se tako da se težina potpuno suhog tla podijeli volumenom koji zaprema neporozna masa istog tla. Neporozna masa tla se dobiva kuhanjem u destiliranoj vodi nekoliko minuta uz stalno miješanje kako bi se odstranio

zrak, te sušenjem na 105°C. Suzpenzija se nakon toga ohladi. Zatim se daljnjim postupcima računa prava specifična težina.

Tla prema ukupnom sadržaju pora dijelimo na vrlo porozna (preko 60%), porozna (45-60%), malo porozna (30-45%) i vrlo malo porozna (manje od 30% pora).

Kapacitet tla za zrak je sadržaj zraka u trenutku kada je tlo zasićeno do svog retencionog kapaciteta. Izračunava se jednostavno iz razlike ukupne sadržine pora i retencioniranog kapaciteta za vodu.

5.7. Voda u tlu

Voda ima važnu ulogu jer utječe na fizičke, kemijske i biološke značajke. Služi kao prenositelj i rastvarač biljnih hranjiva. Njezina uloga vidljiva je u trošenju minerala, tvorbi gline, tvorbi i razgradnji organske tvari, mikrobiološkoj aktivnosti i premještanju sastojaka tla. Nedostatak vode usporava rast šume čak i najbogatijim šumskim tlima. Ako je tlo vrlo dobro opskrbljeno vodom, a ima malo hranjiva, može rasti određena šumska zajednica. Primarni faktori koji djeluju na režim vode u tlu su vegetacija, priroda tla, topografija i klima.

Voda koja je ušla u tlo vlaži čestice, obavijen u tanjem ili debljem sloju čestice čvrste faze i u većoj ili manjoj mjeri popunjava šupljine tla u porama [2]. Jedan dio vode je samo u prolazu u profilu kroz tlo, a drugi dio se zadržava snagama tla. Zbog toga se voda u tlu pojavljuje u više oblika, a to su: voda u obliku vodene pare, filmska ili opnena voda, voda u obliku leda, kapilarna voda, voda temeljnica ili donja voda, higroskopna voda i cijedna ili gravitacijska voda.

6. KEMIJSKA ANALIZA TLA

Da bi kemijska analiza tla bila uspješna, potrebno je ispravno uzeti uzorak tla te kvalitetna priprema reprezentativnog uzorka određene površine.

Pouzdanost s kojom rezultati ispitivanja tla pokazuju pravo stanje tla na terenu, više ovisi o načinu na koji je uzorak obrađen i prikupljen, nego greške koje se događaju tijekom laboratorijskih analiza.

6.1. Određivanje pH vrijednosti tla

Pojam pH označava numeričku skalu koja se koristi za određivanje kiselosti ili lužnatosti. S obzirom na pH vrijednost tlo može biti kiselo (višak vodikovih iona u tlu), neutralno te alkalno (višak hidroksilnih iona u tlu) [8]. Prisustvo hranjiva u tlu ovisi o pH vrijednostima tla, naime, usprkos dovoljnoj količini hranjiva u tlu, biljke ih neće moći usvojiti svojim korjenovim sustavom zbog nepovoljne koncentracije H^+ iona, odnosno OH^- .

Važno je spomenuti dvije vrste kiselosti: aktualnu ili trenutnu (u H_2O) koju čine H^+ ioni u vodenoj fazi tla te supstitucijsku ili izmjenjivu (u KCl) koju pored H^+ ioni čine i ioni Fe (željezo) i Al (aluminij) koji se s površina koloidnih čestica supstituiraju (zamjenjuju) K^+ ionom iz KCl (kalijev klorid) otopine.

Određivanje pH vrijednosti može se odrediti na dva načina:

1. elektrometrijski (pH metar)
2. kolorimetrijski (pomoću indikatora).

Elektrometrijsko mjerenje radi se pH-metrom koji mjeri razliku u električnom potencijalu ovisno o prisutnosti H^+ iona. Postupak se odvija na način da se uzorak tla (10 grama) u jednoj čaši prelije s 25 ml destilirane vode što predstavlja aktualna kiselost, dok u drugoj čaši s 25 ml KCl (kalijev klorid) predstavlja supstitucijska kiselost [8]. Suspenzija se dobro promiješa i ostavlja se 20-30 minuta. Nakon toga se vrši mjerenje reakcije na pH-metru tako da kombiniranu elektrodu uronimo u suspenziju. Nakon što je prošlo nekoliko sekundi, na ekranu se očitava pH vrijednost tla.



Slika 2. pH metar

Tablica 1. Interpretacija reakcije tla

Reakcija otopine tla	pH – vrijednost
Ultra kisela tla	< 3.5
Ekstremno kisela tla	3.5 – 4.4
Vrlo jako kisela tla	4.5 – 5.0
Jako kisela tla	5.1 – 5.5
Umjereno kisela tla	5.6 – 6.0
Slabo kisela tla	6.1 – 6.5
Neutralna tla	6.6 – 7.3
Slabo alkalna tla	7.4 – 7.8
Umjereno alkalna tla	7.9 – 8.4
Jako alkalna tla	8.5 – 9.0
Vrlo jako alkalna tla	>9.0

Koristi se i **kolorimetrijsko određivanje** pH tla koje se temelji na primjeni pH indikatora koji daje specifične boje kad dođe u dodir s otopinom različitog pH [8].



Slika 3. *Indikatorski pH papir*

6.2. Određivanje lakopristupačnog fosfora i kalija AL metodom

AL metoda je postupak ispitivanja biljkama pristupačnog kalija i fosfora u tlu. Smatra se pogodnijom od ostalih jer se od istog ekstrakta određuje lakopristupačni kalij i fosfor, a pogodna je za određivanje lakopristupačnog fosfora u tlu sa širokim rasponom pH. Većina zemalja ovu metodu smatra kao službenu.

Za pripremu AL – otopine koriste se mliječna kiselina ($C_3H_6O_3$), amonij – acetat ($NH_4CH_3CO_2$) i 96% octena kiselina (CH_3COOH). Metoda se zasniva na ekstrakciji lakopristupačnog kalija i fosfora pufernom otopinom amonij-laktata čiji je pH 3,75 [8]. Nakon ekstrakcije kalij se očitava direktno plamen-fotometrom ili atomskim apsorpcijskim spektrofotometrom, a fosfor se u filtratu određuje spektrofotometrijskom metodom.

Fosfor je jedan od važnijih elemenata za metabolizam i rast biljaka. Ima ključnu ulogu u brojnim biljnim procesima kao što su fotosinteza, disanje, metabolizam energije, fiksacija dušika, regulacija enzima i sinteza nukleinskih kiselina i membrana. Pravilna ishrana fosforom utječe na brojne aspekte biljne proizvodnje kao što su oplodnja, cvatnja, te rast korijena. Ukupna koncentracija fosfora u tlu kreće se otprilike od 0,03 % do 0,20 % ($900-3000 \text{ kg ha}^{-2}$), a nalazi se u mineralnim i organskim oblicima. Najveći se dio fosfora nalazi u nepristupačnim i teško topivim oblicima za biljke. Mineralizacijom organske tvari u otopinu prelaze oksidirani oblici fosfora koji su

više ili manje pristupačni svim biljkama. Neorganski fosfor se u tlu nalazi u obliku tercijarnih, sekundarnih i primarnih fosfata ortofosforne kiseline (H_3PO_4). Za razliku od nitratnog iona, anioni fosforne kiseline (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} i PO_4^{3-}) u zemljišnoj se otopini nalaze u vrlo malim koncentracijama jer reagiraju s dvovalentnim i trovalentnim kationima (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Mn^{2+} ...) i s njima grade netopive ili slabo topive soli [8]. Primarni fosfati najbolje su topivi. Za određivanje fosfora koristi se još i Olsenova metoda koja je prihvaćena u svijetu, a koristi se za mjerenje raspoloživog fosfora koji je potreban biljci u tlu.

Tablica 2. *Opskrbljenost tla fosforom s obzirom na pH tla*

Fosfor P_2O_5 100 g^{-1}		
Opskrbljenost tla	pH < 6	pH > 6
Vrlo niska	< 8	< 5
Niska	8 – 16	5 – 12
Dobra	17 – 25	13 – 20
Visoka	26 – 45	21 – 305
Vrlo visoka	>45	>30

Kalij biljke koriste za svoj razvoj i rast gotovo u količinama kao i dušik. U biljkama sudjeluje u brojnim procesima kao što su zatvaranje i otvaranje puči, funkciju osmoze te brojnim metabolitičkim procesima. Raspoloživost kalija je povezana s procesima desorpcije i sorpcije, kao i fiksacije koje se odvijaju u tlu. Prilikom procjene raspoloživosti kalija u obzir se najčešće uzima mehanički sastav tla. Teža tla jače fiksiraju kalij pa sa sadržajem gline rastu granične vrijednosti, a kod nekih sadržaj humusa i klasifikacija.

Tablica 3. *Opskrbljenost tla kalijem s obzirom na teksturu tla*

Kalij mg K ₂ O 100 g ⁻¹ tla			
Opskrbljenost tla	Tekstura tla		
	lako	srednje	Teško
Vrlo niska	< 8	< 12	< 15
Niska	8 – 15	12 – 19	15 – 24
Dobra	16 – 25	20 – 30	25 – 35
Visoka	26 – 35	31 – 45	36 – 60
Vrlo visoka	>35	>45	>60

Budući da sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalija u tlu zavisi od niza faktora danas je u praksi metoda klasifikacije prema razredima raspoloživosti visoki, srednji i niski sadržaj fosfora u zemljištu. Manje se prakticira klasifikacija prema klasi opskrbljenosti tla. Reakcija tla (pH) jedan je od najznačajnijih faktora koji određuje pristupačnost fosfora biljkama. Pri tumačenju rezultata potrebno je uzeti u obzir pH vrijednosti tla.

6.3. Određivanje hidrolitičke kiselosti

Hidrolitička kiselost označava sposobnost tla da svoje ione adsorpcijskog kompleksa zamjenjuje s bazama iz soli jakih baza i slabih kiselina i oslobađa ekvivalentne količine kiseline. Reakcija tla inducira kemijsko stanje tla i utječe na niz fizikalno-kemijskih procesa koji određuju djelovanje gnojiva, mogućnosti uzgoja poljoprivrednih vrsta i njihov rast, pristupačnost i dinamiku hranjiva u tlo i drugo.

Hidrolitička ili potencijalna kiselost tla utvrđuje se neutralizacijom tla baznim solima najčešće Na- ili Ca-acetata (CH₃COONa) [8]. Tijekom reakcije dolazi do ionske izmjene iona aluminijskih (Al³⁺) i vodikovih iona (H⁺) i iona na adsorpcijskom kompleksu tla pri čemu dolazi do izdvajanja octene kiseline čija se količina utvrđuje titracijom nekim od pH indikatora (fenolaftalein). Iznos hidrolitičke kiselosti tla služi za izračunavanje stupnja zasićenosti tla bazama i kapaciteta adsorpcije kationa kao i za određivanje potreba u kalcizaciji.

6.4. Određivanje humusa

Humus ima više uloga u tlu, npr. poboljšava vodno-zračni režim, popravlja strukturu tla i dr. Stalnom obradom tla ubrzava se raspadanje organske tvari u tlu, što ujedno utječe na njegovu količinu u tlu. Jedna od najčešće korištenih metoda za utvrđivanje sadržaja humusa u tlu je bikromatna metoda.

Mokrim spaljivanjem organske tvari određuje se postotak humusa u tlu. Najprije se u čašu od 300 ml odvaže 1 gram zrakosuhog tla prethodno prosijanog kroz sito promjera 2 mm. Uzorku se doda 30 ml otopine 0,33 M $K_2Cr_2O_7$ (kalijev dikromat) i 20 ml koncentrirane sulfatne kiseline (H_2SO_4) [9]. Dobivena vruća smjesa odmah se stavlja u sušionik na 90 minuta, na temperaturu između 98 i 100 °C. Nakon toga čaše se vade iz sušionika i hlade te se u svaku od njih doda 80 ml destilirane vode. Mjeri se spektrofotometrijski nakon 24 sata kod 585 nm uz prethodno prelijevanje otopine u kivetu za mjerenje. Rezultat se izražava u postocima.

Tablica 4. *Klasifikacija humuznosti tla po Gračaninu*

Vrlo slaba humuzna tla	<1%
Slabo humuzna tla	1 – 3%
Dosta humuzna tla	3 – 5%
Jako humuzna tla	5 – 10%
Vrlo jako humuzna tla	>10%

6.5. Određivanje dušika u tlu

Glavni sastojak svih proteina je dušik, uključujući mnoštvo enzima koji reguliraju brojne biološke reakcije. Bilanca dušika u tlu većim djelom je negativna zbog lakog gubljenja dušika iz tla ispiranjem, denitrifikacijom, erozijom, volatizacijom i odnošenje žetvom. Zbog toga se gnojidba dušikom smatra kao obavezna agrotehnička mjera i provodi se svake godine. Dušik u tlu pojavljuje se u nekoliko oblika, a samo su neki dostupni biljkama. Kako bi bio dostupan biljkama, dušik mora biti općenito u mineraliziranom obliku.

Ukupni dušik obuhvaća mineralni i organski oblik, a određuje se metodom po Kjeldahlu. Metoda se temelji na razaranju uzoraka tla koncentriranom fenolsumpornom kiselinom uz zagrijavanje i uz prisustvo katalizatora.

S obzirom na klase opskrbljenosti tla ukupnim dušikom prema Woltmannu analizirani uzorci pripadaju u klase vrlo bogate i bogate do slabe opskrbljenosti, što je sukladno utvrđenoj količini humusa.

Tablica 5. Klase opskrbljenosti tla ukupnim dušikom prema Woltmannu (%)

A	<0,06	Slabo opskrbljeno
B	0,07 – 0,10	Umjereno opskrbljeno
C	0,11 – 0,20	Dobro opskrbljeno
D	0,21 – 0,30	Bogato opskrbljeno
E	>0,30	Vrlo bogato opskrbljeno

6.5.1. Određivanje amonijskog dušika (po Nessleru)

Ova metoda zasniva se na primjeni nesslerovog reagensa, odnosno alkalne otopine živina jodida (Hg_2I_2) u kalijevu jodidu (KI) i hidroksidu (OH^-), a ime je dobila po njemačkome kemičaru Juliusu Nessleru.

Amonijski oblik dušika (N_2) djelomično se nalazi u vodenoj fazi tla, a većinskim dijelom je adsorbiran na koloide tla [10]. Zbog te činjenice za ekstrakciju se koristi otopina KCl (kalijev klorid) jer se K^+ (kalij) zamjenjuje s NH_4^+ (amonijev kation) unutar kristalne rešetke i na površini koloida tla, ovisno o tipu sekundarnog minerala. Dokazivanje tog kationa obavlja se karakterističnom reakcijom s Nesslerovim reagenskom uz razvijanje kompleksa žute boje, prema reakciji [10]:



6.5.2. Određivanje nitratnog dušika (po Riehmu)

Važno je primijeniti optimalnu dozu dušika jer tako možemo pozitivno djelovati na okoliš i značajno uštedjeti. Zbog lakog ispiranja dušika iz zone korijenovog sustava vrlo

je važno izabrati kada provesti analizu, vodeći računa o dinamici i potrebama biljaka za nitratnim oblikom dušika.

Nitratni dušik tla (NO_3^-) ekstrahira se razrijeđenom otopinom natrijevog klorida (NaCl) iz nativnog tla (svježi uzorak tla) [10]. Nitratni ioni s difenilaminom su plave boje, čiji je intenzitet proporcionalan koncentraciji nitrata u otopini. Nakon mjerenja na spektrofotometru izračunava se količina nitrata uz kalibriranje pomoću serije standarda.

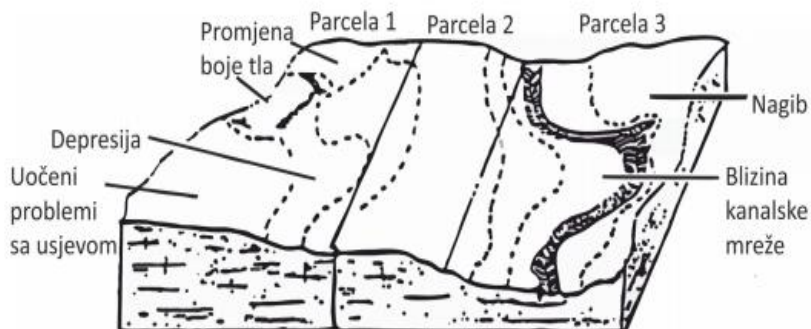
7.UZORKOVANJE TLA

Rezultati kemijske analize najviše ovise o kvaliteti uzorka tla koji predstavlja područje s kojeg je uzet. Da bi se analiza provela potrebna je količina uzorka od 0,5 do 1,0 kg tla. Vrlo je bitno pravovremeno uzeti uzorke tla primjenom odgovarajuće metodologije jer upravo uslijed nepravilnog uzorkovanja nastaje minimalno 75% grešaka analize.

Uzorci tla uzimaju se uvijek nakon žetve ili berbe i nikada poslije provedene gnojidbe [10]. Poželjno je izbjegavati sušne i vlažne periode jer tada uzet uzorak neće biti reprezentativan. Prije samog uzorkovanja tla za analizu potrebno je procijeniti heterogenost, odnosno homogenost proizvodne površine. Vizualnim pregledom terena vrlo lako se može utvrditi heterogenost proizvodne površine.

Indikatori heterogenosti tla:

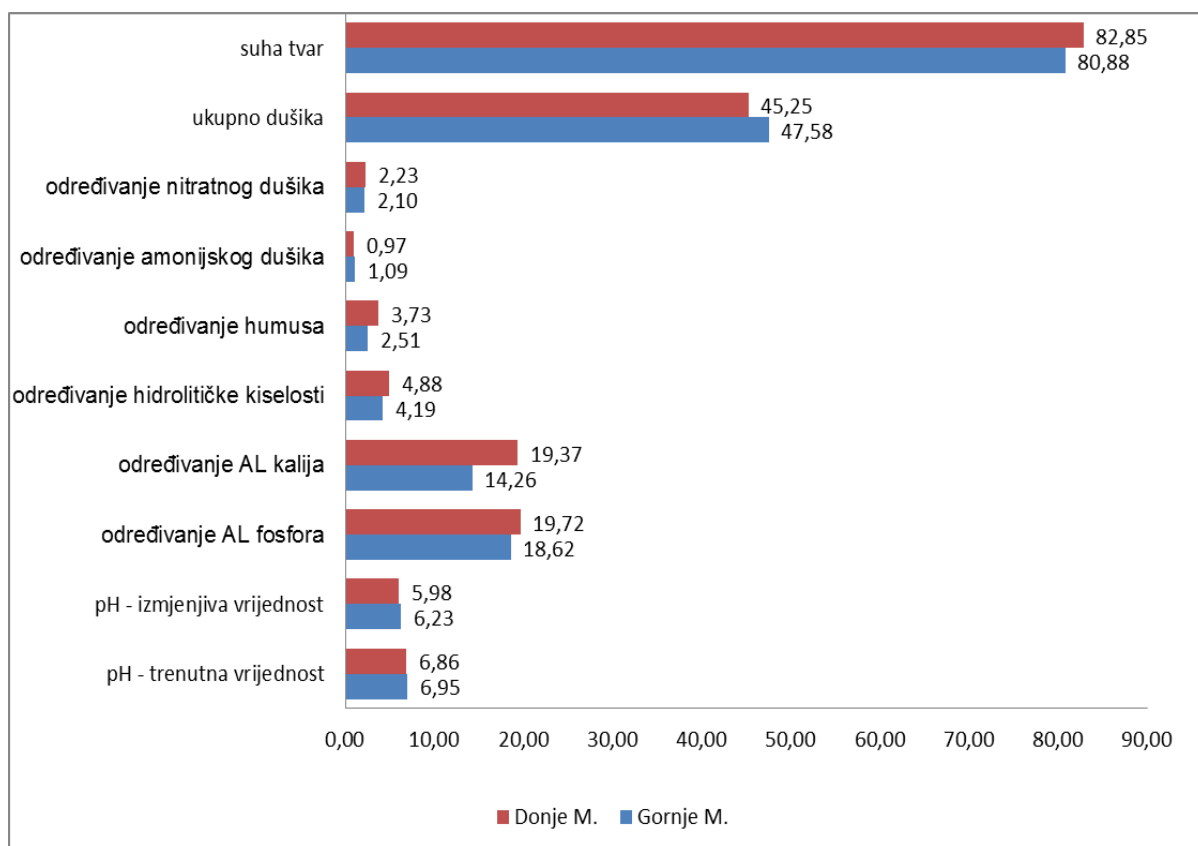
- razlike u boji (različit udio organske tvari, svjetlija ili tamnija površina uslijed različite vlažnosti, različita korovska vegetacija i dr.)
- različit mikroreljef (kanali, depresija, nagibi, ekspozicija, uzvišenja)
- neravnomjerna vodopropusnost (zadržavanje vode)
- teksturna neujednačenost (različita zbijenost).



Slika 4. Heterogenost parcela

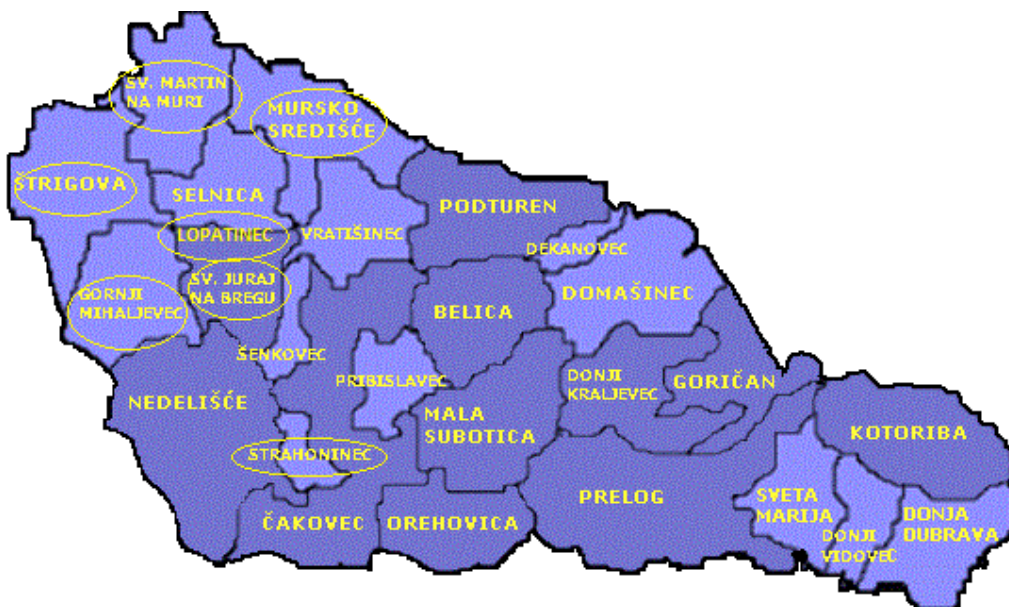
7.1. Rezultati analize tla

Rezultati kemijske analize tla dovode do vrijednih pokazatelja koji će biti prikazani grafički kako bi se lakše uočio odnos navedenih parametara između gornjega i donjega Međimurja. Za analizu je uzeto 10 uzoraka tla.

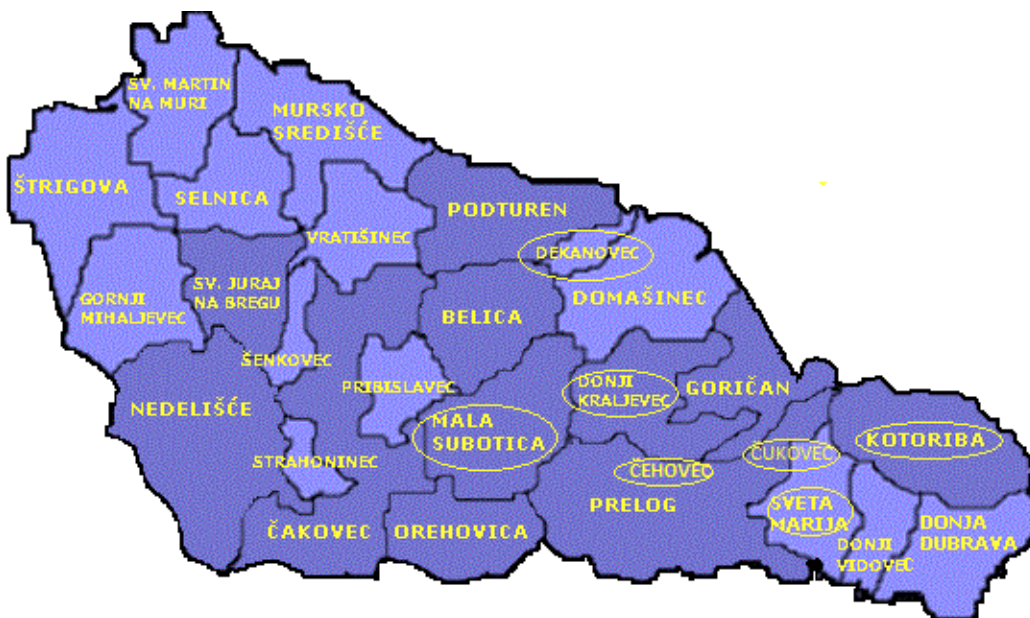


Grafikon 1. Grafički prikaz kemijske analize tla gornjeg i donjeg Međimurja

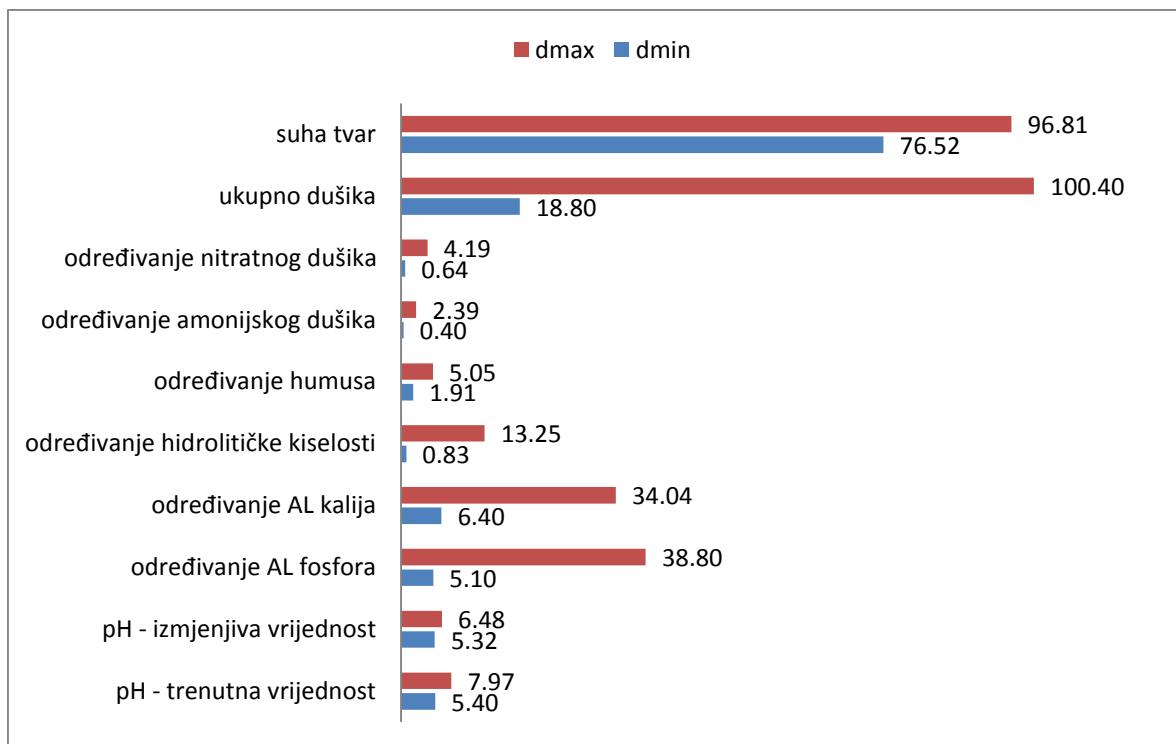
U grafičkom prikazu 1 vidljivo je da nema značajnijih odstupanja kod mjerenja navedenih parametara za navedena područja, parametri su blizu optimalnih vrijednosti ili nešto niže za uzgoj većine poljoprivrednih kultura.



Slika 5. Prikaz lokacija uzimanja uzoraka (gornje Međimurje)

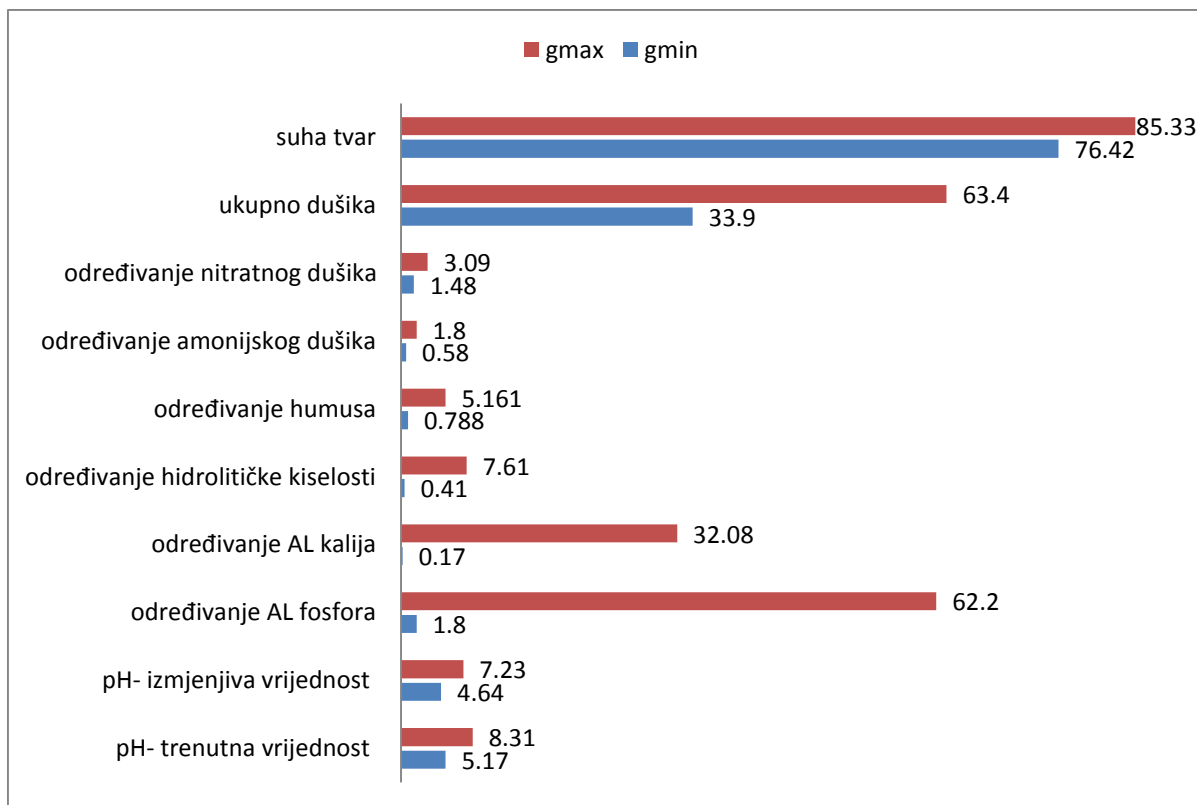


Slika 6. Prikaz lokacija uzimanja uzoraka (donje Međimurje)



Grafikon 2. *Min. i max. za donje Međimurje*

U grafičkom prikazu 2 prikazane su minimalne i maksimalne vrijednosti za područje donjega Međimurja.



Grafikon 3. *Min. i max. za gornje Međimurje*

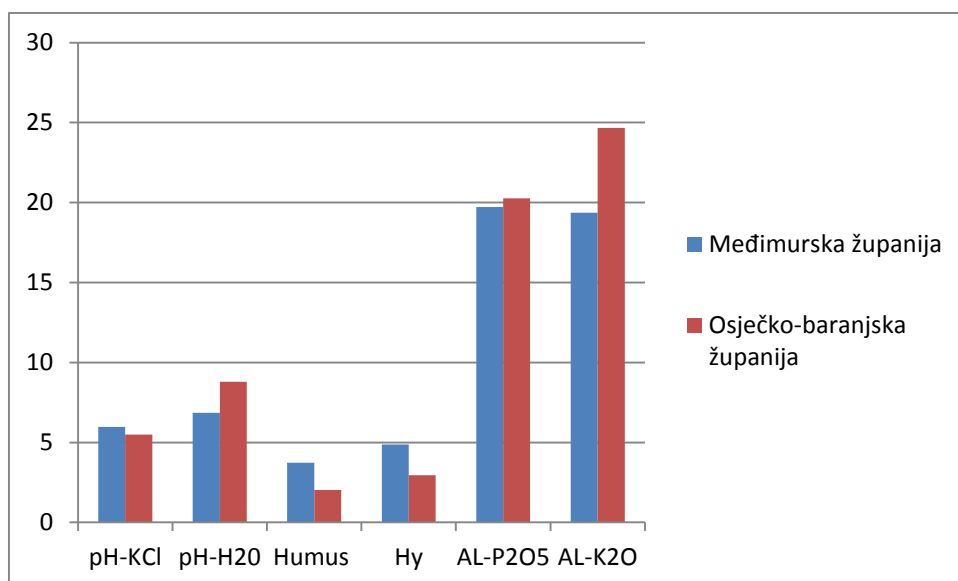
U grafičkom prikazu 3 prikazane su minimalne i maksimalne vrijednosti za područje gornjega Međimurja.

Tablica 6. *Rezultati kemijske analize tla za Osječko-baranjsku županiju*

Statistika	pH-KCl	pH-H ₂ O	Humus %	Hidraulička kiselost	AL-P ₂ O ₅	AL-K ₂ O
Prosjek	5,49	6,22	2,03	2,95	20,26	24,67
Minimum	3,41	3,94	0,23	0,00	0,40	3,60
Maksimum	8,20	8,79	10,00	14,00	66,60	51,00

Kako bi se usporedilo tlo Međimurske županije i Slavonije, uzeti su podaci Osječko-baranjske županije koji su prikazani u tablici 6. U tablici su vidljivi rezultati kemijske

analize tla koji će biti naknadno prikazani u grafičkom obliku u usporedbi s Međimurskom županijom.



Grafikon 4. Grafički prikaz kemijske analize tla Međimurske i Osječko-baranjske županije

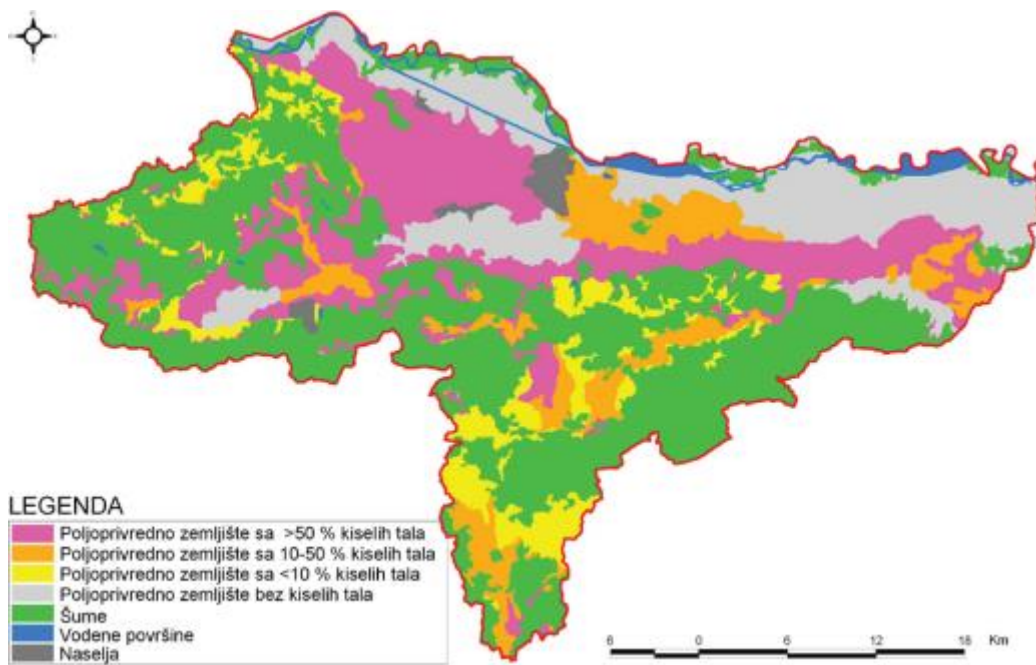
U grafikonu je vidljivo da Osječko-baranjska županija ima viši postotak trenutne pH vrijednosti (pH-H₂O), dok Međimurska županija prevladava u izmjenjivim pH vrijednostima (pH-KCl). Niska pH – vrijednost tla utječe na povećanu pokretljivost aluminija u tlu i na raspoloživost hranjiva. Visok pH izaziva višak kalcija i magnezija, manjak kalija i smanjenu raspoloživost mikroelemenata i gotovo uvijek dolazi do pojave kloroze što u ovom slučaju nije vidljivo.

Također grafikon pokazuje da Međimurska županija u tlu sadrži nešto više humusa što je rezultat korištenja tla i njegovog gospodarenja organskim tvarima (zaoravanje ili spaljivanje, primjena i količina organskog gnojiva, rotacija usjeva, dubina i učestalost obrade, sideracija, žetveni ostaci i dr.). Prema graničnim vrijednostima za sadržaj humusa u tlu prikazanih u tablici 4., tla Osječko-baranjske županije slabo su humuzna.

Razlika se može uočiti i u hidrolitičkoj kiselosti gdje Osječko-baranjska županija sadrži manje, što dovodi do zaključka da sadrži manju količinu kalcija za kalcizaciju.

Nešto veće odstupanje između dviju županija vidljivo je kod lako pristupačnog kalija gdje Međimurska županija ima znatno manji postotak. Međutim, nedostatak kalija i

fosfora vrlo je česta pojava jer ih biljke iznose u velikim količinama pa je gnojidba kalijem i fosforom redovita agrotehnička mjera.



Slika 7. Postotna zastupljenost kiselih tala na području Varaždinske županije

Na slici 7 nalazi se prikaz rasprostranjenosti kiselih tala u Varaždinskoj županiji. Podaci ukazuju na relativno visoki sadržaj kiselih tala u udjelu poljoprivrednih zemljišta ovog dijela Hrvatske. Dio tih tala nastao je nanosima iz Drave koji su izvorno siromašni kalcijem. Zakiseljavanje uzrokuju i mineralna gnojiva jer iz njih biljka koristi samo jednu sastavnicu, dok ostatak ostaje u tlu pa može promijeniti njegovu reakciju.

Na području Varaždinske županije mogle bi se s obzirom na zahtjeve prema reakciji podijeliti u nekoliko skupina: jako kisela reakcija (pH 4,0-5,5), kisela do slabo kisela (pH 4,8-6,2), kisela do neutralna reakcija (pH 5,3-7,0), slabo kisela do slabo alkalna (pH 5,6-7,3), neutralna i alkalna reakcija (pH 6,2-8,0).

U Međimurskoj županiji pH vrijednosti iznose 5,9-6,9 pa se može zaključiti da su ova tla u odnosu na tla Varaždinske županije slabo kisela do slabo alkalna. Višoj kiselosti tla u susjednoj županiji pridonosi gnojidba tla organskim i mineralnim

gnojivima, naime posebnost je varaždinskoga kraja tradicionalni i vrlo uspješan tov pilića – brojlera gdje se poslije svakog turnusa tova u peradarnicima gnoj distribuira na tlo okolnih poljoprivrednih gospodarstava. To je vrijedan gnoj koji od biljnih hranjiva u višim koncentracijama sadrži dušik i kalij, a nitrati iz toga gnoja zakiseljavaju tlo. Tom učinku jako doprinosi i izbor stelje, napose ako je to piljevina od hrastova drveta, što nije rijetkost. Tanini iz piljevine dodatno pridonose zakiseljavanju tla jer u tlu djeluju kao tzv. zaštitni koloidi [13].

ZAKLJUČAK

Tla su vrlo kompleksne prirodne tvorevine. Pružaju pogodan supstrat iz kojeg biljke mogu koristiti hranjiva, vodu i kisik te je prostor u kojem se razvija korjenova mreža koja biljku opskrbljuje svim prije navedenim supstancama. Da bi se znalo koliko hranjiva se nalazi u tlu te koji je dio na raspolaganju biljci, koristi se kemijska analiza tla, tijekom proizvodnje, odnosno nakon berbe ili žetve ili prije pokretanja poljoprivredne proizvodnje.

Meliorativnom gnojidbom gnoji se na zalihu i na veće dubine stavljajući težište na unos organske tvari (komposta, zelene gnojidbe i stajskog gnojiva) čime se povoljno djeluje na sadržaj humusa. Po potrebi se vrši kalcifikacija kiselih tla te se unose gnojiva s povećanim sadržajem hranjiva s ciljem podizanja plodnosti tla. Gnojiva se zaoravaju na punu dubinu rasprostiranja korijena (45-60 cm), a težište se stavlja na gnojiva koja sadrže veću količinu fosfora i kalija jer su ona slabo pokretna u tlu.

Vrlo je važno kvalitetno uzorkovanje tla za kemijsku analizu pa uzorak treba uzeti s više mjesta prema unaprijed utvrđenoj shemi, prema Pravilniku o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta. Uzorci tla uzimaju se i čuvaju sukladno HRN ISO 10381 – normama za uzorkovanje, a pripremaju se sukladno normi HRN ISO 11464 – priprema uzoraka tla za fizikalno-kemijske analize.

Parametri koji se koriste za analizu tla su: ukupni dušik (mikro – Kjeldahl metoda), humus (bikromatnom metodom), određivanje pH vrijednosti, određivanje fosfora i kalija (Al metodom), ukupni sadržaj karbonata u tlu (volumetrijsko određivanje), mikroelementi. U pojedinim članicama Europske unije analiza tla danas je preduvjet za isplatu poljoprivrednih potpora. Redovita analiza tla trebala bi biti svakih 4 – 5 godina. Norme koje se koriste za analizu tla su: HRN ISO 10390:2005 – određivanje pH vrijednosti, HRN EN ISO 11885:2010 – određivanje metala, HRN ISO 11465:2004 – određivanje suhe tvari i sadržaja vode.

Ishranjenost biljke jedan je od najbitnijih činitelja visokog i kvalitetnog prinosa poljoprivrednih kultura. Postiže se optimalnim sadržajem hranjiva u tlu i njihovom dostupnošću. Svaka poljoprivredna kultura traži određenu količinu hranjiva i dovoljnu opskrbjenost u određenim fazama razvoja i rasta.

Rezultati područja gornjega i donjega Međimurja ne odskaku ni u jednom parametru. U usporedbi s tlima iz Osječko- baranjske županije 90.593 ha ima supstitucijsku kiselost ispod 4,5 i hitno ih treba kalcizirati, 150.786 ha ima pH_{KCl} između 4,5 i 5,5 i treba ozbiljno razmotriti potrebu za njihovom kalcizacijom i 241.379 ha Osječko-baranjske županije (od ukupno 413.923 ha) ili 58,3% je kiselo.

Varaždinska županija ima znatno kiselija tla od Međimurske županije. U prirodi je vrlo rijetka pojava tako visoke kiselosti da biljka ne može primiti kalcija niti za podmirenje svojih fizioloških potreba. Jedan od rijetkih takvih slučajeva je ranker na šljunku u naselju Jalševac na rubu gradskog područja Varaždina, gdje je utvrđena pH vrijednost ispod pH 4. Na tom tlu kukuruz pokazuje nedostatak fosfora zbog tzv. kisele fiksacije, a u ekstremnom slučaju i deficijenciju kalcija. Rankeri ili humusno silikatna tla su nekarbonatna, a ovisno o prirodi supstrata i nadmosrkoj visini mogu biti neutralna, umjereno kisela i ekstremno kisela. Nastaju na silikatnim stijenama planinskog i brdskog područja, u uvjetima hladne klime i različite količine oborina. U Hrvatskoj se nalazi svega 1,6% površine ranker tla.

Rezultatima istraživanja u ovome radu moguće je planirati biljnu proizvodnju te adekvatnu gnojidbu bez koje nema visokih i stalnih prinosa, potrebne kvalitete proizvoda, niti profitabilnosti pa se gnojidba smatra najvažnijom agrotehničkom mjerom.

LITERATURA

- [1] Kisić, I. (2012). Sanacija onečišćenog tla. 2. izd. Zagreb, Agronomski fakultet
- [2] Vrbek, B. (2013). Tloznanstvo. 7. izd. Karlovac, Povjerenstvo za izdavačku djelatnost Veleučilišta
- [3] Husnjak, S. (2013). Sistematika tala Hrvatske. Zagreb, Hrvatska sveučilišna naklada.
- [4] Jug, D. Osnovne značajke tla.
http://suncokret.pfos.hr/~jdaniyel/literatura/OBsK/OBsK_07%20Osnovne%20znacajke%20tla.pdf (24.11.2015.)
- [5] Jug, I. Elementi ishrane bilja.
<http://ishranabilja.com.hr/literatura/tloznanstvo/Elementi.pdf> (03.12.2015.)
- [6] Benša, A.; Miloš, B. Fizikalna svojstva tla.
http://www.medp.unist.hr/moduli/pedologija/predavanja/Fizikalna_svojstva_tla.pdf (03.12.2015.)
- [7] Adhezija i kohezija. http://physics.mef.hr/Predavanja/stom_pov_tek/main8.html (04.12.2015.)
- [8] Jurišić, V. Važnost kemijske analize tla u biljnoj proizvodnji.
<http://suncokret.pfos.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI%2009%20MJESEC/Zavr%C5%A1ni%20%20radovi/Vedran%20Juri%C5%A1i%C4%87.pdf> (19.11.2015.)
- [9] Stošić, M. Pogodnost tala za podizanje trajnih nasada.
<http://www.sa.pfos.hr/~zloncaric/content/pdf/Diplomski%20Stosic.pdf> (24.11.2015.)
- [10] Đurđević, B. Praktikum iz ishrane bilja,
<http://suncokret.pfos.hr/~dsego/Praktikum%20iz%20ishrane%20bilja.pdf> (3.12.2015.)
- [11] Pravilnik o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta
- [12] Geostatistički model procijene potrebe za kalcijacijom tala Osječko-baranjske županije
- [13] Tomić, F., Basić, F. Značajke i uloge tala Varaždinske županije sa smjernicama održivog gospodarenja poljoprivrednim zemljištem
http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=194684