

# Pogodnost lesiviranih tala za navodnjavanje na području Istočne Hrvatske

---

**Alduk, Ante**

**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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:553607>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-26**



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  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Ante Alduk

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Bilinogojstvo

**Pogodnost lesiviranih tala za navodnjavanje na području Istočne  
Hrvatske**

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Ante Alduk

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Bilinogojstvo

**Pogodnost lesiviranih tala za navodnjavanje na području Istočne  
Hrvatske**

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Ante Alduk

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Bilinogojstvo

**Pogodnost lesiviranih tala za navodnjavanje na području Istočne  
Hrvatske**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. dr.sc. Vladimir Zebec, mentor
2. prof.dr.sc. Domagoj Rastija, član
3. mr.sc. Miroslav Dadić, član

Osijek, 2017.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Završni rad

Ante Alduk

### **POGODNOST LESIVIRANIH TALA ZA NAVODNJAVANJE NA PODRUČJU ISTOČNE HRVATSKE** **Sažetak:**

Navodnjavanje predstavlja hidrotehničku mjeru kojom se u tlo apliciraju dodatne količine vode koje su prijeko potrebne i nezamjenjive za optimalan rast i razvoj biljke tijekom vegetacije, a procjena pogodnosti tala za navodnjavanje predstavlja osnovu za planiranje izgradnje sustava kao i osnovu za razvoj poljoprivredne proizvodnje. Cilj istraživanja je utvrditi pedokemijske i pedofizikalne značajke lesiviranih tala te sadašnju i potencijalnu pogodnost, odnosno proizvodni potencijal za navodnjavanje na području Istočne Hrvatske te utvrditi mjere popravka ovih tala. Utvrđena suvišna kiselost i nizak sadržaj organske tvari, kao i pojava nepropusnog, zbijenog iluvijalnog horizonta glavni su čimbenici ograničenja koji u velikoj mjeri određuje produktivnost ovih tala. Provođenjem odgovarajućih agromelioracijskih mjera ovisno o dubini iluvijalnog horizonta, kiselosti i opskrbljenosti biljnim hranjivima te uklanjanjem utvrđenih ograničenja ova tla mogu biti svrstana u P-2 grupu pogodnosti, odnosno u umjereno pogodna ili umjereno ograničeno pogodna tla za navodnjavanje.

### **Ključne riječi: lesivirano tlo, pogodnost za navodnjavanje**

24 stranice, 3 slike, 18 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 Plant production

BSc thesis

Ante Alduk

### **Summary:**

Irrigation represents a hydraulic measure by which extra amount of water, that is essential and irreplaceable for an optimal growth and development of the plant during vegetation, is applied. Assessment of soil suitability represents a base for planning of building a system and for agricultural production.

Point of the research is to affirm pedochemical and pedophysical features of leached soil and current potential aptitude, i.e. production potential for irrigation in Eastern Croatia, and to affirm needed measures to repair those soils. The affirmed superfluous acidity and low content of organic carbon, as the appearance of leakproof, compact illuvial horizon are main limiting factors that determine productivity of those soils. By carrying out adequate agromelioration measures, depending on the depth of illuvial horizon, acidity and supply of vegetable nutrients, and by removing the confirmed limitations, these soils can be classified into the P-2 group of suitable, i.e. moderately suitable or limited moderately suitable soils for irrigation.

### **Key words:**

24 pages, 3 figures, 18 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
2. MATERIJAL I METODE.....	3
2.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA .....	3
2.1.1. Ektomorfološka svojstva.....	3
2.1.2. Endomorfološka svojstva.....	3
2.2. LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA .....	4
2.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla .....	4
2.2.2. Pedofizikalne analize .....	6
3. REZULTATI I RASPRAVA .....	11
3.1. Umjereno pogodna tla za navodnjavanje P-2 .....	20
3.2. Ograničeno pogodna tla P-3 .....	20
3.3. Dubinsko rahljenje tla.....	21
3.4. Kemijske agromeliorativne mjere .....	22
4. ZAKLJUČAK .....	23
5. POPIS LITERATURE .....	24

## 1.UVOD

Tlo kao jedan od najvažnijih faktora poljoprivredne proizvodnje sastoji se od čvrste, tekuće, plinovite i žive faze, te mijenjajući se u prirodnim ciklusima održava povoljnu plodnost i osigurava elemente neophodne za život (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Procjena njegovog prirodnog potencijala uključuje analizu agroekoloških uvjeta i načine korištenja tla. Proizvodni potencijal ili pogodnost određena je nizom kemijskih (pH reakcija, neophodna i korisna hraniva, kationski izmjenjivački kapacitet (adsorpcijski kompleks), sorpcijska sposobnost tla za hranivima, količina fiziološki aktivnih hraniva, sadržaj i oblik humusa), i fizikalnih faktora (retencijski kapacitet, dubina soluma, tekstura i struktura tla). Hrvatska ima povoljne uvjete za navodnjavanje odnosno kultura zasijanih na njima, za čiji su uzgoj važne klimatske prilike jer one određuju koje će se vrste odnosno sorte uzgajati.

Procjena pogodnosti tala za navodnjavanje izvršava se prema FAO metodi (FAO 1976).

Uvažavajući dominantnu sistematsku jedinicu tla unutar sastava kartiranih jedinica, te značajke kartiranih jedinica tla, utvrđena je pogodnost ili nepogodnost, stupanj pogodnosti i vrste ograničenja za primjenu navodnjavanja. Temeljem navedenog, kartirane jedinice tla procjenom pogodnosti su svrstane u redove, klase i potklase pogodnosti. Redovi određuju pogodnost (P) ili nepogodnost (N), klase stupanj pogodnosti odnosno P-1 pogodna, P-2 umjereno pogodna, P-3 ograničeno pogodna, te N-1 privremeno nepogodna i N-2 trajno nepogodna tla za navodnjavanje. Klasa P-1: pogodna tla bez značajnih ograničenja za navodnjavanje ili s ograničenjima kojaneće značajno utjecati na produktivnost, dobit i primjenu navodnjavanja. Klasa P-2: umjereno pogodna tla, s ograničenjima koja umjereno ugrožavaju produktivnost, dobit i primjenu navodnjavanja. Klasa P-3: ograničeno pogodna tla, s ograničenjima koja znatno ugrožavaju produktivnost, dobit i primjenu navodnjavanja. Klasa N-1: privremeno nepogodna tla, s ograničenjima koja u postojećem stanju isključuju tehnološki i/ili ekonomski opravdanu primjenu navodnjavanja. (Prskalo, 2013.)

Lesivirano tlo odnosno luvisol je slabo do umjereno kiselo tlo. Kiselost tla ili pH reakciju tla određuje sadržaj vodikovih iona u otopini, a može biti neutralna, kisela ili alkalna. pH reakcija tla uvjetuje dostupnost hranjiva u tlu, a optimalan pH za većinu biljka koji joj omogućuje podjednako usvajanje svih potrebnih elemenata za rast i razvoj je 6,5 pH jedinica.

Kako je lesivirano tlo umjereno kiselo onda nam je potrebno provesti kalcizaciju tla. Kalcizacija je agrotehnička mjera kojom se u kiselo tlo aplicira sredstvo koje sadrži Ca i/ili Mg s ciljem neutralizacije suvišne kiselosti tla i postizanja ciljne pH vrijednosti. Svaki materijal koji sadrži Ca i/ili Mg u oblicima koji mogu neutralizirati suvišnu kiselost podizanjem pH reakcije tla do

određene razine, ovisno o neutralizacijskoj vrijednosti i količini sredstva kalcizacijski materijali su kalcijevi i/ili magnezijevi karbonati, oksidi, hidroksidi i silikati. Najčešći kalcizacijski materijali su vapneni materijali i industrijski nusproizvodi. (Lončarić, 2016.).

Površina lesiviranih tala u Hrvatskoj je 703.215 ha odnosno 12.6%. Lesivirana tla nastaju u uvjetima semihumidne do humidne klime, a one podrazumijevaju oko 650 mm oborina godišnje i prosječnu godišnju temperaturu od 8 – 11°C. Na takvim područjima reljef je većinom ravan ili ponegdje valovit. Najviše u pojasu od 100 do 700 metara nadmorske visine. Vegetacija na lesu koja je prirodna su listopadne ili miješane šume. Nekad su bile većina livade i pašnjaci, a danas su najvećim dijelom oranice. Najčešći matični supstrati kod lesa su duboki, rastresiti, ilovasti s više od 10% gline, nekarbonatni ili umjereno karbonatni i dobre propusnosti za vodu. U Republici Hrvatskoj navodnjava se svega 9.264 ha ili 0,46% obradivih površina i prema veličini navodnjavanih površina Hrvatska se nalazi na jednom od posljednjih mjesta u Europi (Tomić i sur., 2007). Navodnjavanje predstavlja hidrotehničku mjeru poboljšavanja vodozračnih odnosa tla dodavanjem vode da bi se postigla optimalna vlaga za vrijeme vegetacije i time postigao optimalan urod zadovoljavajuće kvalitete (Prskalo 2013.). Rastija i sur. (2013.) navode kako je navodnjavanje mjera kojom se nadoknađuje manjak vode u tlu, te nadalje navode kako su ulazni podaci za proračun potrebne količine hidropedološke konstante tala, podaci o srednjim mjesečnim oborinama, koeficijenti usjeva, te prosječne mjesečne referentne vrijednosti evapotranspiracije za višegodišnje razdoblje. Cilj rada je utvrditi sadašnju i potencijalnu pogodnost, odnosno proizvodni potencijal lesiviranih tala na području Istočne Hrvatske za navodnjavanje te utvrditi mjere popravka ovih tala.



## **2. MATERIJAL I METODE**

### **2.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA**

#### **2.1.1. Ektomorfološka svojstva**

Ektomorfološka ili vanjska svojstva tla su reljef, živi i mrtvi pokrov. Reljef svojim formama (isponi, udubine, ravnice), te njihovim horizontalnim i vertikalnim dimenzijama djeluje kako u prošlosti tako i u sadašnjosti, na intenzitet navlaživanja, ispiranja unutar tla i sl. Živi pokrov čini vegetacija koja obrasta tla. Ona može biti rezultat čovjekove djelatnosti kao što su biljke na oranicama, voćnjaci, vinogradi, vrtovi, umjetni travnjaci i sl. Prirodni živi pokrov sačinjavaju livade, makije, šume. Ukoliko su poznata ekološka svojstva pojedinih vrsta i naročito biljnih zajednica, vegetacija nam može pružiti vrijedne informacije o svojstvima tala. Mrtvi pokrivač koji može biti ektomorfološki znak tla, čine uglavnom šljunkoviti odnosno kameni skelet, mrtva organska tvar na površini te tekuće i stajaće vode na pedosferi. Ektomorfološka svojstva se utvrđuju radom terenskih ekipa, a upoznaju se iz geomorfoloških, vegetacijskih i geoloških karata, fotografija i skica. (Škorić, 1991.)

#### **2.1.2. Endomorfološka svojstva**

U endomorfološka svojstva ubrajamo sklop profila tla, boja, tekstura, struktura, sadržaj karbonata u tlu te pedodinamske novotvorenine. Profil je vertikalni presjek tla koji pokazuje sukcesiju horizonata od površine do matičnog supstrata. Sklop tla čine horizonti, njihov broj, slijed, debljina, izraženost i prijelaz jednog u drugi. Dubina upućuje na prostor kojim se biljke koriste kao sidrištem u kojem se učvršćuju svojom rizosferom i kao veću ili manju masu tla koju proraštaju i u kojoj se nalaze uskladištene edafске vegetacijske faktore. Isto tako dubinom se označuje i suma svih debljina pedogenetskih horizonata, ali i dubina do koje čovjek intervenira. Zbog toga se može uvjetno razlikovati: pedološka, ekološka i tehnička dubina. Pedološka dubina je suma svih debljina horizonata soluma. Ekološka dubina je dubina rastresitog sloja koji značajnije naseljavaju organizmi. Tu se u biljnoj proizvodnji podrazumijeva dubina zakorjenjavanja, dakle rizosfera. Tehnička dubina je debljina horizonata i/ili slojeva do koje se tlo tretira za različite specifične namjene. (Škorić, 1991.)

## 2.2. LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA

### 2.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla

#### 2.2.1.1. Određivanje pH reakcije tla

Za određivanje pH reakcije tla na tehničkoj vagi odvaže se 10 grama tla koje se prenosi u čašu od 100 ml. Uzorci se zatim preliju s 25 ml destilirane vode, odnosno 1 M KCl ili 0,01 M CaCl<sub>2</sub>, te dobro promiješaju staklenim štapićem. Nakon 30 minuta vrši se mjerenje pH vrijednosti u suspenziji tla (1:5 w/v), pH-metrom koji je propisno kalibriran standardnim pufernim otopinama poznate pH vrijednosti. (Vukadinović i Bertić, 1988.)

Tablica 1. Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu (Škorić, 1982.)

Interpretacija	Rezultat
jako kisela	< 4,5
kisela	4,5–5,5
slabo kisela	5,5–6,5
neutralna	6,5–7,2
alkalna	> 7,2

#### 2.2.1.2. Određivanje sadržaja organske tvari (humusa) u tlu

Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (*HRN ISO14235:1994.*) koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom. Koncentracija organskog ugljika u uzorcima određena je spektrofotometrijski na spektrofotometru Varian Cary 50, a zatim je preračunata na sadržaj humusa koeficijentom 1,724. Za interpretaciju rezultata sadržaja organske tvari korištene su granične vrijednosti prikazane u tablici 2.4.

Tablica 2. Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu (Škorić, 1982.)

Interpretacija	Rezultat (%)
vrlo slabo humozno	< 1
slabo humozno	1–3
dosta humozno	3–5
jako humozno	5–10
vrlo jako humozno	> 10

#### 2.2.1.4. Određivanje sadržaja karbonata u tlu

Sadržaj karbonata u tlu određen je Scheiblerovim kalcimetrom u svim istraživanim uzorcima čije vrijednosti supstitucijske kiselosti prelaze 5,5 pH jedinica. Sadržaj karbonata određen je volumetrijskom metodom (*HRN ISO10693:2004.*) mjerenjem volumena CO<sub>2</sub> koji se iz karbonata tla razvija djelovanjem 10 %-tne HCl (klorovodične kiseline).

Očitana je volumen razvijenog CO<sub>2</sub> na skali graduirane cijevi te je količina CaCO<sub>3</sub> izračunata formulom:

$$\% \text{ CaCO}_3 = (\text{ml CO}_2 * F * 2,274 * 100) / \text{mg tla}$$

Za preračunavanje CO<sub>2</sub> u CaCO<sub>3</sub> u prethodnoj jednadžbi koristi se faktor 2,274, a faktor F je težina 1 ml CO<sub>2</sub> pri temperaturi i tlaku provođenja analize, a iščitava se iz tablice (Lončarić, 2005.). Za interpretaciju rezultata sadržaja karbonata u tlu korištene su granične vrijednosti prema Škorić (1982.) prikazane u tablici 3.

Tablica 3. Granične vrijednosti sadržaja karbonata u tlu (Škorić, 1982.)

Interpretacija	Rezultat (%)
slabo karbonatna	< 8
srednje karbonatna	8-25
jako karbonatna	> 25

#### 2.2.1.5. Određivanje hidrolitičke kiselosti tla

Hidrolitička kiselost tla utvrđuje se neutralizaciji tla višebaznim solima, pri čemu se vodikovi atomi ne zamjenjuju lužinama kod iste pH vrijednosti sredine. Najčešća primjena hidrolitičke kiselosti je kod utvrđivanja potreba za kalcizacijom ili kada je potrebno poznavati ukupnu potencijalnu kiselost nekog tla. Hidrolitička kiselost izražava se u mmol 100g<sup>-1</sup> ili cmol kg<sup>-1</sup> i predstavlja nezasićenost adsorpcijskog kompleksa lužnatim ionima. S 50 ml 1 M CH<sub>3</sub>COONa prelije se 20 grama zrakosuhog tla te se mućka na rotacijskoj mućkalici jedan sat i filtrira (ukoliko je filtrat mutan filtrira se dva puta). Zatim se otpipetira 10-25 ml filtrata, ugrije do ključanja da bi se uklonio CO<sub>2</sub>, dodaju se 1–2 kapi fenolftaleina i vruće filtrira s 0,1 M NaOH do pojave crvenkaste boje. (Vukadinović i Bertić, 1988.)

### **2.2.1.6. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom**

Pristupačni fosfor određen prema AL metodi odnosi se na frakciju topivu u vodi te u slabim kiselinama. Pristupačni fosfor u tlu određen je AL metodom ekstrakcijom tla s amonij laktatom (pH vrijednost ekstraktanta 3,75). Od dobivenog filtrata otpipetira se 10 ml u tikvicu od 100 ml, zatim se doda 9 ml 8 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i destilirane vode do pola tikvice. Tikvice se zagrijavaju na vodenoj kupelji te se doda 10 ml 1,44% amonij- molibdata i 2 ml 2,5% askorbinske kiseline. Nakon 30 minuta grijanja tikvica na vodenoj kupelji razvija se kompleks plave boje. Zatim se ohlade i nadopune destiliranom vodom do oznake. Mjerenje koncentracije P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u uzorcima i standardima vrši se na spektrofotometru na 680 nm (Vukadinović i Bertić, 1988.). Postupak identičan postupku s uzorcima provodi se paralelno sa standardima. Osnovni standard je zajednički za određivanje fosfora i kalija jer sadrži 0,1 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ml i 0,1 mg K<sub>2</sub>O/ml. Serija radnih standarda priprema se pipetiranjem po 0, 1, 5, 10, 20, 30, 40 i 50 ml osnovnog standarda u odmjerne tikvice od 200 ml i nadopuni se do oznake AL-otopinom. Takvi standardi predstavljaju količinu od 0,1, 5, 10, 20, 30, 40 i 50 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g tla i istu količinu K<sub>2</sub>O. Rezultat se izražava u mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na 100 grama tla.

### **2.2.1.7. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem**

Pristupačnost kalija utvrđuje se direktno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru (AAS – u) kod 766,5 nm uz prethodnu kalibraciju uređaja standardnim otopinama koncentracija unutar kojih se nalaze koncentracije uzoraka. Rezultat se izražava u mg K<sub>2</sub>O na 100 grama tla

## **2.2.2. Pedofizikalne analize**

### **2.2.2.1. Higroskopna vlaga**

Određivanje higroskopne vlage tla obavljeno je metodom sušenja do konstantne mase. Staklene posudice sa brušenim poklopcem se osuše na 105°C do konstantne mase i izvažu. Zatim se u njih odvaže 2,00 - 10,00 g zračno suhog uzorka tla, ovisno o teksturi i humoznosti. Nakon toga se stavljaju u električni sušionik, ali poklopci na posudicama moraju ostati koso položeni da se omogući nesmetan gubitak vlage iz uzorka tla. Sušenje se odvija na 105°C u trajanju od 3 sata. Zatim se uzorci prenose u vakuum eksikator, hlade i važu. Potom se stave u električni sušionik i suše 1 sat, pa se opet hlade i važu. Postupak se ponavlja dok dva uzastopna mjerenja ne budu

ista, odnosno dok se ne postigne konstantna masa. Prilikom serijskih određivanja obično se zračno suhi uzorak tla suši na 105 °C neprekidno 5 sati, jer se smatra da se za navedeno vrijeme isparila sva higroskopna vlaga, odnosno da se postigla konstantna masa. Nakon isteka vremena posudice se prenose u vakuum eksikator na hlađenje i važu. Vrijednost higroskopne vlage se dobije na slijedeći način:

$$H_y (\% \text{ mas.}) = b - c / c - a$$

$H_y$  = higroskopna vlaga tla, % mas.

a = masa staklene posudice sa poklopcem, g.

b = masa staklene posudice sa poklopcem i zračno suhog uzorka tla, g.

c = masa staklene posudice sa poklopcem i apsolutno suhog uzorka tla, g.

#### 2.2.2.2. Teksturni sastav tla

Kvantitativni odnos pojedinih mehaničkih elemenata predstavlja teksturu odnosno granulometrijski ili mehanički sastav tla. Granulometrijskom analizom tla izdvajamo pojedine skupine (frakcije) mehaničkih elemenata. U istraživanju je primijenjena ISO metoda, koja se zasniva dijelom na principu prosijavanja, a dijelom na principu sedimentacije u mirnoj vodi. Odvagano je 10 g zrakosuhog tla u plastičnu bocu od 500 ml i preliveno s 25 ml 0,4 n otopine  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$ , promućkano i ostavljeno da stoji preko noći. Sljedeći dan dodano je 250 ml vode i mućkano 6 sati na rotacijskoj mućkalici. Nakon toga se pristupilo određivanju pojedinih frakcija. Suspenzija tla je nakon mućkanja kvantitativno prenešena u cilindar za sedimentaciju preko garniture sita s otvorima promjera 0,2 i 0,06 mm. Na sitima su ostale dobro isprane čestice pijeska, koje su zatim sa sita prenesene u porculansku zdjelicu, otparene su na vodenoj kupelji, osušene u električnom sušioniku na 105 °C do konstantne mase i odvagane. Postotni udio čestica pijeska izračunavao se prema izrazu:

$$\% \text{ krupnog pijeska (KP)} = \text{masa ostatka na situ (g)} / \text{masa aps.suhog tla (g)} \times 100$$

$$\% \text{ sitnog pijeska (SP)} = \text{masa ostatka na situ (g)} / \text{masa aps.suhog tla (g)} \times 100$$

Kada je suspenzija tla prenesena preko sita u cilindar za sedimentaciju, ostatak do 1000 ml dopunjen je destiliranom vodom. Zatim je cilindar zatvoren čepom i mućkan 1 minutu uvijek u istom smjeru, kako bi se postigla potpuna homogenizacija suspenzije, tako da se u svakih 10 ml suspenzije nalazi 1/100 uzorka odnosno 0,1 g. Potom je cilindar ostavljen da miruje uz skidanje čepa. Po isteku vremena od 4 minute i 44 sekunde pipetom je s dubine od 10 cm odpipetirano 10 ml suspenzije. Suspenzija iz pipete prenesena je u porculanski lončić, otparena na vodenoj kupelji, osušena u električnom sušioniku, ohlađena i odvagana. Frakcija praha i gline izračunata je prema izrazu:

$$\% \text{ praha i gline (Pr+G)} = (a - 0,0068) / 0,1 \times 100$$

gdje je a masa čestica (g) u 10 ml suspenzije, a 0,0068g = masa  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$  u 10 ml suspenzije.

Cilindar sa suspenzijom ostavljen je da miruje te se zatim se nakon 8 sati s dubine 10 cm (odnosno 4 sata s dubine 5 cm) pipetiralo 10 ml suspenzije koja je također otparena, osušena, ohlađena, odvagana te je izračunat sadržaj čestica gline prema izrazu:

$$\% \text{ gline (G)} = (a - 0,0068) / 0,1 \times 100$$

gdje je a masa čestica (g) u 10 ml suspenzije, 0,0068g = masa  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$  u 10 ml suspenzije.

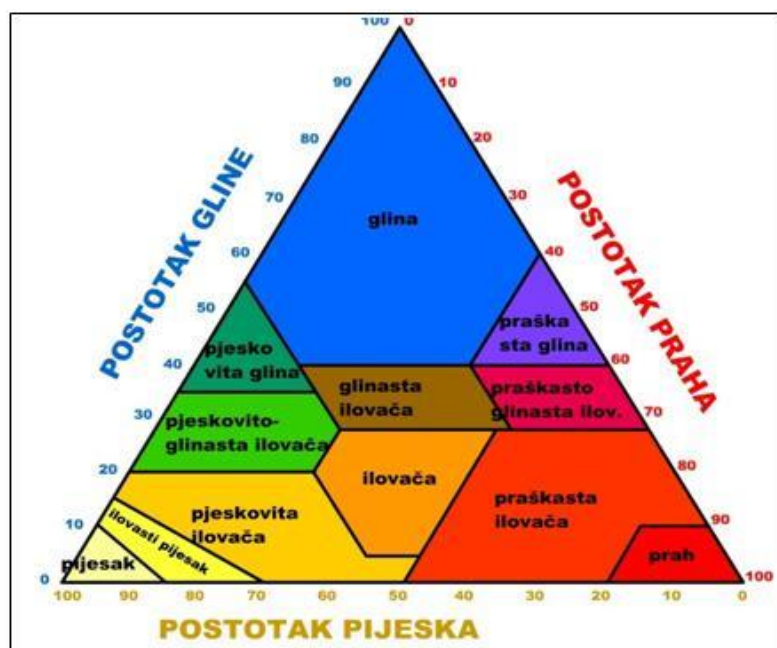
Fracija sitnog praha određena je tako da se od sadržaja (postotka) čestica gline i praha oduzeo sadržaj (postotak) čestica gline prema izrazu:

$$\% \text{ sitnog praha (SPr)} = \% \text{ praha i gline} - \% \text{ gline}$$

Udio čestica krupnog praha izračunat je tako da se od 100 % oduzme zbroj udjela ostalih čestica prema izrazu:

$$\% \text{ krupnog praha (KPr)} = 100 \% - (\% \text{ krupnog pijeska} + \% \text{ sitnog pijeska} + \% \text{ praha} + \% \text{ gline})$$

Interpretacija kvantitativnog udjela mehaničkih elemenata obavljena je na temelju američke klasifikacije teksture prema teksturnom trokutu (Soil Survey Staff, 1951.) prikazanom na slici 1.



Slika 1. Teksturni trokut ((Soil Survey Staff, 1951.), prilagodio:autor )

### 2.2.2.3. Poroznost tla

Pore u tlu (Škorić, 1982.) predstavljaju slobodne prostore između strukturnih agregata tla i unutar njih, ali i između mehaničkih elemenata kada su tla bestrukturna. Ukupni sadržaj pora u tlu ili ukupna poroznost tla je zbroj svih šupljina tla ispunjenih zrakom i vodom. Sadržaj pora dobiven je računskim putem koristeći vrijednosti volumne gustoće ( $\rho_v$ ) i gustoće čvrste faze tla ( $\rho_s$ ) prema sljedećem izrazu:

$$P = (1 - (\rho_v / \rho_s)) \times 100$$

Za interpretaciju rezultata poroznosti tla korištene su granične vrijednosti prema Gračanin (1947.) prikazane u tablici 4.

Tablica 4. Granične vrijednosti sadržaja pora u tlu (Gračanin, 1947.)

Interpretacija	Rezultat( % vol.)
vrlo porozna	> 60
porozna	60-45
malo porozna	45-30
vrlo malo porozna	< 30

### 2.2.2.4. Retencijski kapacitet tla za vodu

Apsolutni kapacitet tla za vodu, po Kopeckom, predstavlja količinu vode koju tlo sadrži nakon 24 sata pošto je prethodno bilo maksimalno zasićeno vodom.

Određuje se u laboratoriju pomoću uzoraka tla u nenarušenom stanju uzetim u cilindre Kopeckog poznatog volumena (najčešće 100 cm<sup>3</sup>). Originalnom metodom se uzorci u cilindrima uranjaju direktno u vodu pri čemu dolazi do značajnih gubitaka tla. To je bio osnovni razlog da je prof. Gračanin razradio novu metodu određivanja retencijskog kapaciteta tla za vodu. Cilindar sa tlom i donjom mrežicom se stavlja na postolje obavijeno filter papirom čiji su krajevi uronjeni u vodu. Voda se ascendentno diže preko filter papira i postepeno vlaži uzorak. Kada se ovlaži površina uzorka (pojave se kapljice vode) stavlja se na suhi filter papir pod stakleno zvono oko 20 minuta dok se ne odstrani suvišna voda sa mrežice. U tom trenutku je uzorak zasićen do retencijskog kapaciteta tla za vodu, odnosno mikropore su zasićene vodom, a makropore zrakom. Uzorak se važe. Od odvage se odbije masa metalnog cilindra i mrežice da dobijemo masu vlažnog uzorka tla u gramima. Nakon toga uzorak se suši u električnom sušioniku na 105°C stupnjeva do konstantne mase, hladi u vakuum eksikatoru i ponovno važe. Od odvage se odbije masa cilindra i mrežice i dobijemo masu apsolutno suhog uzorka tla.

Tablica 5. Granične vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za vodu (Škorić, 1982.)

Interpretacija	Rezultat (% vol)
vrlo mali	< 25
mali	25-35
srednji	35-45
veliki	45-60
vrlo veliki	> 60

#### 2.2.2.5. Retencijski kapacitet tla za zrak

Kapacitet tla za zrak (Škorić, 1982.) je sadržaj zraka u tlu kad je ono zasićeno do retencijskog kapaciteta tla za vodu, što znači da su makropore ispunjene zrakom, a mikropore vodom.

Kapacitet tla za zrak određen je računskim putem pomoću izraza:

$$K_z = P - K_v \text{ (% vol.)}$$

Za interpretaciju rezultata retencijskog kapaciteta tla za zrak korištene su granične vrijednosti prikazane u Tablici 6.

Interpretacija	Rezultat (% vol)
vrlo mali	< 4
mali	4-8
srednji	8-12
veliki	12-16
vrlo veliki	> 16

#### 2.2.2.6. Zbijenost tla (gustoća pakiranja)

Gustoća pakiranja čestica ( $G_p$ ) služi za procjenu zbijenost tla, a izračunata je iz postotnog udjela čestica gline i volumne gustoće tla prema izrazu:

$$G_p \text{ (g/cm}^3\text{)} = \rho_v + 0,009 \times \% \text{ gline}$$

Za interpretaciju rezultata gustoće pakiranja korištene su granične vrijednosti prema (Škorić, 1991.) prikazane u Tablici 7.

Za volumnu gustoću tla korištene su prosječne literaturne vrijednosti za pojedini tip tla te je tako za aluvijalno tlo korištena volumna gustoća od 1,4 g/cm<sup>3</sup>, za lesivirano tlo 1,5 g/cm<sup>3</sup> te za ritsku crnicu 1,6 g/cm<sup>3</sup>

Tablica 7. Granične vrijednosti gustoće pakiranja tla (Škorić, 1991.)

Interpretacija	Rezultat (% vol)
slabo zbijeno tlo	< 1,4
srednje zbijeno tlo	1,4-1,75
jako zbijeno tlo	> 1,75



### 3. REZULTATI I RASPRAVA

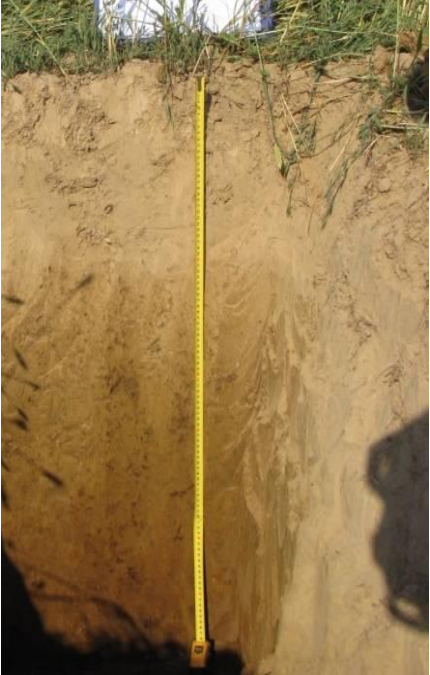
Provedenim terenskim i laboratorijskim istraživanjem na sedam profila na istraživanom području prema važećoj klasifikaciji tala utvrđeno je lesivirano tlo, dijagnosticiranjem karakterističnog iluvijalnog (Bt) horizonta na istraživanim profilima. Za lesivirani tip tla značajno je da nastaje ispiranjem čestica gline što nam govori i sami naziv tipa tla koji dolazi od francuske riječi „lessive“ kojom se upućuje na proces ispiranja gline. Lesivirana tla nastaju na područjima na kojima je omogućeno ispiranje gline i nakupljanje u podpovršinsku zonu tla. Ta tla nastaju i razvijaju se najvećim dijelom na području humidne klime, odnosno u uvjetima u kojima je omogućeno descedentno kretanje oborinske vode. Tu klimu obilježava i česta te kratkotrajna sušna razdoblja u kojima se stvaraju duboke pukotine u tlu kroz koje se može ispirati glina. Mogu nastati i na perhumidnoj klimi, na terenima s nešto izraženijim nagibom. Kod ovog tla dominantno vlaženje je na automorfan način odnosno vlaženje isključivo oborinskom vodom koja može i kratkotrajno stagnirati zbog slabije vodopropusnosti iluvijalnog horizonta (Husnjak, 2014.; Škorić, 1977.)

Istraživana tla su praškasto ilovaste do ilovaste teksture u površinskom antropogenom oraničnom horizontu uz utvrđeni sadržaj čestica gline od 10,12% na profilu P4 do 26,42% na profilu P6. Ispod ovih površinskih horizonata nalaze se iluvijalni horizonti praškasto ilovaste do praškasto glinaste ilovaste teksture sa sadržajem čestica gline od 16,57% na profilu P4 do 34,01% na profilu P5 (Tablica 9.). Husnjak (2014.) posebno napominje da je sadržaj čestica gline u iluvijalnom horizontu znatno veći od sadržaja gline u eluvijalnom horizontu.


Utvrđena stabilnost mikrostrukturnih agregata imala je raspon od malo stabilnih (35,00) na profilu P4, ali jedino na tom profilu dok su ostali dosta stabilni do stabilnih (79,20) na profilu P7 (Tablica 9.). Međutim, Husnjak je utvrdio da su ova tla vrlo malo stabilna do nestabilna u humusno-akumulativnom i eluvijalnom horizontu. Ova tla su sva malo porozna s malim do osrednjim retencijskim kapacitetom tla za vodu te vrlo malim na profilima P2, P5 i P6 do malim retencijskim kapacitetom tla za zrak na profilima P7, P3 i P1. Rezultati gustoće pakiranja ukazuju da su oranični horizonti na P1, P2, P3 i P4 srednje zbijenosti, a na profilima P5, P6 i P7 jake zbijenosti kao i zbijenost podoraničnih horizonta osim na profilima P2, P3 i P4 na kojima je srednja zbijenost. Popravak zbijenosti tla se najbolje obavlja dubinskom obradom tla odnosno podrivanjem koje ćemo opisati kasnije u radu. Reakcija tla u oraničnom horizontu je jako kisela do kisela s utvrđenim supstitucijskim aciditetom od 3,76 pH jedinice na profilu P1 do 4,73 na profilu P6. Da takva tla odnosno ti luvisoli imaju pH ispod 5 potvrđuje nam i Martinović (1997.). Prema Rastiji (2006.) niske vrijednosti supstitucijske kiselosti posljedica

su uznapredovalih procesa debazifikacije i pojačane acidifikacije površinskih horizonata uslijed descedentnog kretanja vode uz utvrđene količine oborina za ovo područje od preko 700 mm/god. Smanjenje velike kiselosti istraživanih tala i povratak na optimalnu razinu reakcije tla odnosno pH vrijednosti su opisane kasnije u mjerama popravka tla. Rezultati istraživanja različitih autora pokazuju kako je u Republici Hrvatskoj velika zastupljenost tala s prosječnom količinom humusa oko 2 % (Popović, 2009.), a na takvo stanje prije svega utječe suvremena poljoprivredna proizvodnja i nedovoljno unošenje organske tvari u tlo. Sadržaj humusa u oraničnom sloju na uzorkovanim profilima se kreće od 1,21% na profilu P6, dok su na svim ostalim profilima uzorci pokazali da je postotak humusa iznad 1,42 pa sve do 2,37% na profilu P5. Husnjak (2014.) navodi da se postotak humusa na oraničnom sloju ne kreće iznad 3% te premda je tlo slabo zasićeno bazama, organska tvar dobro je humificirana, iako sadržaj fulvokiselina prevladava u odnosu na sadržaj huminskih kiselina. U zadnjih stotinjak godina u Istočnoj Slavoniji se humus izgubio približno 50-70 % i sa 4-6 % spao na 1-2 % humusa u prosjeku. Dehumizacija je proces prisutan na svim poljoprivrednim tlima Hrvatske. Tako je vrijednost humusa kod hidromelioriranih tala za 20-tak godina sa 6-10 % spala na 4-5 %. Kod luvisola, količina humusa kod oraničnih tala kreće se od 1,5-2,5 %, a isto tako i kod antropogeniziranog pseudogleja. Te vrijednosti ukazuju da ipak treba u agrikulturnim operacijama voditi računa o ciklusu vraćanja organske tvari u tlo. (Vidaček i sur. 2005.). Opskrbljenost oraničnih horizonata biljci pristupačnim  $P_2O_5$  je u rasponu od umjereno do bogato opskrbljenih tala s rasponom od 14,6 do 36,50 mg/100g tla, a opskrbljenost tla biljci pristupačnim  $K_2O$  je umjerena do bogata i kreće se u rasponu od 23,42 do 34,19 u oraničnim horizontima. Opskrbljenost podoraničnih horizonata je izrazito siromašna do umjereno siromašna (Tablica 8.). Svojstva tla su značajan faktor prinosa ratarskih kultura, a većina poljoprivrednika nema osnovne informacije o svojim tlima. Stoga autori navode kako bi analiza tla trebala postati uobičajeno pomoćno sredstvo kod preporuka za gnojidbu. U intenzivnom korištenju lesiviranog tla u poljoprivredi kao što su i svi izvađeni uzorci u ovome radu, potenciraju se daljnji procesi zakiseljavanja i ispiranja čestica gline, što postupno dovodi do daljnjeg pogoršavanja vodozračnih odnosa, do smanjenja stabilnosti strukturnih agregata, mineralizacije humusa i dr. U planiranju daljnjega korištenja lesiviranih tala u intenzivnoj poljoprivredi potrebno je voditi računa o spomenutim oblicima mogućeg oštećenja tla te o vađenju uzoraka i planiranju poboljšanja stanja te korištenja na održivi način. (Husnjak, 2014).


Pedomorfološke značajke profila P1: Lesivirano tipično tlo

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	P	0-25	Boja tla:svijetlo sivo žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura:- CaCO <sub>3</sub> :-
	Bt	25-55	Boja tla:smeđe žuta Tekstura:ilovača Struktura:- CaCO <sub>3</sub> :-
	Bt/C	55-72	Boja tla:smeđe žuta Tekstura:pjeskovita ilovača Struktura:- CaCO <sub>3</sub> :-
	C	72-	Boja tla:žuto smeđa Tekstura: ilovasti pijesak Struktura:- CaCO <sub>3</sub> :-


Pedomorfološke značajke profila P2: Lesivirano tipično tlo

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0-34	P	Boja tla: sivo smeđa Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	34-69	Bt	Boja tla: smeđa Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	69-115	C	Boja tla: žuta Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO <sub>3</sub> : -


Pedomorfološke značajke profila P3: Lesivirano tipično tlo

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0-37	P	Boja tla: siva Tekstura: Ilovača Struktura: pjeskovita CaCO <sub>3</sub> : -
	37-82	Bt	Boja tla: svijetlo smeđe siva Tekstura: Ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	82-140	C	Boja tla: smeđa Tekstura: Pijesak Struktura: pjeskovita CaCO <sub>3</sub> : -


Pedomorfološke značajke profila P4: Lesivirano tipično tlo

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0-34	P	Boja tla: siva Tekstura: Ilovača Struktura: sitno mrvičasta do pjeskovita CaCO <sub>3</sub> : -
	34-90	Bt	Boja tla: smeđe žuta Tekstura: Pjeskovita ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	90-144	I-III C	Boja tla: smeđe žuta Tekstura: Pijesak Struktura: pjeskovita CaCO <sub>3</sub> : -

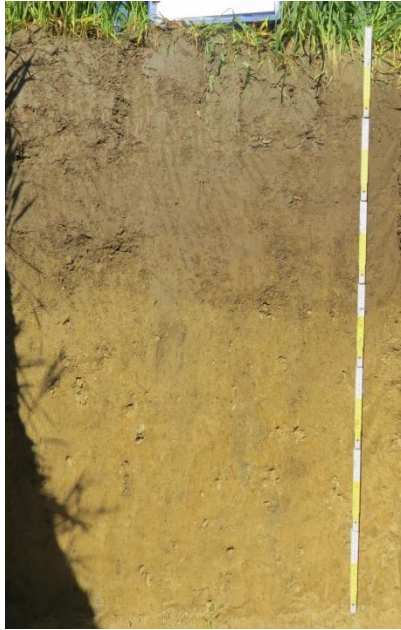
Pedomorfološke značajke profila P5: Lesivirano pseudoglejno tlo na lesu

Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0-36 P	Boja tla: maslinastosmeđa Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	36-75 Btg	Boja tla: mramorirano smeđe siva Tekstura: Praškasto glinasta ilovača Struktura: krupno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	75-91 BtgC	Boja tla: smeđe žuta Tekstura: Praškasto glinasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : +
	91-130 CGso	Boja tla: mramorirano žuta Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO <sub>3</sub> : +++

Pedomorfološke značajke profila P6: Lesivirano tipično tlo

Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0-38 P	Boja tla: sivo smeđa Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	38-72 Bt	Boja tla: sivo smeđa Tekstura: Praškasto glinasta ilovača Struktura: krupno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	72-145 C	Boja tla: žuta Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO <sub>3</sub> : +++

Pedomorfološke značajke profila P7: Lesivirano tipično tlo na lesu

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0-38	P	Boja tla: sivo smeđa Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	38-66	Bt	Boja tla: mramorirano smeđe siva Tekstura: Praškasto glinasta ilovača Struktura: krupno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : +
	66-140	C	Boja tla: žuta Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO <sub>3</sub> : +++

Tablica 8. Kemijska svojstva istraživanih tala

Profil	Dubina	Reakcija tla (pH)		Al-P2O5	Al-K2O	Humus	CaCO <sub>3</sub>	Hidrolitska kis.
	(cm)	(H2O)	(KCl)	mg/100g	mg/100g	%	%	cmol H+/100g
1	0-25	7,05	6,29	14,6	23,65	2,01	1,25	
	25-55	7,05	5,58	6,5	22,54	0,79	2,08	
	55-72	7,27	6,17	6,0	7,09	0,43	2,5	
	72-	7,04	5,45	6,8	4,1	0,33	1,66	
2	0-34	5,71	4,56	36,50	23,42	1,42		3,85
	34-69	6,54	5,00	25,03	12,59	0,52		2,01
	69-115	6,97	5,42	25,84	9,14	0,64		1,31
3	0-37	5,33	3,91	26,96	28,66	1,44		5,03
	37-82	5,43	4,22	5,30	34,05	0,75		3,06
	82-140	6,30	5,26	5,41	5,45	0,45		0,92
4	0-34	5,05	3,83	23,44	27,19	2,11		5,82
	34-90	5,53	4,18	4,40	31,91	0,80		3,68
	90-144	6,03	5,13	1,74	4,47	0,57		1,23
5	0-36	5,58	4,15	30,67	34,19	2,37		5,47
	36-75	6,42	5,00	7,16	18,74	0,76		2,36
	75-91	7,06	5,88	8,08	16,21	0,85	0,84	
	91-130	8,34	7,66	2,34	9,16	0,41	11,72	
6	0-38	6,74	5,22	16,08	24,29	1,21		1,75
	38-72	7,24	5,49	6,73	19,07	0,73		1,58
	72-145	8,90	7,75	1,92	8,82	0,59	16,50	
7	0-38	6,44	5,10	25,01	29,76	1,75		2,54
	38-66	6,90	5,44	8,26	20,10	1,19		1,75
	66-140	8,84	7,84	1,98	8,86	0,40	20,31	

Tablica 9. Fizikalna svojstva istraživanih tala

Profil	Dubina	K. Pijesak	S. Pijesak	Krup. Prah	Prah	Glina	Teksturna oznaka	Stabilnost mikroagregata	
	(cm)	%						Ss	Ocjena
1	0-25	6,56	22,84	28,91	25,10	16,60	praškasta ilovača	65,9	dosta stabilni
	25-55	9,24	25,63	22,02	18,69	24,41	ilovača		
	55-72	20,29	47,72	5,12	9,57	17,31	pjeskovita ilovača		
	72-	13,90	67,20	8,50	3,60	6,80	ilovasti pijesak		
2	0-34	1,94	10,38	57,45	12,17	18,05	praškasta ilovača	70,80	stabilni
	34-69	0,30	7,20	50,57	20,61	21,32	praškasta ilovača		
	69-115	0,37	10,31	62,65	12,57	14,09	praškasta ilovača		
3	0-37	20,73	28,12	25,80	14,34	11,01	ilovača	53,20	dosta stabilni
	37-82	16,48	25,06	22,81	16,60	19,04	ilovača		
	82-140	36,60	54,84	2,71	3,43	2,42	pijesak		
4	0-34	20,36	29,48	20,12	19,93	10,12	ilovača	35,00	malo stabilni
	34-90	26,59	30,75	12,47	13,62	16,57	pjeskovita ilovača		
	90-144	43,07	43,44	6,02	4,84	2,62	pijesak		
5	0-36	1,05	1,55	44,65	32,95	19,79	praškasta llovača	66,00	dosta stabilni
	36-75	0,37	1,06	32,94	31,63	34,01	praškasto glinasta ilovača		
	75-91	0,15	1,19	36,55	31,99	30,12	praškasto glinasta ilovača		
	91-130	2,60	1,91	45,90	32,65	16,94	praškasta llovača		
6	0-38	1,27	1,31	39,43	31,56	26,42	praškasta llovača	75,10	stabilni
	38-72	0,98	0,84	37,24	31,25	29,69	praškasto glinasta ilovača		
	72-145	5,06	2,41	46,01	30,09	16,42	praškasta llovača		
7	0-38	1,73	1,29	38,58	32,18	26,22	praškasta llovača	79,20	stabilni
	38-66	0,69	0,80	35,32	29,21	33,99	praškasto glinasta ilovača		
	66-140	5,70	2,53	43,46	32,41	15,90	praškasta llovača		

Tablica 10. Fizikalna svojstva istraživanih tala

Profil	Dubina (cm)	Poroznost		Retencijski kapacitet tla za vodu		Retencijski kapacitet tla za zrak		Gustoća tla (g/cm <sup>3</sup> )		Gustoća pakovanja	
		%	Ocjena	%	Ocjena	%	Ocjena	δv	δč	g/cm <sup>3</sup>	Ocjena
1	0-25	43,03	malo porozno	37,24	osrednji	5,79	mali	1,57	2,76	1,72	srednja zbijenost
	25-55	44,28	malo porozno	37,04	osrednji	7,24	mali	1,56	2,81	1,78	jaka zbijenost
	55-72	44,26	malo porozno	35,18	osrednji	9,08	osrednji	1,58	2,83	1,73	srednja zbijenost
2	0-34	37,83	malo porozno	36,27	osrednji	1,56	vrlo mali	1,55	2,50	1,49	srednja zbijenost
	34-69	38,76	malo porozno	35,95	osrednji	2,80	vrlo mali	1,56	2,55	1,50	srednja zbijenost
3	0-37	36,62	malo porozno	29,55	mali	7,07	mali	1,65	2,61	1,59	srednja zbijenost
	37-82	39,86	malo porozno	32,72	mali	7,14	mali	1,55	2,58	1,49	srednja zbijenost
4	0-34	37,28	malo porozno	30,78	mali	6,49	mali	1,65	2,64	1,59	srednja zbijenost
	34-90	43,07	malo porozno	31,32	mali	11,75	osrednji	1,53	2,70	1,47	srednja zbijenost
5	0-36	39,00	malo porozno	36,02	osrednji	2,97	vrlo mali	1,57	2,58	1,75	jaka zbijenost
	36-75	38,54	malo porozno	35,19	osrednji	3,35	vrlo mali	1,62	2,63	1,92	jaka zbijenost
6	0-38	40,86	malo porozno	37,12	osrednji	3,74	vrlo mali	1,56	2,65	1,80	jaka zbijenost
	38-72	38,79	malo porozno	36,26	osrednji	2,53	vrlo mali	1,62	2,65	1,89	jaka zbijenost
7	0-38	42,93	malo porozno	37,00	osrednji	5,93	mali	1,53	2,68	1,77	jaka zbijenost
	38-66	39,43	malo porozno	34,73	mali	4,70	mali	1,61	2,66	1,91	jaka zbijenost



Temeljni kriteriji vrednovanja su prema FAO, 1976., a modifikacija prema Vidačeku (1981.). Redovi određuju pogodnost (P) ili nepogodnost (N) tla za navodnjavanje, klase stupanj pogodnosti odnosno P-1 pogodna tla, P-2 umjereno pogodna ili umjereno ograničeno pogodna tla, P-3 ograničeno pogodna tla za navodnjavanje, te klase N-1 privremenu i klase N-2 trajnu nepogodnost tla odnosno zemljišta za navodnjavanje.

Potklase pogodnosti i nepogodnosti određuju vrstu i intenzitet ograničenja tla za navodnjavanje, uvažavajući kriterije i zahtjeve intenzivne poljoprivredne proizvodnje u uvjetima navodnjavanja. Osim u užem smislu pedoloških i hidropedoloških značajki, uvažavaju se ograničenja – značajke terena odnosno poljoprivrednog zemljišta i za vrednovanje potencijalne pogodnosti mogući troškovi održavanja sustava navodnjavanja.

Vrste ograničenja koje određuju potklase pogodnosti i nepogodnosti tla za navodnjavanje u konkretnom slučaju uključuju: k -kiselost tla, h – slaba opskrbljenost biljnim hranivima, hu- nizak sadržaj organske tvari, kv – kapacitet tla za vodu, z – zbijenost, t – troškovi održavanja plodnosti tla u uvjetima navodnjavanja.

Tablica 11. Klase i potklase pogodnosti tala za navodnjavanje

Broj profila	Sistematska jedinica	Sadašnja pogodnost		Mjere uređenja	Potencijalna pogodnost
		Klasa	Potklase		
P1	Lesivirano tipično tlo	P2	hu, z, t	Agromelioracije	P2
P2	Lesivirano tipično tlo	P2	k, hu,t	Agromelioracije	P2
P3	Lesivirano tipično tlo	P2	k, hu, kv,t	Agromelioracije	P2
P4	Lesivirano tipično tlo	P2	k, hu, kv,t	Agromelioracije	P2
P5	Lesivirano tipično tlo	P3	k, hu, z,t	Agromelioracije	P2
P6	Lesivirano tipično tlo	P3	k, hu, z,t	Agromelioracije	P2
P7	Lesivirano tipično tlo	P3	k, hu, z,t	Agromelioracije	P2

### **3.1. Umjereno pogodna tla za navodnjavanje P-2**

U umjereno pogodna tla P-2 klase pogodnosti svrstane su profili P1, P2, P3 i P4.

Navedena ograničenja tla koja su utvrđena prilikom uzimanja uzoraka na terenu i analitičkih rezultata umjereno ugrožavaju produktivnost i primjenu navodnjavanja. Postojeća ograničenja kod ovih tala uglavnom se odnose na kiselost i slabu humoznost u oraničnom horizontu. U takvim kiselim uvjetima dolazi do nepristupačnosti fosfora jer se nalazi vezan za aluminij i željezo, što potvrđuju i izmjerene male vrijednosti AL pristupačnog fosfora. Na osnovu kasnije predloženih mjera uređenja poljoprivrednog zemljišta za navodnjavanje ova tla bi ostala u istoj klasi ali bi se značajno podigla plodnost i produktivnost ovih tala.

### **3.2. Ograničeno pogodna tla P-3**

U ograničeno pogodna tla P-3 klase pogodnosti svrstani su profili P4, P5 i P6.

To su tla s ograničenjima koja znatno ugrožavaju produktivnost, dobit i primjenu navodnjavanja. Postojeća ograničenja manifestiraju se prije svega u reakcija ovih tala koja je kisela i jako kisela, a humoznost vrlo mala, što značajno smanjuje plodnost ovih tala i sužava izbor kultura za uzgoj, te zbijenost podoraničnog horizonta

Zbog svoje reljefne pozicije, te također velike zbijenosti i malog kapacitet za vodu i hraniva ova tla pripadaju klasi ograničeno pogodnih tala. Primjenom potrebnih agrotehničkih mjera popravki tla ovim tlima bi se povećala plodnost i produktivnost, a samim tim i pogodnost tla za višenamjensko korištenje u poljoprivredi, kao i navodnjavanju.

Poboljšanje spomenutih svojstava moguće je postići mehaničkim i kemijskim melioracijskim zahvatima koji uključuju dubinsko rahljenje tla, gnojidbu organskim gnojivima odnosno humizaciju, kalcizacijom te meliorativnu gnojidbu fosforom i kalijem.

### 3.3. Dubinsko rahljenje tla

U današnjoj poljoprivrednoj proizvodnji uslijed korištenja sve težih strojeva i opreme, te izostavljanja unošenja organske tvari u tlo, dolazi do bržeg i jačeg zbijanja tla. Negativne posljedice na rizosferu očituju se kroz rast i razvoj, te fiziklana svojstva tla, a u konačnici na smanjenje pogodnosti tla za korištenje u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji u uvjetima navodnjavanja. Ovisno o tipu tla, zoni nepropusnog sloja, ovisiti će i dubina samog podrivanja te učestalost ponavljanja. Zbijanje tla je pedofizikalni degradacijski proces koji utječe na mehaničku građu, vodozračne odnose i propusnost tla za vodu. Ono je prirodan i/ili antropogeni proces. Posljedica zbijanja je slijeganje tla i smanjenje ukupne poroznosti sa 48,2 na 45,6% u lesiviranom tipičnom tlu. U svakom slučaju ljetni period je idealno vrijeme za ovu agrotehničku mjeru, jer je jedino u ovo godišnje doba dubina rada glede vlažnosti najpogodnija.

Na osnovu rezultata terenskog i laboratorijskog istraživanja dubinsko rahljenje tla bi trebalo redovito provoditi na tlima kojima je nastanak zbijenog, slabije propusnog podoraničnog horizonta posljedica pedogenetskih procesa i učestale obrade na istu dubinu. Učestalost podrivanja ovisi o intenzitetu eluvijacije i trebao bi se na ovim tlima provoditi svakih 3-5 godina.



Slika 2. Podrivač za dubinsko rahljenje tla (izvor: autor, Ante Alduk)

### 3.4. Kemijske agromeliorativne mjere

Humizacija je obogaćivanje tla humusom. Premda mu je sadržaj u odnosu na mineralni dio tla znatno manji, zbog svojih brojnih značajki humus je izuzetno važan u tlu. Humizacija se vrši dodavanjem stajskog gnoja, zaoravanjem žetvenih ostataka, zelenom gnojdbom (sideracija), sjetvom djetelinsko-travnih smjesa i drugim zahvatima. Sadržaj humusa u tlu za uspješnu biljnu proizvodnju ne bi smio biti manji od 3%. Kako je kod svih sistematskih jedinica tla utvrđeni niži sadržaj humusa, preporuča se podići njegov sadržaj u tlu te ga zatim održavati na povoljnoj razini.

Analizom kemijskih značajki tala utvrđeno je da je reakcija tla jako kisela do kisela. U intenzivnoj ratarskoj i povrćarskoj proizvodnji u uvjetima navodnjavanja potrebno je održavati optimalnu reakciju tla, zbog raspoloživosti hraniva i mikrobiološke aktivnosti tla. Na ovim tlima potrebno je obaviti kalcizaciju s prosječnim dozama 10-15 t/ha  $\text{CaCO}_3$ , ali obavezno je i izvršiti analizu tla za pojedine katastarske čestice kako bi se dobio pravi uvid u reakciju tla te odredila optimalna doza vapna za kalcizaciju. S obzirom na opskrbljenost tla hranivima istraživanom području utvrđena je siromašna opskrbljenost fosforom, dok je opskrbljenost kalijem jako velikog raspona. Na ovim površinama potrebno je provoditi pojačanu gnojdbu fosforom i kalijem, ali također na osnovu dodatnih kemijskih analiza tla za pojedine katastarske čestice do veličine 5 ha, a kod većih površina potrebno je uzeti uzorak na svakih 5 ha.



Slika 3. Kalcizacija (izvor: <http://www.gospodarski.hr/Publication/2016/23-24/zimska-kalcizacija>)

#### 4. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja i utvrđenih rezultata može se zaključiti kako lesivirana tla Istočne Hrvatske pokazuju kiselu reakciju i nizak sadržaj organske tvari. Suvišna kiselost i nizak sadržaj organske tvari ovog tipa tla također su čimbenici ograničenja koji u velikoj mjeri određuje produktivnost ovih tala. Potrebno je provesti mjere agromelioracijskog uređenja kako bi se povećao proizvodni kapacitet ovih tala. Agromelioracijsko uređenje zemljišta općenito podrazumijeva skup agrotehničkih zahvata ili mjera u svrhu popravka lošijih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava s ciljem povećanja plodnosti i produktivnosti tla, a samim tim i povećanja pogodnosti tla za višenamjensko korištenje u poljoprivredi i navodnjavanju. Poboljšanje spomenutih svojstava moguće je postići melioracijskim zahvatima koji uključuju dubinsko rahljenje tla, gnojidbu organskim gnojivima odnosno humizaciju, kalcizaciju te meliorativnu gnojidbu fosforom i kalijem. Na ovim tlima potrebno je obaviti kalcizaciju uz obaveznu analizu tla za pojedine katastarske čestice kako bi se dobio uvid u reakciju tla te odredila optimalna doza vapna za kalcizaciju.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Državni zavod za statistiku (2017.): <http://www.dzs.hr/>
2. Gračanin, M. (1947.): Pedologija, II. dio, Zagreb.
3. Lončarić, Z. (2016.): Plodnost tala i gnojidba. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku.
4. Lončarić, Z., Rastija, D., Popović, B., Karalić, K., Ivezić, V., Zebec, V. (2014.), Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
5. Martinović, J. (1997.): Tloznanstvo u zaštiti okoliša. Zagreb, Državna uprava za zaštitu okoliša.
6. Popović, B. (2009): Usporedba metoda za određivanje pristupačnosti fosfora u tlu, Poljoprivredni fakultet, Doktorska disertacija, Osijek.
7. Prskalo, G. (2013.), Potrebe poljoprivrednih kultura za vodom i pogodnost tala za navodnjavanje na području hercegovačko-neretvanske županije, E-zbornik elektroničkog zbornika radova Građevinskog fakulteta, Mostar.
8. Rastija, D. (2006.): Režim vlažnosti i prinosi kukuruza i pšenice na kalciziranim kiselim tlima, Osijek.
9. Škorić, A. (1982.): Priručnik za pedološka istraživanja, Fakultet poljoprivrednih znanosti.
10. Škorić, A. (1991.): Sastav i svojstva tla, Zagreb.
11. Škorić, A. i sur. (1977.): Tla Slavonije i Baranje. Zagreb.
12. Tomić, F. (2012.): Razvoj poljoprivrede primjenom navodnjavanja u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji. Bjelovar.
13. Vidaček, T. (1981.): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u istočnoj slavonskoj i baranji, disertacija, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
14. Vidaček, Ž. i sur. (2005.) Aktualno stanje zaštite tla u Hrvatskoj.
15. Vukadinović, V., Bertić, B. (1989.): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
16. Vukadinović, V., Rastija, D. (1998.) Pedologija praktikum (interni materijal za nastavu) Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku.
17. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998): Ishrana bilja, poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
18. Zebec, V., Semialjac, Z., Ivezić, V., Dadić, M., Lončarić, Z., Rastija, D. (2017.): Pogodnost pseudoglejnih tala za navodnjavanje na području Istočne Hrvatske. Poljoprivredni fakultet u Osijeku