

# Utjecaj kemijskih i fizikalnih svojstava tla na plastičnost tla

---

**Radić, Domagoj**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:772491>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-26**



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](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Domagoj Radić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

## **Utjecaj kemijskih i fizikalnih svojstava tla na plastičnost tla**

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Domagoj Radić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

## **Utjecaj kemijskih i fizikalnih svojstava tla na plastičnost tla**

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Domagoj Radić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

## **Utjecaj kemijskih i fizikalnih svojstava tla na plastičnost tla**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. dr.sc. Vladimir Zebec, mentor
2. prof.dr.sc. Domagoj Rastija, predsjednik
3. doc.dr.sc. Vladimir Ivezić, član

Osijek, 2017.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Završni rad

Domagoj Radić

### **UTJECAJ KEMIJSKIH I FIZIKALNIH SVOJSTAVA TLA NA PLASTIČNOST TLA**

#### **Sažetak:**

Na tri različita tipa tla (aluvijalno, lesivirano i ritska crnica) utvrđen je utjecaj kemijskih i fizikalnih svojstva oraničnih horizonata na plastičnost tla. Vrlo značajnu korelaciju pozitivnog smjera sa plastičnošću pokazali su humus, glina, KIK, sitni prah, magnezij, natrij i kalcij dok su vrlo značajnu korelaciju ali negativnog smjera pokazali hidrolitička kiselost, krupni pijesak, sitni pijesak i krupni prah. Statističkom obradom podataka utvrđene su statistički značajne razlike između svih istraživanih tipova tala i to za glinu, volumnu gustoću tla i za gustoću pakiranja, te za aktualnu i supstitucijsku kiselost, kationski izmjenjivački kapacitet tla te sadržaj kalcija. Također, utvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih tala za donju granicu plastičnosti, za gornju granicu plastičnosti i za indeks plastičnosti. Prosječna utvrđena vrijednost donje granice plastičnosti kao važnog elementa za određivanje trenutka obrade tla iznosila je 18,90 % na aluvijalnom tlu, 24,06 % na lesiviranom tlu, dok je na ritskoj crnici iznosila 28,6 %.

**Ključne riječi: plastičnost tla, fizikalno kemijska svojstva tala, tip tla**

41 stranica, 12 slika, 17 tablica, 8 grafova, 31 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

Domagoj Radić

### **THE EFFECT OF SOIL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES ON SOIL PLASTICITY**

#### **Summary:**

In three different soil types (fluvisol, luvisol and humic gyesol), the influence of chemical and physical properties of the arable horizons on the soil plasticity was determined. Highly significant positive correlation was determined between plasticity and humus, clay, CEC, small dust particles, magnesium, sodium and calcium, while significant negative correlation was shown for plasticity with hydrolytic acidity, large sand, fine sand and larger dust particles. Statistical data analysis revealed statistically significant differences in clay, soil density and packing density, and for current and substituent acidity, cation exchange capacity of soil and calcium content, between all the examined types of soil. Also, statistically significant differences were found between soils examined for the lower limit of plasticity, the upper plasticity limit and for the plasticity index. The average value of the lower limit of plasticity, as an important element for determining the ideal time for soil tillage, was 18.90% on fluvisol soil, 24.06% on the luvisol soil, while in the humic gyesol soil that value was 28.6%.

**Key words: soil plasticity, chemical and physical properties of soil, types of soil,**

41 pages, 12 figures, 17 tables, 8 graphs, 31 references

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

## Sadržaj

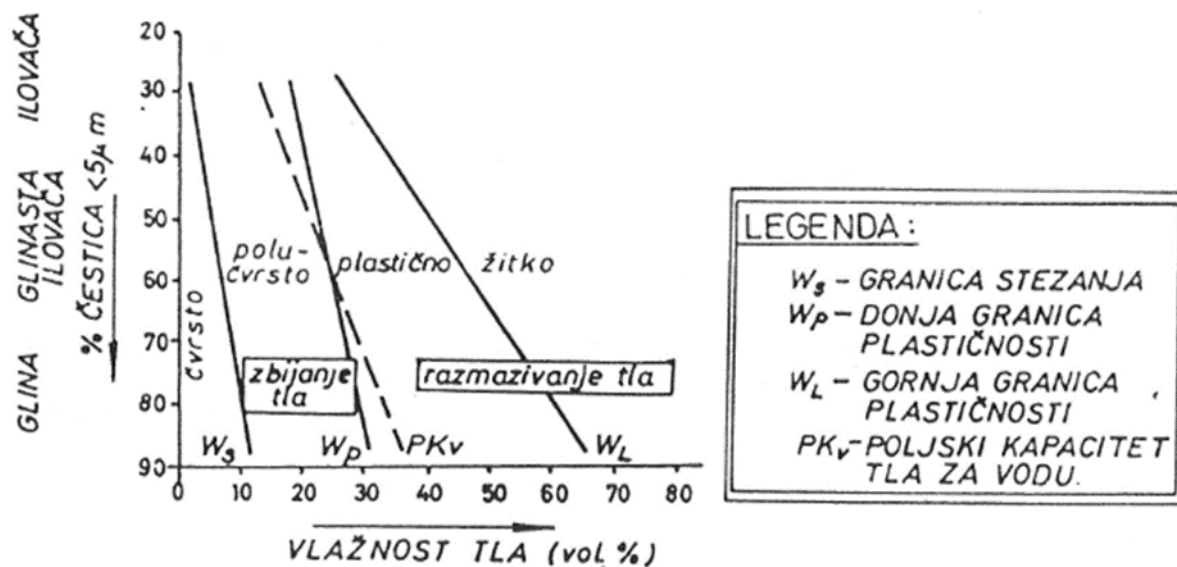
|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD .....                                     | 1  |
| 1.1. Cilj istraživanja.....                       | 5  |
| 2. MATERIJAL I METODE.....                        | 6  |
| 2.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA.....                   | 6  |
| 2.2. LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA .....            | 8  |
| 2.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla ..... | 8  |
| 2.2.2. Pedofizikalne analize.....                 | 10 |
| 3. REZULTATI I RASPRAVA .....                     | 18 |
| 3.1. Kemijska svojstva .....                      | 18 |
| 3.2. Fizikalna svojstva.....                      | 23 |
| 3.3. Plastičnost.....                             | 27 |
| 4. ZAKLJUČAK .....                                | 33 |
| 5. POPIS LITERATURE .....                         | 34 |

## 1. UVOD

Tlo je prirodno povijesna tvorevina nastala na površini Zemlje od rastresitih stijena (magmatske, sedimentne i metamorfne) pod utjecajem pedogenetskih čimbenika (klima, reljef, vrijeme, organizmi, matični supstrat, čovjek ) i kao rezultat pedoloških procesa (trošenje minerala, geneza sekundarnih minerala, razgradnja organske i sinteza humusne tvari, geneza organomineralnih spojeva, migracija, specifični procesi u tlu) (*Škorić, 1991.*). Uz čvrstu fazu tla, u tlu se još nalaze i plinovita i tekuća faza, koje zajedno (u idealnim uvjetima) čine pola volumena tla, dok drugu polovicu volumena čine primarni i sekundarni materijali sa organskom tvari. Vodena komponenta tla utječe na fizikalna i kemijska svojstva tla, na vodno-zračni režim tla, na toplinske značajke tla te na mikrobiološku aktivnost (*Škorić, 1991.*).

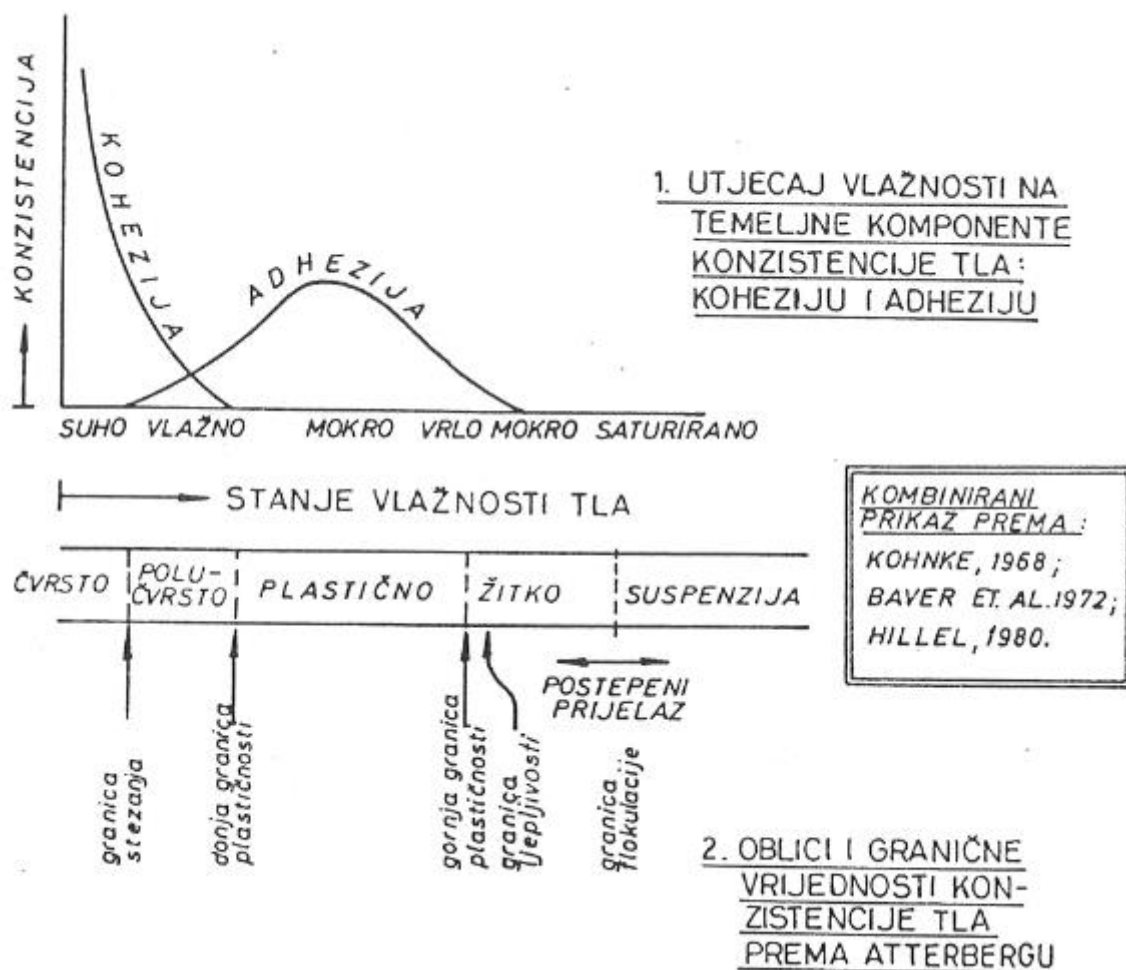
Morfološke karakteristike tla se proučavaju na poprečnom presjeku tla, odnosno na pedološkom profilu iz kojega se dobiju informacije poput sklopa profila, boja horizonata, tekstura, struktura, poroznost, specijalne pedodinamske tvorevine te dubina tla. Sklop profila nam govori o broju i vrsti horizonata koji se u njemu nalaze, te dubinu na kojoj se događa prijelaz iz jednog horizonta u drugi. Boja horizonta nam govori o tipu tla i na koji je način nastao. Tekstura je kvantitativni odnos mehaničkih elemenata. Struktura je način nakupljanja mehaničkih čestica u strukturne agregate u dvije faze: flokulacijom i granulacijom. Poroznost je prostor između strukturnih agregata tla kojega ispunjava tekuća i plinovita faza. Za određivanje jačine otpora tla prilikom obrade važno je znati stanje konzistencije tla. Konzistencija tla jako ovisi o teksturi i strukturi, količini i kvaliteti koloidnih čestica, sadržaju humusa i stanju vlažnosti (*Pavićević, 1972.*). Konzistencija tla izražava promjene i stanja unutar tla koje su posljedica fizikalnih sila (adhezije i kohezije) pri različitim sadržaju vode (*Racz, 1986.*). Konzistencija pripada u najvažnije fizičke osobine tla a granične vrijednosti su joj: granica stezanja, granica plastičnosti, granica ljepljivosti i granica flokulacije. Prema *Raczu(1986.)* granica stezanja je stanje krute faze isušenog tla gdje tlo poprima svjetliju boju i podložno je mrvljenju i rasipanju. Granica plastičnosti, koja se dijeli na donju i gornju granicu plastičnosti, karakterizira optimalnu razinu vlage za obradu tla. Donja granica plastičnosti odgovara vlažnosti kod koje se počinju drobiti valjčići tla debljine oko 3mm. Upravo je ta granica mjesto najslabijeg djelovanja kohezijske i adhezijske sile u tlu i trenutak najoptimalnije obrade tla. Gornja granica plastičnosti odgovara vlažnosti pri kojoj se dvije odvojene mase ponovno spajaju nakon 25 udaraca u standardnom Casagrandeovom aparatu i predstavlja granicu između plastičnog i žitkog stanja tla. Granica ljepljivosti je minimalna količina vode pri kojoj se tlo pripremljeno u obliku paste lijepi na

čeličnu žlicu koja se vuče po površini uzorka. Granica flokulacije je količina vode pri kojoj uzorak prelazi u polutekuće ili tekuće stanje sa zamjetno povećanom viskoznošću.



Slika 1. Pojave zbijanja i razmazivanja tla u različitim uvjetima vlažnosti i konzistencije tla(Racz,1986)

Pod plastičnošću tla podrazumijeva se njegova sposobnost da se u određenom intervalu vlažnosti i pod utjecajem vanjskih sila deformira, tj. izmjeni svoje prvobitno stanje, bez pucanja i drobljenja, i da trajno zadrži tu formu čak i nakon prestanka opterećenja (Živković, 1991.). Isti autor navodi da je plastičnost vezana uglavnom za prisustvo čestica gline( $<0,002\text{mm}$ ), iako je u slabijoj mjeri izražena već i kod frakcija srednjeg praha( $0,01-0,005\text{mm}$ ), i određeni interval umjerene vlažnosti, dok se u veoma niskoj i visokoj vlažnosti plastičnost ne pokazuje.

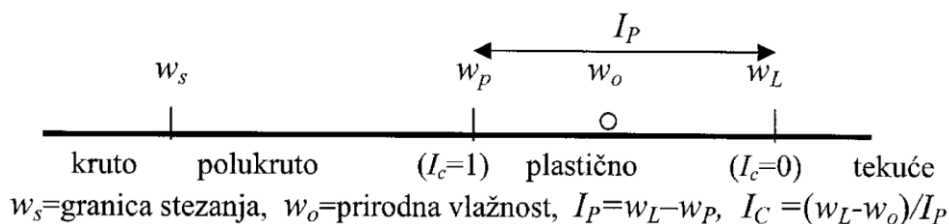


Slika 2. Kombinirani prikaz prema: Kohke, 1968; Bayer, 1972; Hillel, 1980. (Racz, 1986)

Indeks konzistencije  $I_c$  je odnos brojčane granice tečenja i prirodne vlažnosti i indeksa plastičnosti. Indeks plastičnosti  $I_p$  je brojčana razlika granice tečenja i granice plastičnosti. Granica plastičnosti  $W_p$  je vlažnost pregiječenog uzorka pri kojem tlo postaje suviše suho da bi bilo plastično, odnosno ne može se oblikovati bez narušavanja kontinuiteta. Granica tečenja, koja se također ispituje na pregiječenom uzorku,  $W_l$  je vlažnost pri kojem tlo prelazi iz tekućeg u plastično stanje (Mulabdić i sur. 2000.).

Indeks plastičnosti, isto kao i gornja granica plastičnosti, rastu sa povećavanjem sadržaja glinastih čestica, posebno montmorilonita koji ima najveću specifičnu površinu i jako bubri (Racz, 1986.). Isti autor navodi da u pjeskovitim tlima, gdje je nizak sadržaj gline, obje granice plastičnosti su niske i približno jednake što rezultira da je indeks plastičnosti praktično jednak nuli. Prema Racz (1986.) indeks tečenja (IL) se definira kao odnos viška vode iznad donje granice plastičnosti ( $W_p$ ) i indeksa plastičnosti (IP), koji se kreće u rasponu od  $IL < 0,0$  za tvrda

tla,  $0,0 < I_L < 1,0$  za plastična tla i  $I_L > 1,0$  za tla u stanju tekuće konzistencije, i to se koristi za ocjenu dopuštenog opterećenja koherentnih ili teksturno težih tala.



Slika 3. Granice i konzistentna stanja (Mulabdić, 2000.)

Prema *Martinoviću* (1997.), aluvijalno tlo (sklop profila (A)-I- II) se formira na poplavnoj terasi rijeka gdje se vlaženje vrši preko oborina, poplavnih i podzemnih voda. Zbog sezonskog variranja razine vode 1-4 metra uvjeti taloženja su promjenjivi sa raznovrsnim slojevitim nanosima. Mineralni i kemijski sastav su također promjenjivi i zavise o porijeklu i prirodi materijala koji se transportira iz slivnog u riječni tok. Većinom su karbonatna tla i sadrže više od 5% karbonata te 1-2% humusa. Isti autor navodi da se lesivirana tla (sklop profila A-E-B-C) formiraju na ilovastim supstratima ili na stijenama čijim se raspadanjem može formirati dublji ilovasti profil i da su vezani za humidna područja, jer je za njih karakteristično ispiranje čestica gline iz E horizonta i njegovo akumuliranje u B horizontu. Lesivirano tlo formirano na silikatnim supstratima je duboko tlo povoljnih fizikalnih svojstava. A horizont je 5-15cm dubine sa pjeskovitim ili praškasto ilovastim mehaničkim sastavom, slabo do umjereno kisele reakcije, srednjom opskrbljenosti dušikom i kalijem te sa niskim sadržajem pristupačnog fosfora. Lesivirana tla formirana na vapnencu imaju površinsku lakšu praškastu strukturu dok je B horizont najčešće glinovit. Imaju normalnu drenažu, nizak pH (obično ispod 5,0) i siromašni su mobilnim hranivima. Isti autor definira ritsku crnicu (sklop profila Aa-Gso) kao tlo neutralne do blago alkalne reakcije (pH 7-8,5) koje je vrlo dobro opskrbljeno kalijem i fosforom. Formira se pretežno uz priterasni dio poloja i depresija sa ilovastim ili glinastim riječnim nanosom. Pretežno su glinaste (30-40% gline), imaju slabu filtracijsku sposobnost i sadržaj humusa od 3 do 6%.

Prema *Martinoviću* (2000.) od nabrojana tri tipa tla najzastupljenije tlo u Republici Hrvatskoj je Lesivirano koje zauzima 11,21% površine, odnosno 5908 km<sup>2</sup>. Aluvijalno tlo zauzima 1,42% površine, odnosno 746 km<sup>2</sup> a Ritska crnica sa 1,04% zauzima 550 km<sup>2</sup>.

### **1.1.Cilj istraživanja**

Cilj istraživanja je odrediti donju i gornju granicu plastičnosti na tri tipa tla: aluvijalnom tlu, lesiviranom tlu i na ritskoj crnici, s ciljem utvrđivanja prosječne vrijednosti rezultata vlažnosti i utvrđivanja optimalnog raspona vlažnosti tla za obradu. Također, cilj rada je utvrditi utjecaj fizikalno kemijskih svojstava tla na plastičnost.

## 2. MATERIJAL I METODE

### 2.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA

Terenska istraživanja (*JDPZ, 1967.*) obuhvatila su prostor Istočne Hrvatske. Istočna Hrvatska kao zemljopisni pojam prema *Bašić i sur., (2001.)* obuhvaća istočni kontinentalni dio teritorija i najizrazitija je nizinska regija. Teritorijalnim ustrojem RH (*DZZS, 2014.*) ovaj prostor obuhvaća pet županija (Vukovarsko-srijemska, Osječko-baranjska, Požeško-slavonska, Brodsko-posavska i Virovitičko-podravska) ukupne površine 12 442 km<sup>2</sup> ili oko 22 % državnog teritorija (Tablica 1.).

Tablica 1. Pregled površina županija Izvor: *DZZS (2014.)*

| Županija              | Površina (km <sup>2</sup> ) | Udio u površini RH (%) |
|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| Požeško-slavonska     | 1 823                       | 3,22                   |
| Brodsko-posavska      | 2 030                       | 3,59                   |
| Osječko-baranjska     | 4 155                       | 7,34                   |
| Vukovarsko-srijemska  | 2 454                       | 4,34                   |
| Virovitičko-podravska | 2 024                       | 3,58                   |
| Ukupno                | 12 486                      | 22,07                  |

Na istraživanom području uzorkovan je oranični sloj tla do dubine od 30 cm, uz utvrđivanje pedogenskih horizonata pomoću sondažnog izvatka tla za svaki pojedinačni uzorak. Sondiranje tla obavljeno je Edelmanovim svrdlom do dubine matičnoga supstrata ili do razine podzemne vode. Sukcesivnim slaganjem sondažnih izvadaka tla uočen je broj i redoslijed genetskih horizonata, koji služe za determinaciju tipa tla na određenom lokalitetu. Svaki pojedinačni uzorak tla je klasificiran (*Škorić, 1973.*) što uključuje pravilno imenovanje horizonata pedološkog profila te određivanje odjela, klase, tipa i podtipa tla.

Klasifikacija tla (*Škorić i sur., 1985.*) je genetska te služi kao osnova za proizvodno-ekološku ocjenu tala. Bazirana je na svojstvima tala koja su morfološki vidljiva ili lako mjerljiva. Prema Gračaninu, tip tla je osnovna jedinica klasifikacije (*Mesić i sur., 2008.*), a određen je jednotipskom građom profila (karakterističnim slijedom horizonata), jednotipskim osnovnim procesima transformacije i migracije organske i mineralne tvari i kvalitativno sličnim

fizikalnim i kemijskim karakteristikama pojedinih horizonata. Različiti tipovi tala s analognim razvojnim stadijima okupljeni se u više jedinice (klase), a različite klase jednakog karaktera vlaženja i sastava vode kojom se tlo navlažuje okupljene su u najviše jedinice klasifikacije ili odjele (automorfna, hidromorfna, halomorfna i subakvalna tla). Podjela tipova tala u niže jedinice (podtipovi, varijeteti, forme) određena je onim svojstvima koja uzrokuju varijabilnost pojedinih tipova tala. Uzorkovano je ukupno 45 lokaliteta na kojima su uzeti uzorci iz oraničnog horizonta. Broj uzoraka ovisno o tipu tla prikazan je u tablici 2.

Tablica 2. Klasifikacija istraživanih tala, broj uzoraka oraničnog horizonta i brojevi profila za svaku sistematsku jedinicu

| Odjel       | Klasa                 | Tip           | Broj uzoraka |
|-------------|-----------------------|---------------|--------------|
| Automorfna  | Eluvijalno-iluvijalna | Lesivirano    | 15           |
| Hidromorfna | Nerazvijena           | Aluvij        | 15           |
|             | Glejna                | Ritska crnica | 15           |

Kontrolno kružno uzorkovanje (*Lončarić i sur., 2014.*) koristilo se za pripremu prosječnoga uzorka s odabranih površina. Svaki prosječni uzorak tla težio je 4 do 5 kg i sačinjen je od dobro izmiješanih pojedinačnih uzoraka ravnomjerno uzetih s proizvodne površine Edelmanovim svrdlom do dubine 30 cm. Na navedeni način prikupljeni uzorci su označeni, dopremljeni u laboratorij, očišćeni od primjesa, osušeni na sobnoj temperaturi, usitnjeni mlinom za tlo i prosijani kroz sito promjera 2 mm (*Lončarić i sur., 2014.*).

## 2.2. LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA

Na uzorcima tala uzetih s poljoprivrednih površina na dubini od 0 do 30 cm (n=45) provedene su laboratorijske analize osnovnih kemijskih svojstava tla: pH tla, sadržaj humusa u tlu, te ovisno o rezultatima supstitucijska kiselost, određivanje sadržaja karbonata u tlu i hidrolitička kiselost. Koncentracija izmjenjivih kationa na adsorpcijskom kompleksu utvrđena je metodom ekstrakcije tla s 1 M amonijevim acetatom (AA). Osim osnovnih agrokemijskih analiza, provedene su dodatne fizikalne analize svojstava i teksturni sastav tla određen ISO metodom te je utvrđena higroskopna vlaga tla, te sadržaj vode u tlu pri donjoj i gornjoj granici plastičnosti.

### 2.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla

#### 2.2.1.1. Određivanje pH reakcije tla

Reakcija tla, izražena kao pH vrijednost, pokazatelj je niza agrokemijskih svojstava tla važnih za svojstva tla. pH vrijednost uzoraka tla određena je elektrometrijski pH metrom (*HRN ISO10390:2005.*) u suspenziji tla u omjeru 1:2,5 s destiliranom vodom (aktualna kiselost) i u 1 M KCl (supstitucijska ili izmjenjiva kiselost) na pH metru Metrel MA 5750. Za interpretaciju rezultata supstitucijske kiselosti korištene su granične vrijednosti prema *Škorić (1982.)* prikazane u tablici 3.

#### 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 4.

#### 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).

Očitani su volumeni 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 5.

#### 2.2.1.5. *Određivanje hidrolitičke kiselosti tla*

Hidrolitička kiselost u tlu određena je u svim istraživanim uzorcima čije vrijednosti supstitucijske kiselosti (pH 1M KCl) ne prelaze 5,5 pH jedinica. Hidrolitička kiselost kao ukupna potencijalna kiselost tla određena je ekstrakcijom 20 g tla sa 50 ml 1 M natrijevim acetatom kao alkalnom hidrolitičkom soli pri čemu dolazi do zamjene kiselih H<sup>+</sup> i Al<sub>3</sub><sup>+</sup> iona adsorpcijskog kompleksa tla s alkalnim ionom Na<sup>+</sup> iz acetata. U navedenoj reakciji nastaje octena kiselina, pri čemu je količina kiseline ekvivalentna količini vodikovih iona na adsorpcijskom kompleksu tla te se utvrđuje titracijom odnosno neutralizacijom nastale kiseline 0,1 M natrijevim hidroksidom. Hidrolitička kiselost izražava se u cmol (+) kg<sup>-1</sup> nezasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionima. Vrijednost hidrolitičke kiselosti tla koristi se za izračunavanje kapaciteta adsorpcije kationa i stupnja zasićenosti tla alkalijama, te je osobito važna za određivanje potrebe u kalcizaciji.

#### 2.2.1.6. *Određivanje koncentracije baznih kationa u tlu*

Koncentracija izmjenjivih kationa na adsorpcijskom kompleksu utvrđena je metodom ekstrakcije tla s 1 M amonijevim acetatom (AA) uz trostruko centrifugiranje tla (*Jones, 2001.*). Koncentracija navedenih alkalnih kationa Ca, Mg, K i Na dobivena je supstitucijom s NH<sub>4</sub><sup>+</sup> kationom iz otopine amonijevog acetata te se zatim određuje njihova koncentracija u otopini mjerenjem na atomskom adsorpcijskom spektrofotometru Perkin Elmer Analyst 200. Emisijskom tehnikom izmjerene su koncentracije K i Na na valnoj duljini 404,4 nm odnosno 589,0 nm, a koncentracije Ca i Mg apsorpcijskom tehnikom na valnoj duljini 422,7 nm odnosno 202,6 nm. Utvrđene koncentracije alkalnih kationa izražene su u mg kg<sup>-1</sup> tla.

## 2.2.2. Pedofizikalne analize

### 2.2.2.1. Higroskopna vlaga

Higroskopicitet ili higroskopna vlaga tla predstavlja sposobnost tla da na površini svojih čestica kondenzira vodenu paru iz zraka. Postupak određivanja higroskopne vlage (*Škorić, 1965.*) izveden je termo gravimetrijskom metodom na način da su staklene posudice s brušenim poklopcem osušene na 105 °C do konstantne mase te je zabilježena njihova masa. Zatim je u njih odvagano 10 g zrakosuhog uzorka tla te su nakon toga uzorci stavljani u električni sušionik, ali s koso položenim poklopcima na posudicama kako bi se omogućio nesmetan gubitak vlage iz uzorka tla. Sušenje se odvijalo na 105 °C u trajanju od 5 sati. Vrijednost higroskopne vlage izračunata je prema formuli:

$$H_y (\% \text{ mas.}) = (b - c) / (c - a) \times 100$$

gdje je a masa staklene posudice s poklopcem, b masa staklene posudice s poklopcem i zrakosuhim uzorkom tla, a c masa staklene posudice s poklopcem i apsolutno suhim uzorkom tla.

### 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 (*HRN ISO 11277:2004*), 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.

#### *Određivanje frakcije krupnog i sitnog pijeska*

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:

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

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

### *Određivanje frakcije praha i gline*

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. Prema Stokesovom zakonu čestice ekvivalentnog promjera 20  $\mu\text{m}$  (prah i glina) pri temperaturi od 20 °C put od 10 centimetara taloženjem pređu za 4 minute i 48 sekundi. Po isteku navedenog vremena 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.

### *Određivanje frakcije gline*

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.

### *Određivanje frakcije sitnog praha*

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

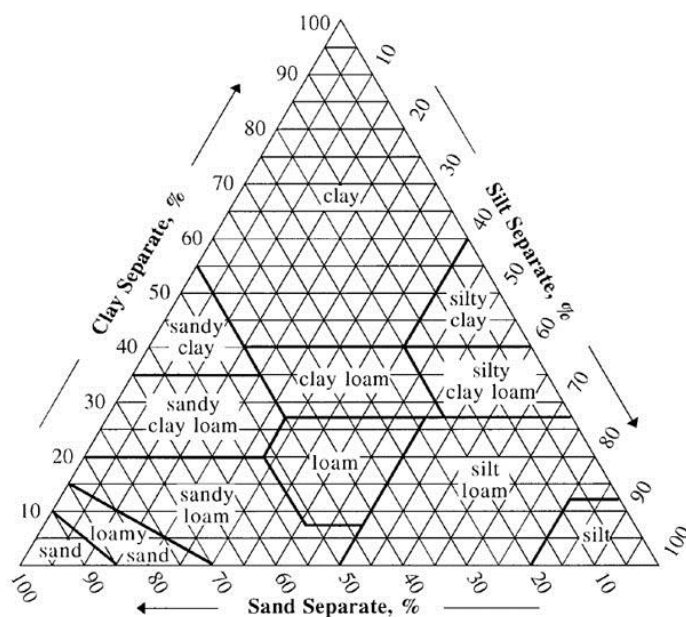
$$\% \text{ sitnog praha (SPr)} = \% \text{ praha i gline} - \% \text{ gline}$$

### *Određivanje frakcije krupnog praha*

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 4.



Slika 4. Teksturni trokut (*Soil Survey Staff, 1951.*),

#### 2.2.2.3. 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 6. 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 3. 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    |

Tablica 4. 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         |

Tablica 5. Granične vrijednosti sadržaja karbonata u tlu (*Škorić, 1982.*)

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

Tablica 5.1. Prikaz sadržaja karbonata na osnovu kvalitativne analize (interpretacija karbonatnosti prema kvalitativnoj analizi korištena je zbog slabe karbonatnosti ispitivanih tala) (*Galović V., Rastija D.*).

| Intenzitet reakcije | Sadržaj $\text{CaCO}_3$ % |
|---------------------|---------------------------|
| Vrlo slabo          | <1                        |
| Slabo               | 1-3                       |
| Jako i kratko       | 3-5                       |
| Jako i dugo         | >5                        |

Tablica 6. 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           |

#### 2.2.2.4. Donja granica plastičnosti (DGP)

Donja granica plastičnosti označava sadržaj vode u tlu kada tlo postaje plastično, odnosno sadržaj vode u tlu kada se valjanjem tla u valjčići debljine 3-4 mm oni lome. Za pripremu uzorka koristi se približno 50g sitnice tla pomiješanog sa 10 do 20 ml destilirane vode (zavisno o teksture tla). Takva smjesa ostavi se u pokrivenoj posudi 24 sata, nakon čega se uzorak miješa i homogenizira prije testiranja. Ispitivanje donje granice plastičnosti se svodi na formiranje kuglice među dlanovima od pripremljene smjese, i valjanja te kuglice na staklenoj ploči u valjčiće promjera 3 mm, koji bi kod te debljine, trebali početi kidati ili pucati. Ako se to ne događa, valjčići se skupljaju i formiraju novu kuglicu i testiranje se ponavlja. Takvim se postupkom uzorku pomalo smanjuje vlažnost uslijed trenja. Prilikom testiranja potrebno je obaviti minimalno tri ponavljanja. Valjčiće koji su počeli pucati na 3 mm spremaju se u posudu, a zatim se važu, stavljaju sušiti i nakon sušenja opet važu kako bi se odredila trenutna vlažnost tla pri donjoj granici plastičnosti (Galović V., Rastija D.).



Slika 5.DGP priprema uzorka(autor: D.Radić)



Slika 6.DGP priprema uzorka(autor: D.Radić)



Slika 7.DGP priprema uzorka(autor: D.Radić)



Slika 8.DGP priprema uzorka(autor: D.Radić)



Slika 9.DGP priprema uzorka(autor: D.Radić)



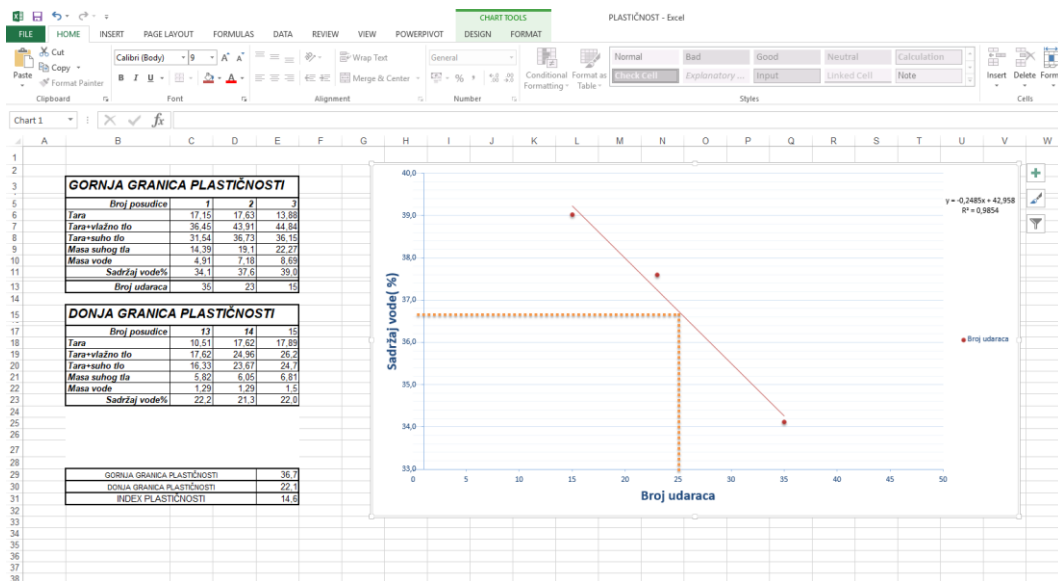
Slika 10.DGP priprema uzorka(autor:D.Radić)

#### 2.2.2.5. Gornja granica plastičnosti (GGP)

Gornja granica plastičnosti je trenutna vlaga tla, odnosno količina vode u tlu pri kojoj se u Casagrandeovom aparatu žlijeb (brazda) načinjen u pasti tla ponovno pri 25 udaraca zatvori na debljinu 1cm. Gornja granica plastičnosti se određuje pomoću Casagrandeovog aparata. To je uređaj s pokretnom mesinganom zdjelicom standardiziranog oblika (slika 5.). Za pripremu uzorka potrebno je 150g sitnice pomiješano sa 40 do 50 ml destilirane vode (ovisno o teksturi ispitivanog tla). Kada se uzorak dobro izmiješa napravi se pasta koja se potom pokriva i ostavlja da odstoji 24 sata. Nakon što je odstojao, uzorak se miješa i homogenizira te se puni mesingana zdjelica dok se ne poravna površina sa prednjim rubom zdjelice, tj. da debljina sloja u centralnom dijelu zdjelice bude 1cm. Potom se formira žlijeb sa normiranim „vlakačem brazde“ okomito na ekscentrični zubac. Pomoću ekscentra na osovini, zdjelica se podiže na visinu od 1 cm s koje slobodno pada na podlogu brzinom od dva udarca po sekundi, sve dok se žlijeb ne sastavi na duljini od 10 mm. Broj udaraca treba se kretati u intervalu od 10 do 40 udaraca, stoga uzorke sa manjim ili većim brojem udaraca treba korigirati sa dodatnom vodom ili sitnicom te testiranje ponoviti. Od svakog testiranog uzorka uzima se reprezentativni uzorak koji se stavlja u posudicu, važe, potom stavlja na sušenje na 105°C, i nakon sušenja opet važe kako si se mogao odrediti trenutni sadržaj vode u tlu pri gornjoj granici plastičnosti (Galović V., Rastija D.).



Slika 11. Određivanje gornje granice plastičnosti (autor: Vladimir Zebec)



Slika 12. Prikaz izračuna sadržaja vode u tlu pri gornjoj i donjoj granici plastičnosti (autor:Vladimir Zebec)

#### 2.2.2.6. Indeks plastičnosti

**Indeks plastičnosti je raspon vlažnosti unutar kojega je tlo plastično ili ljepljivo, tj. razlika između gornje i donje granice plastičnosti a izračunava se prema izrazu**

$$IP=W_L-W_P$$

Tablica 7. Granične vrijednosti indeksa plastičnosti(Galović V., Rastija D.)

| Oznaka plastičnosti | Indeks plastičnosti |
|---------------------|---------------------|
| Neplastično         | 0                   |
| Slabo plastično     | 0-7                 |
| Plastično           | 7-17                |
| Vrlo plastično      | >17                 |

### 3. REZULTATI I RASPRAVA

#### 3.1. Kemijska svojstva

Endomorfologiju aluvijalnih tala karakterizira pojava većeg ili manjeg broja horizonata različitog teksturnog sastava koji su manje ili više oštro odvojeni jedan od drugog te se sklop profila aluvijalnog tla može prikazati kao (A)-I-II-III... (*Antić i sur., 1982.*). Karakteristika aluvijalnih tala je da nastaju na poplavnoj terasi rijeka, dok dinamiku vodnog režima ovih tala karakterizira veliko sezonsko kolebanje razine vode.

Prema *Husnjak (2014.)* aluvijalno tlo ima razvijen tek inicijalni humusno akumulativni horizont (A), što je u skladu s utvrđenim endomorfološkim svojstvima na istraživanim tlima. Provedenim testiranjem sadržaja karbonata utvrđeno je da 8 uzoraka ima slabu reakciju(1%-3%), 5 uzoraka jaku i kratku reakciju(3%-5%) i preostala 2 uzorka jaku i dugu reakciju(>5%) (graf.3.). *Martinović(2000.)* navodi da je većina naših fluvisola karbonatni i da sadrže više od 5% karbonata no rezultati ovoga pokusa to nisu potvrdili. Svi uzorci aluvijalnog tipa tla su pokazali da sadrže karbonate, koji su varirali od 1,67% pa do 6,39%, sa srednjom vrijednosti od 3,32% (tablica 8.). *Martinović (2000.)* nadalje navodi da je količina humusa u recentnom aluviju uglavnom mala i da ne prelazi 1 do 2%. Prema utvrđenim rezultatima sadržaja organske tvari odnosno humusa u tlu 14 uzoraka aluvijalnog tla pripada u grupu slabo humoznih tala(1%-3%), a 1 uzorak u dosta humoznu grupu(3%-5%)(graf.2.). Sa minimalnom vrijednošću od 1,44%, maksimalnom od 4,83%, te prosječnom od 2,3%(tablica 8.). Prema rezultatima supstitucijske kiselosti tla (pH KCl) utvrđeno je da su svi uzorci aluvijalnih tala alkalni(graf.1), sa iznosima koji se kreću u rasponu od 7,21 do 7,72 s prosječnom vrijednošću od 7,48 pH jedinica(tablica 8.). Vrijednosti kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tla imale su raspon utvrđenih vrijednosti od 14,50 do 29,10 uz prosjek od 21,28 cmol+/kg tla(tablica 8.).

Tablica 8. Deskriptivna statistika kemijskih svojstva aluvijalnog tipa tla

| TIP TLA           | pH (H <sub>2</sub> O) | pH(KCl) | Humus | CaCO <sub>3</sub> | HK | KIK   | Ca      | Mg     | K      | Na    |
|-------------------|-----------------------|---------|-------|-------------------|----|-------|---------|--------|--------|-------|
| Aluvijalno<br>tlo | 8,16                  | 7,33    | 4,83  | 6,39              | -  | 29,10 | 5051,00 | 424,20 | 111,10 | 28,62 |
|                   | 8,45                  | 7,70    | 1,96  | 3,35              | -  | 19,21 | 3535,00 | 152,20 | 83,74  | 23,13 |
|                   | 8,50                  | 7,57    | 2,32  | 3,72              | -  | 21,31 | 3916,00 | 184,20 | 66,08  | 20,41 |
|                   | 8,49                  | 7,51    | 1,85  | 3,35              | -  | 26,35 | 4788,00 | 262,90 | 68,18  | 27,31 |
|                   | 8,31                  | 7,48    | 1,44  | 2,93              | -  | 18,20 | 3356,00 | 146,90 | 60,38  | 21,52 |
|                   | 8,46                  | 7,53    | 2,51  | 4,19              | -  | 22,88 | 4239,00 | 179,00 | 65,05  | 20,10 |
|                   | 8,04                  | 7,41    | 1,88  | 2,93              | -  | 16,82 | 3010,00 | 173,90 | 113,10 | 18,33 |
|                   | 8,33                  | 7,21    | 2,33  | 1,67              | -  | 25,46 | 4037,00 | 605,90 | 86,51  | 23,74 |
|                   | 8,51                  | 7,64    | 1,81  | 3,77              | -  | 23,37 | 4299,00 | 206,10 | 52,68  | 19,36 |
|                   | 8,04                  | 7,36    | 2,28  | 1,67              | -  | 19,49 | 3313,00 | 318,80 | 98,34  | 19,76 |
|                   | 8,21                  | 7,32    | 2,52  | 2,51              | -  | 20,14 | 3628,00 | 216,10 | 63,91  | 22,83 |
|                   | 8,11                  | 7,27    | 1,95  | 2,09              | -  | 14,50 | 2334,00 | 317,60 | 68,74  | 15,00 |
|                   | 8,24                  | 7,47    | 2,29  | 2,93              | -  | 19,21 | 3501,00 | 177,20 | 81,84  | 16,28 |
|                   | 8,49                  | 7,69    | 2,72  | 5,44              | -  | 26,77 | 5020,00 | 177,00 | 68,60  | 21,11 |
|                   | 8,34                  | 7,72    | 1,77  | 2,93              | -  | 16,41 | 2969,00 | 147,70 | 114,70 | 20,03 |
| Minimum           | 8,04                  | 7,21    | 1,44  | 1,67              | -  | 14,50 | 2334,00 | 146,90 | 52,68  | 15,00 |
| Maksimum          | 8,51                  | 7,72    | 4,83  | 6,39              | -  | 29,10 | 5051,00 | 605,90 | 114,70 | 28,62 |
| Prosjeck          | 8,31                  | 7,48    | 2,30  | 3,32              | -  | 21,28 | 3799,73 | 245,98 | 80,20  | 21,17 |

Tablica 9. Deskriptivna statistika kemijskih svojstva lesiviranog tipa tla

| TIP TLA           | pH (H <sub>2</sub> O) | pH (KCl) | Humus | CaCO <sub>3</sub> | HK   | KIK   | Ca      | Mg     | K      | Na    |
|-------------------|-----------------------|----------|-------|-------------------|------|-------|---------|--------|--------|-------|
| Lesivirano<br>tlo | 5,12                  | 3,78     | 1,41  | -                 | 5,03 | 7,38  | 291,80  | 55,47  | 149,80 | 12,21 |
|                   | 5,16                  | 3,87     | 1,31  | -                 | 4,81 | 8,10  | 389,10  | 79,14  | 250,50 | 12,29 |
|                   | 4,96                  | 3,78     | 1,55  | -                 | 5,34 | 9,25  | 505,10  | 93,47  | 216,30 | 16,39 |
|                   | 5,04                  | 3,71     | 1,72  | -                 | 6,91 | 10,74 | 480,20  | 126,30 | 131,60 | 14,22 |
|                   | 5,43                  | 4,16     | 2,41  | -                 | 3,85 | 8,58  | 593,00  | 144,40 | 201,60 | 15,25 |
|                   | 5,83                  | 4,47     | 1,90  | -                 | 3,89 | 13,57 | 1441,00 | 244,20 | 154,60 | 20,54 |
|                   | 5,30                  | 4,26     | 2,31  | -                 | 4,94 | 11,19 | 702,70  | 218,10 | 338,70 | 19,00 |
|                   | 5,65                  | 4,29     | 1,79  | -                 | 4,11 | 10,43 | 917,00  | 128,80 | 231,30 | 21,51 |
|                   | 5,08                  | 3,83     | 2,24  | -                 | 8,40 | 13,16 | 540,80  | 102,90 | 452,70 | 12,97 |
|                   | 5,49                  | 4,36     | 1,97  | -                 | 4,03 | 10,90 | 997,50  | 179,90 | 136,70 | 15,07 |
|                   | 5,76                  | 4,68     | 2,86  | -                 | 4,46 | 13,81 | 1360,00 | 232,30 | 216,60 | 23,34 |
|                   | 5,45                  | 4,10     | 1,72  | -                 | 4,51 | 10,53 | 823,50  | 146,70 | 249,00 | 15,70 |
|                   | 5,69                  | 4,53     | 2,38  | -                 | 4,64 | 15,02 | 1557,00 | 243,80 | 201,10 | 20,17 |
|                   | 5,57                  | 4,26     | 1,66  | -                 | 3,06 | 14,32 | 1784,00 | 248,70 | 91,95  | 18,39 |
|                   | 6,34                  | 5,16     | 2,38  | -                 | 1,84 | 17,02 | 2160,00 | 460,70 | 190,50 | 27,80 |
| Minimum           | 4,96                  | 3,71     | 1,31  | -                 | 1,84 | 7,38  | 291,80  | 55,47  | 91,95  | 12,21 |
| Maksimum          | 6,34                  | 5,16     | 2,86  | -                 | 8,40 | 17,02 | 2160,00 | 460,70 | 452,70 | 27,80 |
| Prosijek          | 5,46                  | 4,22     | 1,97  | -                 | 4,65 | 11,60 | 969,51  | 180,33 | 214,20 | 17,66 |

Na lesiviranom tipu tla utvrđeno je da svi uzorci pripadaju u grupu slabo humoznih tala (1%-3%)(graf. 2.), sa minimalnom vrijednošću od 1,31% , maksimalnom od 2,86% te prosječnom vrijednošću 1,97%(tablica 9.). *Martinović(2000.)* u svojim istraživanjima lesiviranog tla dobio je prosječnu vrijednost humusa od 1,8%. Analizom supstitucijske kiselosti lesiviranog tla 12 uzoraka pripada grupi jako kiselih tala(<4,5) te 3 kisela uzorka (4,5-5,5)(graf.1.), sa rasponom vrijednosti od 3,71 do 5,16 pH jedinice uz prosječnu vrijednost od 4,22 pH jedinice(tablica 9.). S obzirom na utvrđene vrijednosti supstitucijske kiselosti pristupilo se određivanju hidrolitske kiselosti te je utvrđena prosječna vrijednost od 4,65 cmol+/kg uz utvrđeni raspon od 1,84 do 8,4 cmol+/kg tla(tablica 9.). Prosječna vrijednost KIK-a iznosila je 11,60 cmol+/kg s rasponom od 7,38 do 17,02 cmol+/kg tla(tablica 9.).

Tablica 10. Deskriptivna statistika kemijskih svojstva ritske crnice

| TIP TLA       | pH(H <sub>2</sub> O) | pH(KCl) | Humus | CaCO <sub>3</sub> | HK   | KIK   | Ca      | Mg      | K      | Na    |
|---------------|----------------------|---------|-------|-------------------|------|-------|---------|---------|--------|-------|
| Ritska crnica | 8,01                 | 7,02    | 5,28  | 2,12              | -    | 37,87 | 5611,00 | 1102,00 | 215,30 | 57,91 |
|               | 8,31                 | 7,23    | 3,97  | 2,55              | -    | 37,81 | 6122,00 | 801,20  | 203,00 | 33,53 |
|               | 8,40                 | 7,30    | 4,28  | 8,49              | -    | 39,20 | 6491,00 | 718,80  | 233,30 | 68,05 |
|               | 6,76                 | 5,30    | 2,62  | -                 | 1,84 | 27,55 | 2856,00 | 1333,00 | 149,90 | 25,09 |
|               | 7,06                 | 5,70    | 3,90  | 1,70              | -    | 28,13 | 4286,00 | 731,20  | 132,90 | 38,05 |
|               | 8,40                 | 7,54    | 4,13  | 7,12              | -    | 47,10 | 8582,00 | 405,70  | 289,50 | 46,27 |
|               | 8,26                 | 7,36    | 3,99  | 7,12              | -    | 51,16 | 8940,00 | 736,00  | 135,40 | 33,07 |
|               | 7,38                 | 6,34    | 4,45  | 1,26              | -    | 37,28 | 5064,00 | 1390,80 | 160,20 | 36,09 |
|               | 7,82                 | 6,88    | 3,74  | 2,09              | -    | 32,77 | 4471,00 | 1166,20 | 256,40 | 46,61 |
|               | 7,96                 | 7,23    | 11,80 | 8,79              | -    | 45,87 | 5596,00 | 1123,40 | 160,80 | 52,02 |
|               | 6,99                 | 5,98    | 5,81  | 1,26              | -    | 32,13 | 4958,00 | 838,00  | 139,50 | 31,00 |
|               | 6,76                 | 5,59    | 4,19  | 1,67              | -    | 33,95 | 3677,00 | 1592,00 | 225,90 | 30,26 |
|               | 7,01                 | 5,88    | 5,63  | 1,67              | -    | 30,80 | 4438,00 | 994,40  | 135,60 | 28,19 |
|               | 6,86                 | 5,70    | 4,87  | 1,67              | -    | 35,45 | 4316,00 | 1622,40 | 146,60 | 42,41 |
|               | 6,61                 | 5,31    | 5,41  | -                 | 0,79 | 27,65 | 3896,00 | 833,30  | 145,90 | 42,40 |
| Minimum       | 6,61                 | 5,30    | 2,62  | 1,26              | 0,79 | 27,55 | 2856,00 | 405,70  | 132,90 | 25,09 |
| Maksimum      | 8,40                 | 7,54    | 11,80 | 8,79              | 1,84 | 51,16 | 8940,00 | 1622,40 | 289,50 | 68,05 |
| Prosjek       | 7,51                 | 6,42    | 4,94  | 3,65              | 1,32 | 36,31 | 5286,93 | 1025,89 | 182,01 | 40,73 |

*Škorić (1977.)* navodi kako se ritska crnica javlja na području istočne Slavonije i manje u Baranji gdje topografsko hidrološke prilike omogućavaju dizanje podzemne vode do površine uz velike oscilacije i stvaranje dubokog humusnog horizonta ispod kojeg se nalazi glejni sekundarni oksidirani horizont (Gso).Analizom supstitucijske kiselosti ritske crnice utvrđena

su 2 kisela uzorka (4,5-5,5), 6 slabo kiselih uzoraka(5,5-6,5), 2 praktički neutralna uzorka(6,5-7,2) i 5 alkalnih uzoraka(>7,2)(graf.1.), gdje je minimalna vrijednost iznosila 5,3 , maksimalna 7,54 a prosječna vrijednost iznosi 6,42 pH jedinice(tablica 10.). Testiranjem udjela karbonata 2 uzorka nisu dala nikakvu reakciju i svrstani su u grupu jako slabe reakcije(<1%), 9 uzoraka pripada u slabu reakciju(1%-3%) i 4 uzorka sa jakim i dugom reakcijom(>5%)(graf.3.). Minimalna izmjerena vrijednost iznosi 1,26% , maksimalna iznosi 8,79% dok je prosječna vrijednost 3,65% (tablica 10.). Određivanjem sadržaja humusa 1 uzorak je pripao grupi slabo humoznih tala(1%-3%), 9 uzoraka u grupu dosta humoznih tala(3%-5%), 4 uzorka u jako humozna tla(5%-10%), dok je 1 uzorak svrstan u grupu vrlo jako humozna tla (>10%)(graf.2.). Utvrđeni sadržaj humusa kretao se od 2,62% pa do 11,8% , sa prosječnom vrijednošću od 4,94%(tablica 10.). Za ritsku crnicu *Martinović(2000.)* navodi da sadržava 3-6% humusa što potvrđuju i rezultati provedenog istraživanja. *Husnjak(2000.)* u svojem istraživanju hidromelioriranih tala Srednje Posavine izmjerio sadržaj organske tvari od 4,3%.

Vrijednosti kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tla imale su raspon utvrđenih vrijednosti od 27,55 do 51,16 uz prosjek od 36,31 cmol+/kg tla(tablica 10.). Prosječna vrijednost hidrolitskeca 15 kiselosti koja je pronađena u 2 uzorka iznosi 1,32 cmol+/kg gdje je uzorak sa 0,79cmol+/kg ujedno i minimum a uzorak od 1,84 cmol+/kg tla maksimalna vrijednost(tablica 10.)

Tablica 11. Statistička značajnost prosječnih vrijednosti kemijskih svojstava ispitivanih tala

| TIP TLA        | pH(H <sub>2</sub> O) | pH(KCl) | Humus  | CaCO <sub>3</sub> | HK     | KIK    | Ca       | Mg       | K       | Na     |
|----------------|----------------------|---------|--------|-------------------|--------|--------|----------|----------|---------|--------|
| Aluvijalno tlo | 8,31 a               | 7,48 a  | 2,30 b | 3,32 n.s.         | -      | 21,3 b | 3799,7 b | 245,9 b  | 80,2 b  | 21,2 b |
| Lesivirano tlo | 5,46 c               | 4,22 c  | 1,97 b | -                 | 4,65 a | 11,6 c | 969,5 c  | 180,3 b  | 214,2 a | 17,7 b |
| Ritska crnica  | 7,51 b               | 6,42 b  | 4,94 a | 3,65n.s.          | 1,32 b | 36,3 a | 5286,9 a | 1025,9 a | 182,0 a | 40,7 a |

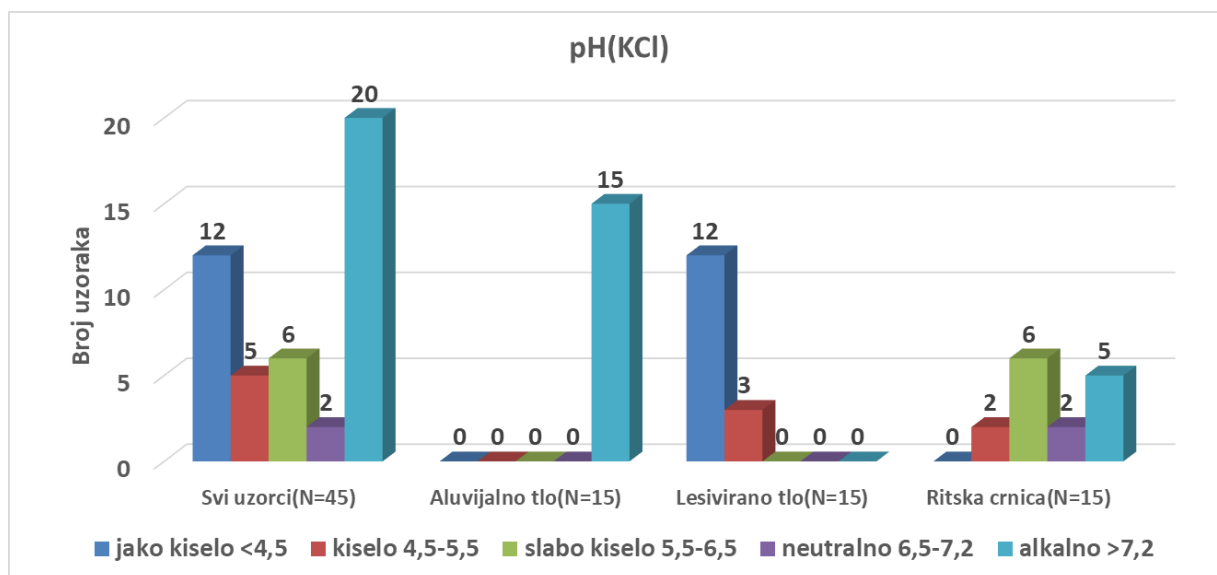
\*Vrijednosti označene različitim slovima odnose se na statistički značajne razlike (P<0,05) prosječnih vrijednosti svojstva ovisno o tipu tla

Statističkom obradom podataka utvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih tala za aktualnu i supstitucijsku kiselost, kationski izmjenjivački kapacitet tla te sadržaj kalcija(tablica 11.).

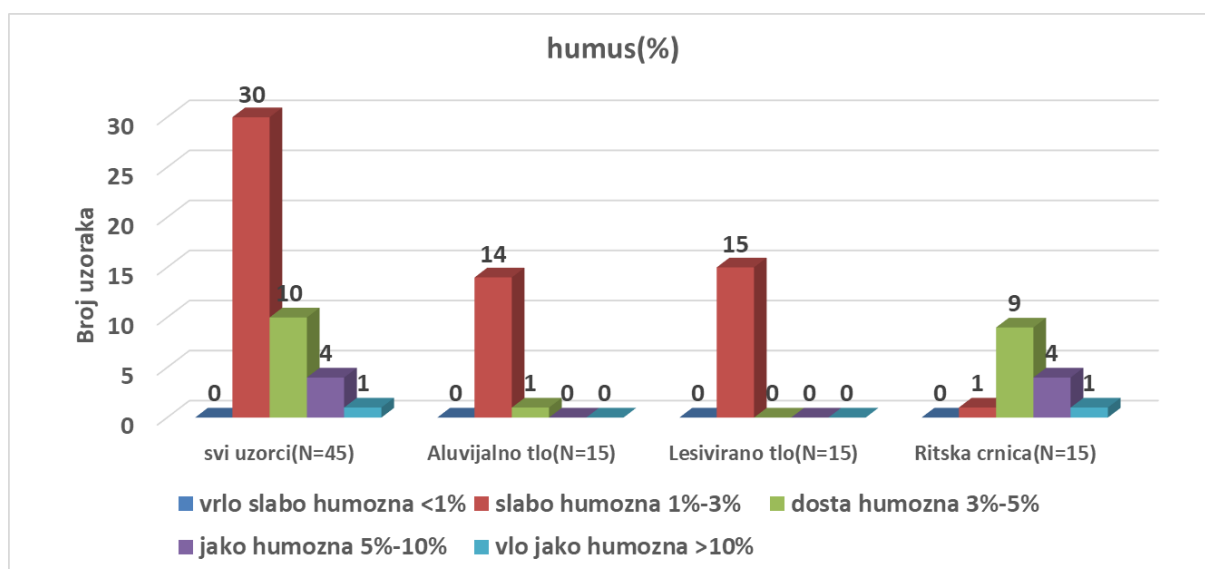
Statističkom obradom podataka (tablica 11.), nadalje je utvrđeno kako su statistički značajno više vrijednosti humusa, magnezija i natrija utvrđene na ritskoj crnici u odnosu na ostale istraživane tipove tala između kojih nije utvrđena statistički značajna razlika. Nadalje je utvrđen statistički značajno manji udio kalija na aluvijalnom tlu u odnosu na lesivirano tlo i ritsku crnicu

između kojih je značajna razlika izostala. Prosječna vrijednost hidrolitičke kiselosti na lesiviranom tlu imala je statistički značajno veću utvrđenu vrijednost u odnosu na ritsku crnicu, dok za sadržaj karbonata u istraživanim tlima nije utvrđena značajnija razlika između istraživanih tipova tala.

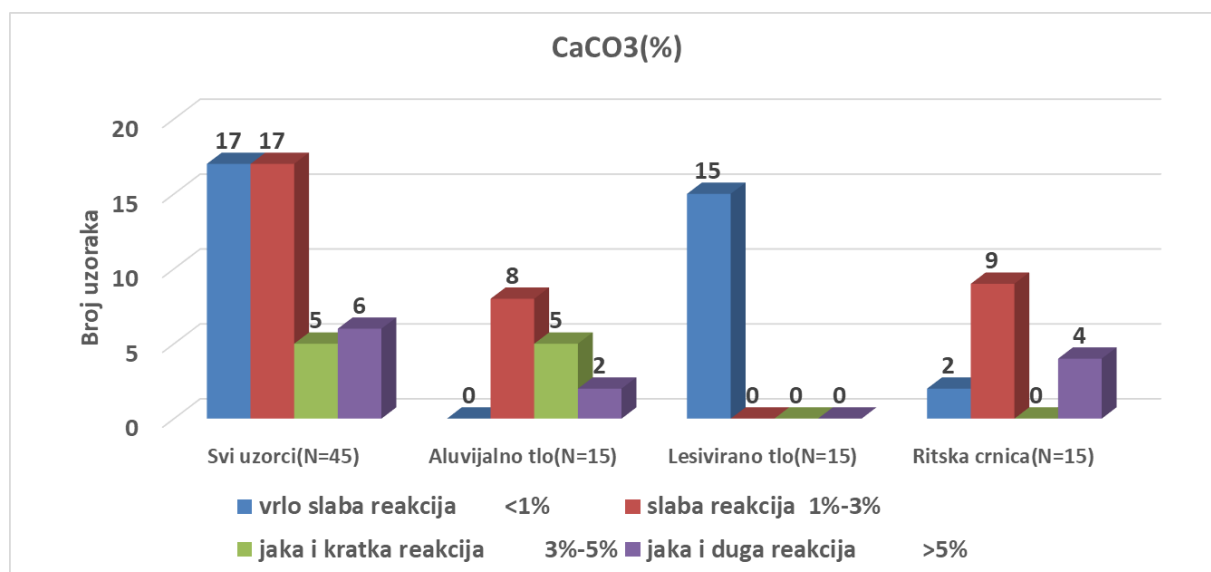
Graf. 1. Prikaz broja uzoraka po grupama supstitucijske kiselosti



Graf.2. Prikaz broja uzoraka po grupama humoznosti



Graf.3. Prikaz broja uzoraka po udjelu karbonata



### 3.2.Fizikalna svojstva

Prema Škoriću (1977.) oranični horizonti aluvijalnih tala su lake teksture što potvrđuju i navodi kako su u sklopu kartirane jedinice broj 30., uz rijeke Dravu i Dunav, izdvojena duboka aluvijalna tla pjeskovito do pjeskovito ilovaste teksture. Prosječna vrijednost gline, frakcija manjih od 0,002%, u Martinovićevoj(2000.) analizi iznosila je 7,4% , dok je prosječna utvrđena vrijednost sadržaja čestica gline u ovom istraživanju iznosila 7,14% sa graničnim vrijednostima od 1,83% do 15,83%(tablica 12.). Također, Martinović(2000.) navodi da mu je prosječna vrijednost čestica sitnog praha iznosila 23,3% dok je prosječna utvrđena vrijednost ovog istraživanja iznosila 23,02% gdje je minimalna vrijednost iznosila 12,09% a maksimalna 62,92%(tablica 12.).

Rezultati istraživanja pokazuju da aluvijalna tla imaju srednju zbijenost koja se kreće od 1,4-1,75(graf 4.) , gdje je minimalna izmjerena vrijednost 1,42 , maksimalna 1,54 i srednja izmjerena vrijednost 1,46% volumena(tablica 12.) .

Tablica 12. Deskriptivna statistika fizikalnih svojstva aluvijalnog tipa tla

| Tip tla           | Higroskopna<br>vlaga | Krupni<br>Pijesak | Sitni<br>Pijesak | Krupni<br>Prah | Sitni<br>Prah | Glina | pv   | Gustoća<br>pakiranja |
|-------------------|----------------------|-------------------|------------------|----------------|---------------|-------|------|----------------------|
| Aluvijalno<br>tlo | 3,37                 | 1,01              | 4,85             | 15,38          | 62,92         | 15,83 | 1,40 | 1,54                 |
|                   | 1,05                 | 6,52              | 36,42            | 39,87          | 14,45         | 2,73  | 1,40 | 1,42                 |
|                   | 1,33                 | 0,58              | 28,57            | 43,07          | 19,46         | 8,31  | 1,40 | 1,47                 |
|                   | 1,71                 | 0,97              | 20,48            | 44,06          | 23,70         | 10,78 | 1,40 | 1,50                 |
|                   | 0,94                 | 1,13              | 51,88            | 29,83          | 14,13         | 3,03  | 1,40 | 1,43                 |
|                   | 1,44                 | 0,74              | 31,18            | 38,45          | 27,80         | 1,83  | 1,40 | 1,42                 |
|                   | 1,06                 | 26,61             | 38,83            | 15,86          | 14,86         | 3,84  | 1,40 | 1,43                 |
|                   | 2,35                 | 0,67              | 13,38            | 38,02          | 34,31         | 13,62 | 1,40 | 1,52                 |
|                   | 1,34                 | 1,17              | 35,38            | 38,51          | 20,88         | 4,05  | 1,40 | 1,44                 |
|                   | 1,50                 | 0,68              | 34,18            | 33,37          | 22,74         | 9,04  | 1,40 | 1,48                 |
|                   | 1,39                 | 5,54              | 33,31            | 34,38          | 18,96         | 7,81  | 1,40 | 1,47                 |
|                   | 1,11                 | 5,20              | 42,20            | 30,26          | 15,57         | 6,78  | 1,40 | 1,46                 |
|                   | 1,10                 | 0,63              | 41,33            | 35,60          | 16,89         | 5,56  | 1,40 | 1,45                 |
|                   | 1,39                 | 4,33              | 23,02            | 37,47          | 26,47         | 8,72  | 1,40 | 1,48                 |
|                   | 0,77                 | 0,71              | 50,60            | 31,46          | 12,09         | 5,14  | 1,40 | 1,45                 |
| Minimum           | 0,77                 | 0,58              | 4,85             | 15,38          | 12,09         | 1,83  | 1,40 | 1,42                 |
| Maksimum          | 3,37                 | 26,61             | 51,88            | 44,06          | 62,92         | 15,83 | 1,40 | 1,54                 |
| Prosjek           | 1,46                 | 3,77              | 32,37            | 33,71          | 23,02         | 7,14  | 1,40 | 1,46                 |

Lesivirano tlo pripada klasi eluvijalno-iluvijalnih tala koju karakterizira građa profila s A-E-B-C horizontima (*Škorić, 1977.*) Za ovo je tlo karakteristično ispiranje (lesivaža) čestica gline iz eluvijalnog (E) horizonta i njihovo akumuliranje u iluvijalnom (Bt). Svi uzorci lesiviranog tla pokazali su da imaju srednje zbijenu gustoću pakiranja(1,4-1,75)(graf. 4.), sa iznosom koji varira od 1,61 pa do 1,73 i prosječnom vrijednošću od 1,67% volumena(tablica 13.). *Husnjak(2000.)* u svojim istraživanjima navodi podatak da je gustoća pakiranja u oraničnom sloju kontrolnog polja RA-9 na Šašnoj Gredi iznosila 1,62g/cm<sub>3</sub>.

Testiranjem uzoraka lesiviranog tla dobivena je prosječnu vrijednost gline, čestica manjih od 0,002%, od 19,22% sa minimalnim iznosom od 11,95% i maksimalnim iznosom od 25,03%(tablica 13.). Slične rezultate dobio je i *Martinović(2000.)* čija je prosječna vrijednost iznosila 19,5% Isti autor je naveo prosječnu vrijednost sitnog praha, čestica veličine 0,02-0,002, od 29,4% dok ovi rezultati pokazuju prosječnu vrijednost od 32,62% sa graničnim vrijednostima od 22,96% i 38,56%(tablica 13.).

Tablica 13. Deskriptivna statistika fizikalnih svojstva lesiviranog tipa tla

| Tip tla           | Higroskopna<br>vlaga | Krupni<br>Pijesak | Sitni<br>Pijesak | Krupni<br>Prah | Sitni<br>Prah | Glina | pv   | Gustoća<br>pakiranja |
|-------------------|----------------------|-------------------|------------------|----------------|---------------|-------|------|----------------------|
| Lesivirano<br>tlo | 1,24                 | 7,86              | 20,33            | 34,75          | 25,11         | 11,95 | 1,50 | 1,61                 |
|                   | 1,13                 | 7,64              | 25,14            | 27,27          | 22,96         | 16,99 | 1,50 | 1,65                 |
|                   | 1,42                 | 0,64              | 4,05             | 46,21          | 28,61         | 20,49 | 1,50 | 1,68                 |
|                   | 1,87                 | 3,95              | 1,85             | 46,20          | 29,65         | 18,34 | 1,50 | 1,67                 |
|                   | 1,46                 | 1,94              | 3,10             | 40,87          | 38,56         | 15,53 | 1,50 | 1,64                 |
|                   | 2,19                 | 0,90              | 2,66             | 38,68          | 35,17         | 22,59 | 1,50 | 1,70                 |
|                   | 1,78                 | 2,44              | 2,00             | 40,69          | 36,76         | 18,12 | 1,50 | 1,66                 |
|                   | 1,67                 | 1,93              | 2,32             | 41,04          | 35,60         | 19,12 | 1,50 | 1,67                 |
|                   | 1,62                 | 1,50              | 1,91             | 43,32          | 34,87         | 18,40 | 1,50 | 1,67                 |
|                   | 1,55                 | 1,47              | 2,11             | 43,69          | 32,30         | 20,42 | 1,50 | 1,68                 |
|                   | 1,99                 | 1,92              | 3,73             | 39,35          | 32,85         | 22,14 | 1,50 | 1,70                 |
|                   | 1,68                 | 1,50              | 1,88             | 45,36          | 32,55         | 18,71 | 1,50 | 1,67                 |
|                   | 2,14                 | 0,93              | 1,81             | 44,63          | 34,03         | 18,60 | 1,50 | 1,67                 |
|                   | 2,32                 | 2,22              | 3,13             | 37,02          | 35,83         | 21,81 | 1,50 | 1,70                 |
|                   | 2,51                 | 0,82              | 1,77             | 37,91          | 34,47         | 25,03 | 1,50 | 1,73                 |
| Minimum           | 1,13                 | 0,64              | 1,77             | 27,27          | 22,96         | 11,95 | 1,50 | 1,61                 |
| Maksimum          | 2,51                 | 7,86              | 25,14            | 46,21          | 38,56         | 25,03 | 1,50 | 1,73                 |
| Prosjek           | 1,77                 | 2,51              | 5,19             | 40,47          | 32,62         | 19,22 | 1,50 | 1,67                 |

Ritsku crnicu karakterizira visok sadržaj čestica gline te humusa u oraničnom horizontu, što su utvrdili i drugi autori (*Škorić, 1977., Husnjak, 2014.*). Rezultati testiranja gustoće pakiranja svrstali su sve uzorake u grupu jako zbijenih tala(>1,75)(graf.4.), sa vrijednostima od 1,83 do 2,02 , odnosno sa prosječnom vrijednosti od 1,91% volumena (tablica 14.). Prosječna vrijednost gline iznosila je 34,92%, sa rasponom utvrđenih vrijednosti od 26,01% do 46,81% dok je prosječna vrijednost sitnog praha bila 33,58% sa minimalnim iznosom od 25,63% i maksimalnim iznosom od 40,34%(tablica 14.). *Martinović(2000.)* je testirajući ritsku crnicu na bioklimatu šume hrasta lužnjaka i običnog graba dobio prosječne vrijednosti gline od 40,30% i prosječnu vrijednost praha od 34,0%.

Tablica 14. Deskriptivna statistika fizikalnih svojstva ritske crnice

| Tip tla          | Higroskopna<br>vlaga | Krupni<br>Pijesak | Sitni<br>Pijesak | Krupni<br>Prah | Sitni<br>Prah | Glina | pv   | Gustoća<br>pakiranja |
|------------------|----------------------|-------------------|------------------|----------------|---------------|-------|------|----------------------|
| Ritska<br>crnica | 5,36                 | 0,49              | 4,17             | 10,06          | 38,46         | 46,81 | 1,60 | 2,02                 |
|                  | 5,17                 | 0,65              | 9,40             | 21,51          | 25,63         | 42,81 | 1,60 | 1,99                 |
|                  | 5,27                 | 0,67              | 2,34             | 12,75          | 39,48         | 44,76 | 1,60 | 2,00                 |
|                  | 3,57                 | 0,41              | 0,83             | 28,66          | 33,91         | 36,19 | 1,60 | 1,93                 |
|                  | 4,05                 | 1,09              | 3,11             | 26,91          | 30,12         | 38,77 | 1,60 | 1,95                 |
|                  | 3,49                 | 0,93              | 3,14             | 39,26          | 28,39         | 28,29 | 1,60 | 1,85                 |
|                  | 3,87                 | 0,95              | 2,25             | 34,59          | 33,08         | 29,13 | 1,60 | 1,86                 |
|                  | 4,79                 | 0,31              | 0,51             | 27,87          | 30,67         | 40,65 | 1,60 | 1,97                 |
|                  | 3,97                 | 0,20              | 0,54             | 32,61          | 31,86         | 34,78 | 1,60 | 1,91                 |
|                  | 6,29                 | 1,61              | 12,35            | 16,90          | 40,34         | 28,81 | 1,60 | 1,86                 |
|                  | 3,87                 | 0,36              | 1,58             | 33,97          | 38,07         | 26,01 | 1,60 | 1,83                 |
|                  | 3,97                 | 0,18              | 0,71             | 32,57          | 32,28         | 34,26 | 1,60 | 1,91                 |
|                  | 3,77                 | 0,24              | 1,05             | 35,22          | 32,63         | 30,86 | 1,60 | 1,88                 |
|                  | 4,31                 | 0,23              | 0,90             | 32,62          | 32,81         | 33,44 | 1,60 | 1,90                 |
|                  | 4,73                 | 0,72              | 3,68             | 31,47          | 35,90         | 28,23 | 1,60 | 1,85                 |
| Minimum          | 3,49                 | 0,18              | 0,51             | 10,06          | 25,63         | 26,01 | 1,60 | 1,83                 |
| Maksimum         | 6,29                 | 1,61              | 12,35            | 39,26          | 40,34         | 46,81 | 1,60 | 2,02                 |
| Prosjek          | 4,43                 | 0,60              | 3,10             | 27,80          | 33,58         | 34,92 | 1,60 | 1,91                 |

Tablica 15. Statistička značajnost prosječnih vrijednosti fizikalnih svojstava ispitivanih tala

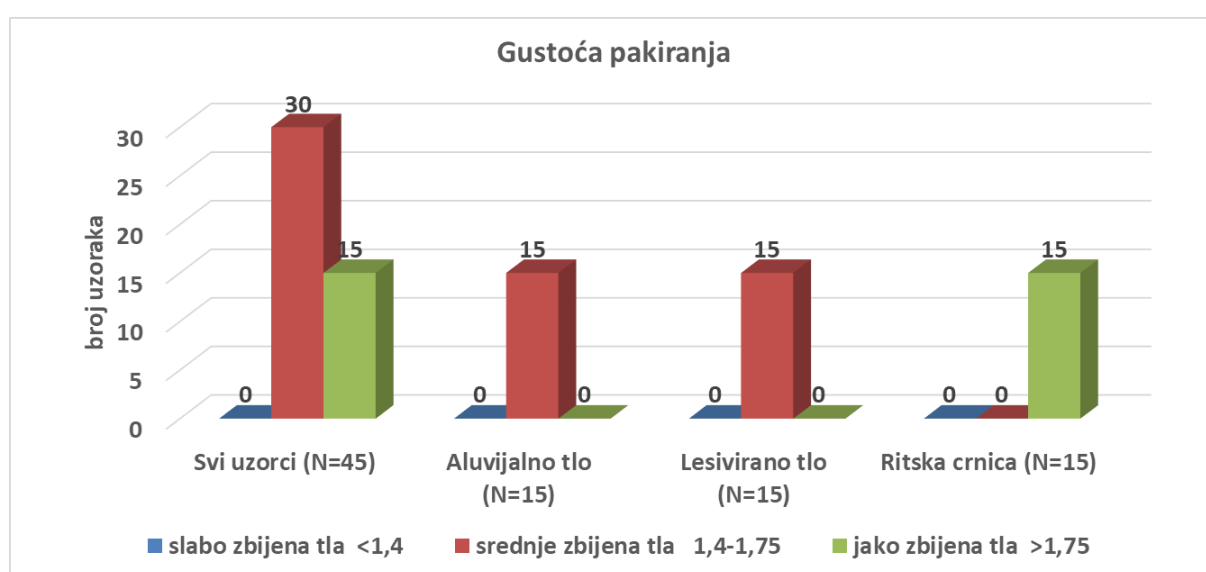
| Tip tla       | Higroskopna<br>vlaga | Krupni<br>Pijesak | Sitni<br>Pijesak | Krupni<br>Prah | Sitni<br>Prah | Glina   | pv    | Gustoća<br>pakiranja |
|---------------|----------------------|-------------------|------------------|----------------|---------------|---------|-------|----------------------|
| Aluvijalno    | 1,46 b               | 3,77 a            | 32,37 a          | 33,71 b        | 23,02 b       | 7,14 c  | 1,4 c | 1,46 c               |
| Lesivirano    | 1,77 b               | 2,51 a            | 5,19 b           | 40,47 a        | 32,62 a       | 19,22 b | 1,5 b | 1,67 b               |
| Ritska crnica | 4,43 a               | 0,6 b             | 3,1 b            | 27,8 b         | 33,58 a       | 34,92 a | 1,6 a | 1,91 a               |

\*Vrijednosti označene različitim slovima odnose se na statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) prosječnih vrijednosti svojstva ovisno o tipu tla

Statističkom obradom podataka utvrđene su statistički značajne razlike između svih istraživanih tipova tala i to za glinu, volumnu gustoću tla i za gustoću pakiranja (tablica 15.). Statistički značajno više vrijednosti higroskopne vlage utvrđene su na ritskoj crnici u odnosu na ostale istraživane tipove tala između kojih nije utvrđena statistički značajna razlika. Nadalje je utvrđen

statistički značajno manji udio krupnog pijeska na ritskoj crnici u odnosu na lesivirano i aluvijalno tlo između kojih je značajna razlika izostala. Statistički značajne više vrijednosti udjela sitnog pijeska utvrđene su na aluvijalnom tlu dok na lesiviranom tlu i ritskoj crnici nije utvrđena statistički značajna razlika. Statistički značajne više vrijednosti krupnog praha nalaze se na lesiviranom tipu tla dok je između ostalih tipova statistički značajna razlika izostala. Za sitni prah statističko značajne niže vrijednosti pokazalo je aluvijalno tlo dok između lesiviranog tipa tla i ritske crnice nema statističko značajne razlike (tablica 15.).

Graf.4. Prikaz broja uzoraka po grupama zbijenosti tla



### 3.3. Plastičnost

Plastičnost je sposobnost zemljišne mase tj. tla da se pod utjecajem vanjskih sila deformira bez raskidanja i da takav oblik zadrži čak i nakon prestanka djelovanja iste (*Pavićević, 1972.*).

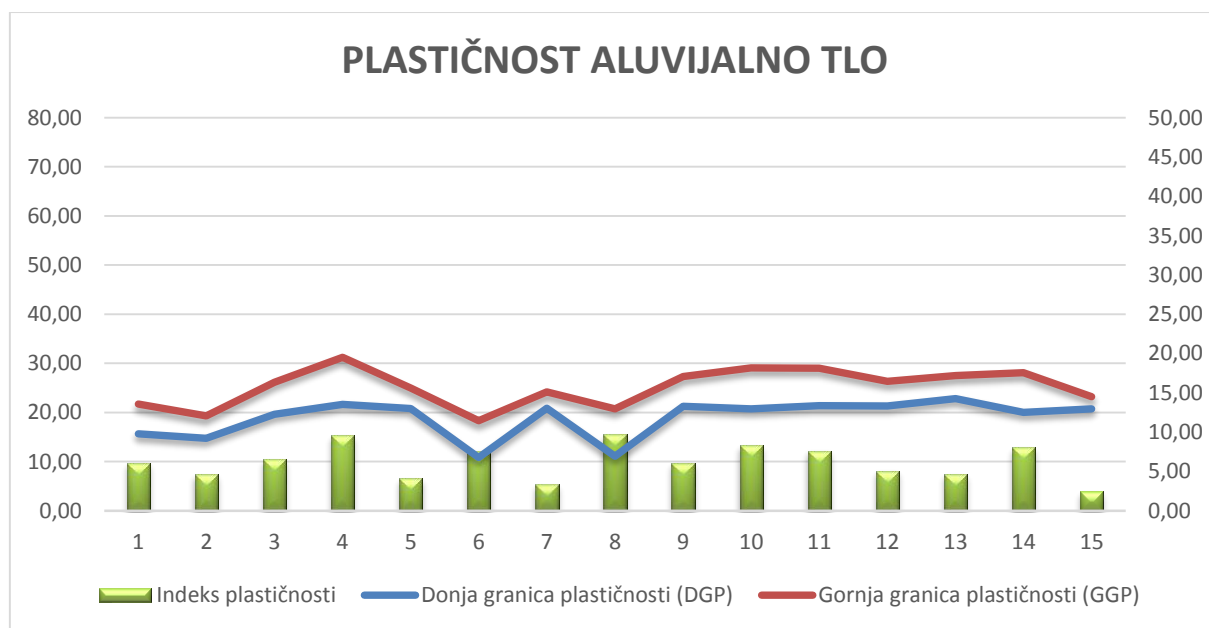
Prevelika plastičnost, osim sa stajališta obrade, nepoželjna je i zbog biljaka. Zbog visokog udjela gline i praha i slabije propusnosti tla, može doći do uvenuća biljaka uslijed obilnih kiša što može onemogućiti biljci normalno disanje. U takvoj situaciji šteta na usjevu se svakim danom povećava. Kod jako plastičnih tala poželjno je izvesti kalcizaciju jer prisustvo  $\text{CaCO}_3$  u zemljištu smanjuje njegovu plastičnost (*Živković, 1991.*)

*Pavićević (1972.)* navodi da zemljišta imaju veći broj plastičnosti ukoliko sadrže više humusa. Isti autor navodi da je kod zemljišta u humusnom horizontu niža granica plastičnosti bliska

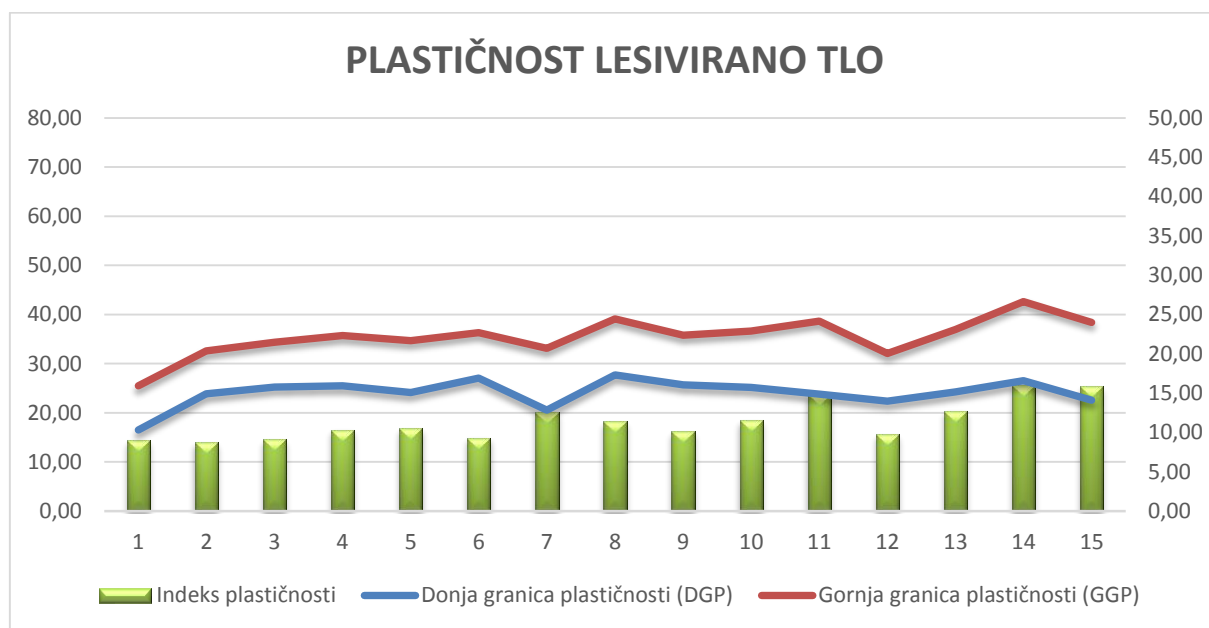
optimalnoj vlažnosti pri kojoj se zemljište najbolje obrađuje. *Racz(1986.)* iznosi da veći sadržaj humusa povoljno djeluje na konzistenciju tla jer povećava vlažnost tla kod donje granice plastičnosti i na taj način smanjuje indeks plastičnosti i ukupnu plastičnost tla. Tvrdnje koje govore da se sa povećanjem sadržaja humusa plastičnost smanjuje i tvrdnje koje govore da se plastičnost povećava s povećanjem sadržaja humusa objašnjava *Živković(1991.)* preko istraživanja od *Sokolovskog(1956.)* koji govori da utjecaj humusa na plastičnost može biti dvojak, odnosno da se plastičnost zemljišta povećava samo pri obogaćivanju istih tzv. „aktivnim“ hidrofilnim, a ne i pri obogaćivanju „pasivnim“ hidrofobnim humusom.

S porastom indeksa plastičnosti raste žilavost i čvrstoća tla u suhom stanju dok u vlažnom i mokrom stanju takva tla postaju mekana i klizava što otežava kretanje vozila po oranici(*Racz, 1986.*).

Graf.5. Prikaz plastičnosti ispitivanih uzoraka aluvijalnog tipa tla



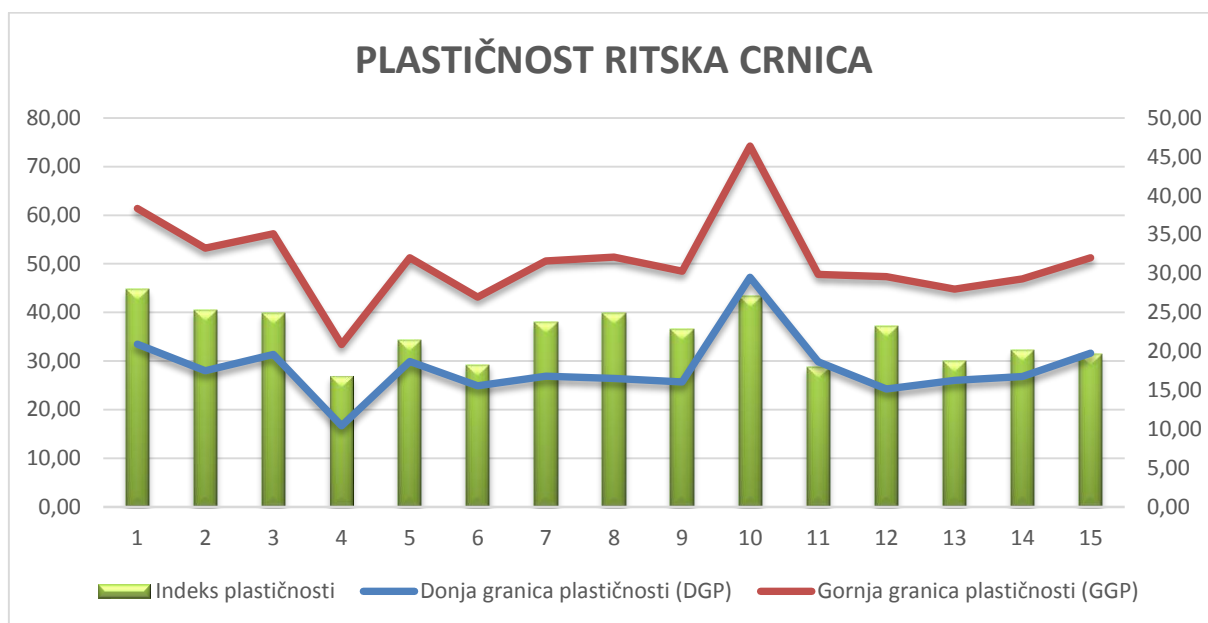
Graf.6. Prikaz plastičnosti ispitivanih uzoraka lesiviranog tipa tla



Interpretacijom rezultata donje i gornje granice plastičnosti dobili smo indeks plastičnosti za Aluvijalno tlo. Indeks plastičnosti dobiva se oduzimanjem donje granice plastičnosti od gornje granice plastičnosti i u slučaju 15 uzoraka Aluvijanog tla on se je kretao od 2,45 ,što mu je bila minimalna vrijednost, do maksimalne vrijednosti od 9,56 sa prosječnom vrijednošću od 6,24(graf. 5.). Prema rezultatima indeksa plastičnosti aluvijalni tip tla je svrstan u dvije grupe: u grupu slabo plastičnih tala(1-7) pribrojano je 9 uzoraka dok je 6 uzoraka pripalo u grupu plastičnih tala(7-17)(graf. 8.).

Ispitivanjem donje granice plastičnosti dobiveni se rezultati koji su se kretali od 10,80 pa do 22,81, sa srednjom vrijednosti od 18,90. Testiranjem gornje granice plastičnosti utvrđena je minimalna vrijednost od 18,30 a maksimalna od 31,19 sa prosječnom vrijednošću od 25,13(graf. 5.). Špoljar i sur.(1999.) istražujući utjecaj grahorice na značajke tla iznosi prosječne vrijednosti za indeks plastičnosti koji je iznosio 8,0 , dok mu je gornja granica plastičnosti iznosila 29,5 a donja granica plastičnosti 21,5.Granične vrijednost donje granice plastičnosti lesiviranog tla iznosile su od 16,49 do 27,71 sa prosječnom vrijednošću od 24,06 (graf. 6.).Što se tiče gornje granice plastičnosti, rezultati su pokazali da se je kretala od 25,49 do 42,61 a srednja vrijednost joj je iznosila 35,52 (graf. 6.). Interpretacija danih rezultata omogućila je izračunavanje Indeksa plastičnosti, čija je minimalna vrijednost bila 8,77 , maksimalna 16,04 , a prosječna vrijednost je iznosila 11,45(graf. 6.). Svi uzorci lesiviranog tla su pokazali plastičnost i svrstani su u grupu plastičnih tala (7-17) (graf. 8.).

Graf.7. Prikaz plastičnosti ispitivanih uzoraka ritske crnice



Donja granica plastičnosti je varirala od 16,68 pa sve do 47,20 , sa prosječnom vrijednošću od 28,60 dok je gornja granica plastičnosti, čija je minimalna vrijednost iznosila 33,42 a maksimalna 74,26, imala prosječnu vrijednost od 50,77(graf. 7.). Interpretirajući granice plastičnosti utvrđena je prosječna vrijednost od 22,16 sa rasponom utvrđenih vrijednosti od 16,74 do 27,94(graf. 7.). Očitavanjem indeksa plastičnosti 1 uzorak se pribrojio u grupu plastičnih tala(7-17) dok je 14 uzoraka ušlo u grupu jako plastičnih tala(>17)(graf. 8.)

Tablica 16. Statistička značajnost prosječnih vrijednosti plastičnih svojstava ispitivanih tala

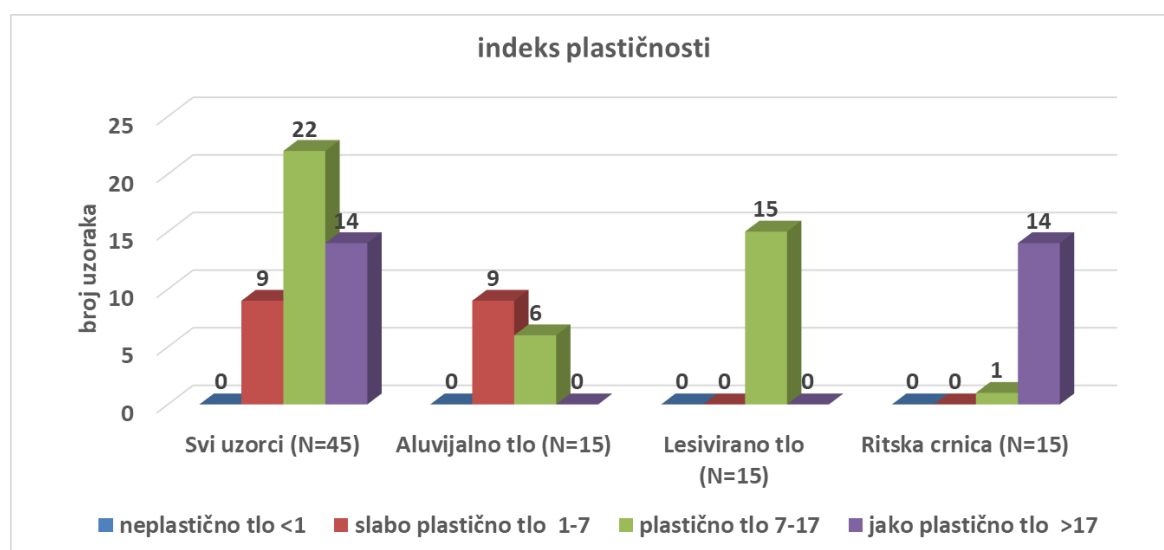
|                | Donja granica plastičnosti<br>(DGP) | Gornja granica plastičnosti<br>(GGP) | Indeks plastičnosti<br>(IP) |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Svi uzorci     | 23,85                               | 37,14                                | 13,29                       |
| Aluvijalno tlo | 18,90 c                             | 25,13 c                              | 6,24 c                      |
| Lesivirano tlo | 24,06 b                             | 35,52 b                              | 11,45 b                     |
| Ritska crnica  | 28,60 a                             | 50,77 a                              | 22,16 a                     |

\*Vrijednosti označene različitim slovima odnose se na statistički značajne razlike ( $P < 0,05$ ) prosječnih vrijednosti svojstva ovisno o tipu tla

Statističkom obradom podataka utvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih tala za donju granicu plastičnosti, za gornju granicu plastičnosti i za indeks plastičnosti(tablica 16.). Gajić(2005.) testirajući plastičnost pseudogleja na ukupno 53 uzorka dobiva slijedeće rezultate. Prosječna vrijednosti donje granice plastičnosti iznosila je 20, sa minimalnim i maksimalnim

iznosima koji su iznosili 18 i 28. Gornja granica plastičnosti imala je prosječnu vrijednost od 38, sa graničnim vrijednostima od 32 i 40. Prosječna vrijednost indeksa plastičnosti bila je 18, uz minimalni vrijednost od 13 dok joj je maksimalna vrijednost iznosila 19. Ćirić(2008.) testirajući černozem na 6 različitih lokacija černozema i sa ukupno 36 uzoraka dobija slijedeće prosječne rezultate. Indeksa plastičnosti imao je prosječnu vrijednost od 11,69, prosječna vrijednost gornje granice plastičnosti iznosila je 38,39 dok je kod donje granice plastičnosti izračunata prosječna vrijednost od 25,86.

Graf.8. Prikaz broja uzoraka po grupama plastičnosti



Tablica 17. Koeficijenti korelacije kemijskih i fizikalnih svojstava tla i plastičnosti (svi uzorci, N=45)

|                                   | pH (H <sub>2</sub> O) | pH (KCl) | Humus  | CaCO <sub>3</sub> | Hid. kis. | K. pijesak | S. pijesak | K. prah | S. prah | Glina  | KIK-aa | Ca     | Mg     | K      | Na     | Donja granica plastičnosti (DGP) | Gornja granica plastičnosti (GGP) | Indeks plastičnosti (IP) |
|-----------------------------------|-----------------------|----------|--------|-------------------|-----------|------------|------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| pH(H <sub>2</sub> O)              | 1                     |          |        |                   |           |            |            |         |         |        |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| pH(KCl)                           |                       | 1        |        |                   |           |            |            |         |         |        |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| Humus                             | 0,25                  | 0,25     | 1      |                   |           |            |            |         |         |        |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| CaCO <sub>3</sub>                 | 0,48                  | 0,47     | 0,37   | 1                 |           |            |            |         |         |        |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| Hid.kiselost                      | -0,85                 | -0,84    | -0,54  |                   | 1         |            |            |         |         |        |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| K.pijesak                         | 0                     | 0,04     | -0,24  | -0,02             | 0,32      | 1          |            |         |         |        |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| S.pijesak                         | 0,53                  | 0,57     | -0,33  | -0,11             | 0,12      | 0,37       | 1          |         |         |        |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| K.prah                            | -0,43                 | -0,42    | -0,52  | -0,24             | 0,55      | -0,23      | -0,08      | 1       |         |        |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| S.prah                            | -0,31                 | -0,33    | 0,46   | 0,34              | -0,31     | -0,37      | -0,79      | -0,19   | 1       |        |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| Glina                             | -0,14                 | -0,18    | 0,55   | 0,04              | -0,65     | -0,37      | -0,76      | -0,41   | 0,53    | 1      |        |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| KIK-aa                            | 0,61                  | 0,58     | 0,73   | 0,48              | -0,65     | -0,28      | -0,23      | -0,51   | 0,24    | 0,58   | 1      |        |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| Ca                                | 0,79                  | 0,77     | 0,56   | 0,62              | -0,81     | -0,2       | 0          | -0,47   | 0,07    | 0,35   | 0,94   | 1      |        |        |        |                                  |                                   |                          |
| Mg                                | 0,2                   | 0,16     | 0,67   | -0,18             | -0,68     | -0,31      | -0,44      | -0,46   | 0,34    | 0,76   | 0,72   | 0,5    | 1      |        |        |                                  |                                   |                          |
| K                                 | -0,54                 | -0,53    | 0,09   | 0,19              | 0,59      | -0,12      | -0,58      | 0,06    | 0,38    | 0,46   | -0,03  | -0,22  | 0,09   | 1      |        |                                  |                                   |                          |
| Na                                | 0,41                  | 0,37     | 0,72   | 0,39              | -0,76     | -0,28      | -0,35      | -0,61   | 0,36    | 0,72   | 0,81   | 0,71   | 0,68   | 0,16   | 1      |                                  |                                   |                          |
| Donja granica plastičnosti (DGP)  | -0,14                 | -0,14    | 0,69** | 0,27              | -0,06     | -0,18      | -0,41**    | -0,34*  | 0,30*   | 0,61** | 0,40** | 0,21   | 0,40** | 0,31*  | 0,58** | 1                                |                                   |                          |
| Gornja granica plastičnosti (GGP) | -0,07                 | -0,09    | 0,76** | 0,21              | -0,49**   | -0,31*     | -0,60**    | -0,41** | 0,43**  | 0,85** | 0,62** | 0,39** | 0,67** | 0,37** | 0,75** | 0,90**                           | 1                                 |                          |
| Indeks plastičnosti (IP)          | 0,01                  | -0,04    | 0,70** | 0,13              | -0,73**   | -0,37**    | -0,68**    | -0,40** | 0,48**  | 0,93** | 0,71** | 0,49** | 0,79** | 0,36*  | 0,79** | 0,68**                           | 0,93**                            | 1                        |

\*značajna korelacija (0,05)

\*\*vrlo značajna korelacija (0,01)

Prema utvrđenim koeficijentima korelacije između fizikalno kemijskih svojstava svih istraživanih uzoraka i plastičnosti utvrđena je vrlo značajna korelacija (P=0,01) pozitivnog smjera između donje granice plastičnosti i humusa, gline, KIK-a, magnezija i natrija, dok je

vrlo značajna korelacija ali negativnog smjera utvrđena između donje granice plastičnosti i sitnog pijeska. Značajna korelacija ( $P=0,05$ ) pozitivnog smjera utvrđena je pak između donje granice plastičnosti te sitnog praha i kalija, dok je negativnog smjera utvrđena sa krupnim prahom(tablica 17.). Također su utvrđeni koeficijenti korelacije između fizikalno kemijskih svojstava svih istraživanih uzoraka i gornje granice plastičnosti. Utvrđena je vrlo značajna korelacija ( $P=0,01$ ) pozitivnog smjera između gornje granice plastičnosti i humusa, sitnog praha, gline, KIK-a, kalcija, magnezija, kalija i natrija. Vrlo značajna korelacija ali negativnog smjera utvrđena je između gornje granice plastičnosti i hidrolitske kiselosti, sitnog pijeska i krupnog praha. Značajna korelacija ( $P=0,05$ ) negativnog smjera utvrđena je između gornje granice plastičnosti i krupnog pijeska(tablica 17.). Koeficijenti korelacije između fizikalno kemijskih svojstava svih istraživanih uzoraka i indeksa plastičnosti imali su vrlo značajnu korelaciju ( $P=0,01$ ) pozitivnog smjera za humus, sitni prah, glinu, KIK, kalcij, magnezij i natrij. Vrlo značajna korelacija ali negativnog smjera utvrđena je između indeksa plastičnosti i hidrolitske kiselosti, krupnog pijeska, sitnog pijeska i krupnog praha. Značajna korelacija ( $P=0,05$ ) pozitivnog smjera utvrđena je između indeksa plastičnosti i kalija(tablica 17.). *Seybold(2008.)* u svojim istraživanjima iznosi korelacijske koeficijente između fizikalno kemijskih svojstava tla i gornje granice plastičnosti. Za gornju granicu plastičnosti vrlo značajnu korelaciju( $P=0,01$ ) pozitivnog smjera imao je KIK, glina i organska tvar, dok je vrlo značajna korelacija negativnog smjera uočena kod pijeska. Značajna korelacija ( $P=0,05$ ) negativnog smjera utvrđena je kod praha. Isti autor navodi i korelacijske koeficijente između fizikalno kemijskih svojstava tla i indeksa plastičnosti. Vrlo značajna korelacija ( $P=0,01$ ) pozitivnog smjera bila je kod KIK-a i gline, a negativnog smjera kod pijeska i praha. Značajna korelacija pozitivnog smjera utvrđena je kod humusa Plastičnost definiraju granice plastičnosti: donja i gornja, a zavisi od teksture i strukture tla, humusa, količine vode i gustoće pakiranja čestica ali i o tipu gline, vrsti i količini adsorbiranih kationa, ispiranju i drugim tipskim procesima (*Pavićević, 1972.*).

## 4. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja i utvrđenih rezultata može se zaključiti:

1. Agrokemijska i agrofizikalna svojstva unutar pojedinih pedosistematskih jedinica su bila izrazito heterogena sa širokim rasponom vrijednosti po svim svojstvima.
2. Prosječne utvrđene vrijednosti KIK-a kretale su se od 11,60 do 36,31 c mol (+) kg<sup>-1</sup>, sadržaj humusa od 1,97 do 4,94 %, supstitucijska kiselost od 4,22 do 7,48 pH jedinica a sadržaj čestica gline od 7,14 do 34,92%
3. Statistički značajna razlika utvrđena je između pedosistematskih jedinica za donju granicu plastičnosti, gornju granicu plastičnosti te indeks plastičnosti
4. Sadržaj vode u tlu pri donjoj granici plastičnosti, odnosno optimalna vlažnost aluvijalnog tla za obradu iznosi 19 % (11 do 23%), lesiviranog tla 24,06 % (17-28 %) te ritske crnice 28,60 % (17-47%).
5. Plastičnost definiraju granice plastičnosti, a zavise od teksture, humusa, ali i o vrsti i količini adsorbiranih kationa, odnosno fizikalno kemijskim svojstvima pojedinog tla.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Antić M., Jović N., Avdalović V. (1982.): Pedologija. Naučna knjiga. Beograd
2. Bašić F., Bogunović M., Božić M., Husnjak S., Jurić I., Kisić I., Mesić M., Mirošević M., Romić D., Žugec I. (2001.): Regionalizacija hrvatske poljoprivrede. Agronomski fakultet. Zagreb.
3. Ćirić V., Nešić Lj., Belić M. (2008.): Plastičnost i lepljivost u funkciji određivanja optimalne vlažnosti za obradu černozema lesne terase. Letopis naučnih radova. Godina 32, broj 1: 43-50
4. DZZS (2014.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske. Državni zavod za statistiku. Zagreb.
5. Gajić B. (2005.): Plasticity of pseudogley soils in UB community. Journal of Agricultural Sciences. Vol.50, No 2,; Pages 153-159
6. Galović V., Rastija D.: Pedologija. Interna skripta za studente. Poljoprivredni fakultet. Osijek.
7. HRN ISO(11277:2004.): Kvaliteta tla - Određivanje raspodjele veličine čestica (mehaničkog sastava) u mineralnom dijelu tla. Hrvatski zavod za norme, Zagreb.
8. HRN ISO(10693:2004.): Kakvoća tla-Određivanje sadržaja karbonata-Volumetrijska metoda. Hrvatski zavod za norme. Zagreb.
9. HRN ISO(14235:1994.): Kakvoća tla - Određivanje organskog ugljika sulfokromnom oksidacijom. Hrvatski zavod za norme. Zagreb.
10. HRN ISO (10390:2005.): Kakvoća tla - Određivanje pH-vrijednosti. Hrvatski zavod za norme. Zagreb.
11. Husnjak, S. (2014.): Sistematika tala Hrvatske. Agronomski fakultet. Zagreb.
12. Husnjak S. (2000.): Pedofizikalna i pedomehanička svojstva hidromelioriranih tala Srednje Posavine. Agronomski glasnik. 3-4; ISSN 0002-1954
13. JDPZ (1967.): Metodika terenskog ispitivanja zemljišta i izrade pedoloških karata. Priručnik. Beograd.
14. Jones, J.B.J. (2001.): Laboratory guide for conducting soil test and Plant analysis. CRC Press. Boca Raton.
15. Lončarić, Z. (2005.): Agrokemija. Praktikum za studente. Poljoprivredni fakultet. Osijek.
16. 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.

17. Martinović, J.(1997.): Tloznanstvo u zaštiti okoliša. Pokret prijatelja prirode Lijepa Naša. Zagreb.
18. Martinović, J. (2000.): Tla u Hrvatskoj. Pokret prijatelja prirode Lijepa Naša. Zagreb.
19. Mesić H., Bakšić D., Bašić F., Čidić A., Durn G., Husnjak S., Kisić I., Klaić D., Komesarović B., Mesić M., Pernar N., Pilaš I., Romić D., Vrbek B., Zgorelec Ž (2008.): Program trajnog motrenja tala Hrvatske. Agencija za zaštitu okoliša. Zagreb.
20. Mulabdić M., Glavaš T. (2000): Određivanje konzistentnog stanja tla. Građevinar 52. 12; 719-725.
21. Seybold C. A., Elrashidi M. A., Engel R. J. (2008): Linear regression models to estimate soil liquid limit and plasticity indeks from basic soil properties. Soil science.. No. 1:vol.173.
22. Škorić A. (1965.): Pedološki praktikum. Zagreb.
23. Škorić A. (1973.):'Pedološki praktikum.Agronomski fakultet. Zagreb.
24. Škorić A. (1977.): Tla Slavonije i Baranje. Izdavački zavod Jugoslavenske akademije. Zagreb.
25. Škorić A. (1982.): Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti. Zagreb.
26. Škorić A.(1991.): Sastav i svojstva tla. Pedološko i biljnoekološko značenje. Fakultet poljoprivrednih znanosti. Zagreb.
27. Škorić A., Filipovski, G. , Ćirić, M. (1985.): 'Klasifikacija tala Jugoslavije. Poljoprivredni i šumarski fakultet. Zagreb.
28. Špoljar A., Jagar N., Stojnović M. (1999.): Utjecaj grahorice kao pretkulture na značajke tla. Agronomski glasnik: 1-2: ISSN 0002-1954
29. Pavićević N. (1972.): Fizika zemljišta. Savez studenata Poljoprivrednog fakulteta. Beograd-Zemun.
30. Racz Z. (1986.):Agrikulturna mehanika tla. Sveučilišna naklada Liber. Zagreb.
31. Živković, M. (1991.): Pedologija, Prva knjiga, Geneza sastav i osobine zemljišta. Naučna knjiga. Beograd.