

# Pseudoglejna tla Slavonije i Baranje

---

**Vlaović, Stefan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*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:151:195655>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-16**



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**

Stefan Vlaović, absolvent  
Diplomski studij Bilinogojstvo  
Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**PSEUDOGLEJNA TLA SLAVONIJE I BARANJE  
Diplomski rad**

**Osijek, 2018.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Stefan Vlaović, absolvent  
Diplomski studij Bilinogojstvo  
Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**PSEUDOGLEJNA TLA SLAVONIJE I BARANJE  
Diplomski rad**

**Osijek, 2018.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Stefan Vlaović, absolvent  
Diplomski studij Bilinogojstvo,  
Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**PSEUDOGLEJNA TLA SLAVONIJE I BARANJE**  
**Diplomski rad**

Povjerenstvo za obranu i ocjenu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Irena Jug, predsjednik
2. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, član
4. prof. dr. sc. Danijel Jug, zamjenski član

**Osijek, 2018.**

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
2.1. Geneza pseudoglejnih tala .....	3
2.2. Klasifikacija .....	6
2.2. Mogućnosti korištenja u poljoprivredi .....	8
3. MATERIJAL I METODE .....	12
3.1. Fizikalna svojstva tla .....	13
3.2. Kemijska svojstva tla .....	17
4. REZULTATI .....	22
4.1. Fizikalna svojstva tla .....	23
4.2. Kemijska svojstva tla .....	27
5. RASPRAVA .....	31
6. ZAKLJUČAK .....	34
7. POPIS LITERATURE .....	36
8. SAŽETAK .....	41
9. SUMMARY .....	42
10. POPIS TABLICA .....	43
11. POPIS SLIKA .....	44
12. POPIS GRAFIKONA .....	45

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOKUMENTACION CARD

## 1. UVOD

Tlo je, uz vodu i zrak, jedan od osnovnih prirodnih resursa. Međutim, pretjeranom eksploatacijom i razvojem industrijalizacije, rudarstva i urbanizacije došlo je do smanjenja i narušavanja prirodnih svojstava obradivih površina. Raznim procesima tlo se može degradirati i uništiti, a uzimajući u obzir da je glavni resurs u proizvodnji hrane Čovjek ima odgovornost i zadatak zaštititi ga. Agronomska struka poljoprivredne površine (Bogunović i Ćorić, 2014.; Vukadinović i Vukadinović, 2018.), ovisno o vrsti ograničenja, razvrstava u klase pogodnosti za različite vidove proizvodnje.

Pseudoglej, kao tip tla sa svim svojim fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima može se svrstati u klasu ograničeno pogodnih tala za intenzivnu biljnu proizvodnju. Iako prirodni pseudogleji imaju loša svojstva oko 55% ih je u sustavu biljne proizvodnje (Husnjak, 2014.). Najveći problem ovih tala je kisela reakcija te loši vodno zračni odnosi, koji naročito dolaze do izražaja u zimsko-proljetnom periodu kada vrlo lako može doći do potpune saturacije vodom. U takvim situacijama biljke su podložne smržavanju ili ugibaju zbog nedostatka kisika.

Kljajić i sur. (2012.) ističu da su na proizvodnim površinama prisutna oštećenja izazvana različitim oblicima antropogenizacije. Posljednjih nekoliko desetljeća sve više pažnje u znanstvenoj i stručnoj zajednici poklanja se različitim oblicima degradacije, prvenstveno poljoprivrednih površina. Pri tom se veliki naglasak stavlja na zbijanje, kao degradacijski proces sve prisutniji na našim oranicama, naročito nakon uvođenja moderne teške mehanizacije. Na osjetljivijim tlima, kao što su pseudogleji, antropogeno zbijanje narušava vodno zračne odnose, toplinska svojstva, pogoršava strukturu i biološku raznolikost. Iz tog razloga potrebno je kontinuirano primjenjivati mjere popravke ovakvih tala, ali i još važnije – usvojiti nova znanja koja će omogućiti prilagodbu nastalim promjenama i zaštititi tlo za buduće generacije. Racz i sur., (1977.) ističu potrebu provođenja intenzivnih agrotehničkih melioracija za poboljšanje vodno zračnih odnosa, a za „lošije varijante“ predlažu i odvodnju. Jedno od rješenja ovih problema je postavljanje cijevne drenaže kako bi se omogućilo procjeđivanje stagnirajuće površinske vode. Prema istraživanjima Pivića i sur. (2011.) ova mjera može povećati prinos pšenice za 8 – 60 %, a kukuruza za 6 – 43% u odnosu na nedrenirano tlo. Također, autori ističu da bi primjena i drugih melioracijskih

zahvata omogućila još više i kvalitetnije prinose u biljnoj proizvodnji. Kao najbolji međudrenažni razmak pokazao se onaj od 20 m, potom na 25 m, a onaj na 30 m ima najlošiji utjecaj. Pozitivni učinak crijevne drenaže ogleda se i u tome što ne isušuje tlo u vegetacijskom periodu (Pivić, 2007.). Osim toga, poboljšanje procjeđivanja površinskih voda može se riješiti primjenom rahljenja ili podrivanja. Preporuča se i provođenje kalcizacije za neutralizaciju kisele reakcije. S ekonomskog aspekta, na površinsku i podzemnu odvodnju, troše se značajna novčana sredstva. Stoga, Tomić i sur. (1994.) prezentirajući rezultate istraživanja u uzgoju kukuruza s kombinacijom cijevne drenaže, dubinskog rahljenja i kalcizacije ističu pozitivan utjecaj na reguliranje površinske i potpovršinske stagnirajuće vode uz prosječan prinos od  $8 \text{ t ha}^{-1}$  suhog zrna.

Limitirajućim čimbenikom u biljnoj proizvodnji javlja se i dubina tla. Kod pseudogleja ona je usko povezana s nastankom nepropusnog horizonta (iluvijalno glinastog, Btg). Vrlo su česte situacije kada u plitkom površinskom sloju biljkama nedostaju dovoljne količine hraniva koje one mogu usvojiti. Uz jako kiselu reakciju prinosi mogu biti značajno smanjeni zbog prelaska fosfora u nepristupačne oblike (Karavla, 1972.). Dubina obrade na pseudoglejnim tlima bez obimnijih mjera popravke može privremeno utjecati na povećanje prinosa. Prema rezultatima trogodišnjih istraživanja Butorca i sur. (2000.) na obronačnom pseudogleju, duboka obrada je imala pozitivan utjecaj na prinos korijena šećerne repe i šećera, dok se gnojidba pokazala neučinkovita. Također, oranjem uz, odnosno, niz nagib u klimatski prosječnim godinama postignut je prinos od  $9,60 \text{ t ha}^{-1}$  kukuruza. Međutim, u sušnim godinama na varijantama dublje obrade tla smanjeni su učinci stresa kod biljaka uslijed nedostatka vode, a najviši postignuti prinos bio je  $7,97 \text{ t ha}^{-1}$ . Međutim, izostavljanjem obrade postignuti su znatno niži prinosi te se takav tip obrade ne može mjeriti s klasičnim načinima na pseudoglejnim tlima (Kisić i sur., 2002.).

### **Cilj istraživanja**

Cilj istraživanja je u radu prikazati fizikalno-kemijska svojstva i rasprostranjenost pseudoglejnih tala na području Slavonije i Baranje te preporučiti mjere popravke i/ili ublažavanja nepovoljnih svojstava.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Geneza pseudoglejnih tala

Naziv pseudoglej je složenica grčke riječi „pseudos“ što bi u prijevodu značilo lažni i ruske riječi „glej“ koja označava tlo kontinuirano izloženo utjecaju podzemne vode i posljedično, s dominacijom anaerobnih procesa. Želeći istaknuti specifična svojstva ovog tipa tla u komparaciji s hipoglejnim tlom u kojem permanentno stagnira podzemna voda i nastaje glejni horizont njemački znanstvenik Kubiena je 1953. godine uveo naziv *pseudoglej* (Ćirić, 1986.). U starijoj literaturi ovo tlo je imalo različite nazive, npr. mramorirano tlo, površinsko oglejeno tlo, parapodzol, pseudopodzol, planosol, prahulja itd.(Husnjak, 2014.).

Pseudogleji, prema podacima IUSS Working Group WRB (2015.), zauzimaju 150 - 200 milijuna ha svjetske površine (FAO, 2014.). U Republici Hrvatskoj ovaj tip tla može se pronaći na području pleistocenskih lesnih terasa, kao i na blažim padinama brežuljaka i brda Panonske regije. U Istri, Lici, Gorskom Kotaru i zadarskom zaleđu ima ga vrlo malo, a zauzima 577 025 ha ili 10,363 % (Bogunović i sur., 1998.) i drugi je najrašireniji tip tla (Rubinić i sur., 2014.). Pod šumama je 251 278,7 ha, dok se u agroekosustavima nalazi 307 453,2 ha. Na teritoriju Osječko-baranjske županije 28 234 ha zauzima pseudoglej, od toga je pod šumskom vegetacijom 13 382 ha, dok je u intenzivnoj biljnoj proizvodnji 852 ha (Husnjak, 2014., Lončarić i sur., 2014.).

U odjelu hidromorfni tala prisutno je stalno ili povremeno vlaženje dijela profila ili čak cijelog soluma. Prekomjerno vlaženje označava stanje kada su sve pore tla ispunjene stagnirajućom vodom ili se ona izrazito sporo kreće, a kao posljedica javljaju se redukcijски procesi spojeva Fe, Mn i S. Sve to može rezultirati pojavom oglejavanja. Suvišna voda u tlima ovog odjela je nezaslanjena i nealkalizirana, a s obzirom na podrijetlo razlikuje se oborinska i dopunska (podzemna, slivena i poplavna voda). Probleme s hidromorfni tlima prisutni su u područjima Baranje, slavonske Podravine, Bosutsko-Spačvanskog bazena, Požeškoj kotlini, slavonskoj Posavini s Crnac i Jelas poljem, području Vuke s nekadašnjom barom Palačom, na području Londže i Karašice –Vučice. U Hrvatskoj hidromorfna tla zauzimaju 1 617 649 ha hidromorfni tala (Škorić, 1977.; Jug i sur., 2017.). Pseudoglej (slika 1.) je tip tla koji pripada hidromorfnom odjelu i klasi pseudoglejnih tala s građom profila Aoh – Eg – Btg – C. Kod ovog tla nema oštre podjele



na redukcijski i oksidacijski horizont, a karakterističan mramorizirani izgled nastaje miješanjem rđastih mazotina i kongrecija s izbljedjelim mikrozonama nastalim stagniranjem vode.



Slika 1. Profil pseudogleja (Izvor: <http://web2.mendelu.cz/>)

Bitno obilježje u definiciji pseudogleja je postojanje „g“ horizonta („lažnog glejnog“), a neki današnji pseudogleji mogu imati znakove hidromorfizma koji više nisu aktivni (Škorić, 1990., Martinović, 2000.). Kapacitet za zrak iznosi 3 – 6 %, a aktualna reakcija tla (pH(H<sub>2</sub>O)) je 5 – 5,5. Stupanj zasićenosti bazama iznosi 20 – 50 %, uz dominaciju vodikovih, aluminijskih i željeznih iona. Humusa je malo, a uz to na poljoprivrednim površinama je uglavnom kiseo zbog prisutnih fulvokiselina, dok je opskrbljenost hranivima niska.

Pseudoglej se prostire u zapadnoj Slavoniji i na rubu Panonske nizine. Nastaje na različitim supstratima, uglavnom na eolskim, fluvijalnim i koluvijalnim naslagama. U gorju središnje Slavonije i Moslavačkoj gori nastaje i djelovanjem atmosfere na stijene stvarajući manje

fragmente. Ovaj tip tla razvija se uglavnom u području humidne klime, tj. u klimatskim uvjetima gdje postoji višak oborinske vode u odnosu na evapotranspiraciju. Prirodna vegetacija ovakvog područja su listopadne šume hrasta lužnjaka, kitnjaka i graba, a vegetacija ima značajnu ulogu u specifičnom procesu - „mramoriziranju“. Naime, kako korijenje odumire i mineralizira se, voda ulazi u preostale biopore, tu stagnira te u kombinaciji s taninskim spojevima koje izlučuje korijenje nastaju specifične izdužene sive zone (Bašić, 2013.).

Jedna od specifičnosti pseudogleja je razvoj nepropusnog horizonta, a prema Husnjaku (2014.) on može nastati na dva načina:

1. Prvi način – nastanak slabo propusnog horizonta vezan je za slojevite matične supstrate. Ukoliko je na podpovršinski sloj teže teksture, s nepovoljnim vodnozračnim odnosima i slabom vodopropusnošću nanesen sloj lakše teksture dobro aeriran i vodopropustan tijekom vremenom se razvija proces *pseudooglejavanja*. Tada slabo propusni sloj dobiva funkciju iluvijalnog pseudoglejnog horizonta, dok sloj lakšeg mehaničkog sastava preuzima funkciju eluvijalnog pseudoglejnog horizonta, a na površini se razvija humusno akumulativni horizont. Dakle, u ovom slučaju nepropusni horizont nije nastao kao rezultat pedogeneze, već zbog specifične slojevite građe matičnog supstrata. Ovako nastalo tlo u znanstveno – stručnoj literaturi označava se kao *primarni pseudoglej*.
2. Drugi način – slabo propusni horizont može nastati i daljim razvojem iluvijalnoga horizonta lesiviranog tla, koji je pak nastao na matičnom supstratu podložnom ispiranju čestica gline, zbijanju i „gustom“ pakiranju čestica. Iluvijalni horizont u lesiviranom tlu nastao je pedogenetskim procesima eluvijacije, tj. ispiranjem čestica gline iz eluvijalnog horizonta (E) te nakupljanjem u zoni B horizonta. Kako se akumulira sve više gline tako se smanjuje i volumen drenirajućih pora, a to pak dovodi do snižavanja propusnosti za vodu. Na taj način dolazi do stagniranja oborinske vode i postanka pseudoglejnog varijeteta lesiviranoga tla. Kako se čestice gline i dalje nakupljaju, tako se i propusnost iluvijalnoga horizonta za vodu smanjuje. Oborinska voda sve dulje stagnira, što dovodi do razvoja slabo propusnog horizonta pedogenetskim putem. Na kraju nastaje pseudoglejni horizonta, a ovakav tip tla označava se kao *sekundarni pseudoglej*.

Međutim, prema Škoriću (1990.) nastanak pseudogleja moguć je i ako se fluvijativnom sedimentacijom stvore slojeviti aluviji kod kojih je donji kat glinovit, a iznad njega se nalazi lakši sloj. Postoji i nakupljanje težih, glinovitih čestica cijelom dubinom soluma što rezultira pojavom stagnirajuće oborinske vode i na kraju nastankom pseudogleja.

Kod pseudogleja dolazi do stalne izmjene mokre faze, odnosno one u kojoj je prisutna stagnirajuća voda, s vlažnom i suhom fazom u kojima nema stagnirajuće vode. Uslijed takvih izmjena dolazi do čestih promjena redukcijskih i oksidacijskih procesa. U mokroj fazi javljaju se redukcijski procesi kada pada vrijednost Eh potencijala te dolazi do redukcije spojeva Fe i Mn na dvovalentne oblike pri čemu oni postaju topiviji i mobilniji te se premještaju prema unutrašnjosti agregata. Uslijed toga površina agregata se izbljeđuje i poprima sivkastu boju. U vlažnoj i suhoj fazi javljaju se oksidacijski uvjeti u kojima se spojevi Fe i Mn izlučuju u obliku nakupina smeđih do rđastih mazotina te tamno sivih do crnih konkreција. Kao posljedica izmjena ovih faza dolazi do pojave mramoriziranog izgleda, što obilježava proces pseudooglejavanja, tj. nastanak pseudoglejnoga horizonta.

Pseudoglej je posljednji član pedo-evolucijskog slijeda na pleistocenskim sedimentima ako se kreće od rigosola, preko eutričnog kambisola i luvisola na lesu. Zona pseudogleja nastavit će se prirodno poslije zone luvisola, a u nekim uvjetima može se naći u kombinaciji s takvim tlima formirajući se kao sljedeća evolucijska faza pseudoglejnog luvisola (Bašić, 2013.).

## **2.2. Klasifikacija**

Sistematika tla bavi se izučavanjem klasifikacije te obilježja sistematskih jedinica pedosfere. Osnovni predmet klasifikacije je tip tla uz opis njegovog nastanka, njegovih obilježja i svojstava. Najzaslužniji znanstvenici u pogledu razvoja ove grane pedologije u Hrvatskoj su: Mijo Kišpatić, Viktor Neugebauer, Franjo Šandor, Mihovil Gračanin, Pavao Kovačević, Arso Škorić, Stjepan Husnjak.

Škorić, Filipovski i Ćirić 1973. godine izdaju „Klasifikaciju tala Jugoslavije“ koja se temeljila na genetskim osnovama, a 12 godina kasnije, točnije 1985. autori upotpunjavaju izdanu klasifikaciju i nazivaju je „Klasifikacija zemljišta Jugoslavije“. Nakon raspada Jugoslavije u nekadašnjim republikama, a sada samostalnim državama još uvijek se

velikim dijelom primjenjuje ova klasifikacija. U susjednoj Bosni i Hercegovini danas imaju novi sustav klasifikacije u kojem pseudoglej u taksonomskoj podjeli pripada V klasi pseudoglejnih tala. U Srbiji ovaj tip tla je u redu hidromorfnih zemljišta, u Sloveniji u odjelu hidromorfnih tala i razredu pseudoglejnih tala, dok je u Hrvatskoj u hidromorfnom odjelu i pseudoglejnoj klasi. U našoj klasifikaciji pseudoglej se dijeli na niže jedinice (podtipove: na zaravni, obronačni; varijetete: varijetete plitki, srednje duboki i duboki te forme: distrični i eutrični). Slični kriteriji za svrstavanje pseudogleja u hidromorfna tla imaju Češka, Slovačka, Austrija i Švicarska, dok je u Njemačkoj klasifikaciji ovaj tip tla razvrstan u red terestričkih tala sa stagnirajućom vodom.

U WRB klasifikaciji pseudoglej se pronalazi u referentnoj skupini tala naziva Stagnosols i Albeluvisols. Stagnosols je tlo sa specifičnim slojem zbog kojeg se javlja stagnirajuća voda i redukcijски uvjeti, dok je Albeluvisols tlo sa potpovršinskim slojem koji je obogaćen glinom i gdje se javljaju izbljeđeni vertikalni jezičci. (Husnjak, 2014., Jug i sur., 2017.).

S obzirom na ogrmonu količinu novih saznanja bilo bi poželjno naš zastrajeli sustav klasifikacije tala prilagoditi suvremenim trendovima. Među prvim pokušajima to su radovi Špoljara, Husnjaka i Bašića. Međutim, kako još uvijek u Republici Hrvatskoj nije zvanično prihvaćena ni Klasifikacija tala iz 1985. (Škorić, 1986.) tako ni noviji prijedlozi nisi uzeti u razmatranje. Prva sličnost izmijenjene klasifikacije i naše iz 1985. godine u tome je što se obje klasifikacije temelje na genetskim osnovama. Razlika postoji i u kategorijama. Tako sustav klasifikacije iz 1985. godine prepoznaje odjel, klasu, tip, podtip, varijetet i formu. Nasuprot njemu, u prijedlogu Husnjaka (2014.) nalaze se redovi. Pet glavnih redova su: red terestričkih tala, potom semiterestričkih, hidromorfnih, halomorfnih i subakvalnih tala. Klasifikacija iz 1985. ima 4 odjela: automorfna, hidromorfna, halomorfna i subakvalna tla. Klase su zamjenjene razredima, a u obje klasifikacije osnovnu kategoriju čini *tip tla*. Usporedbom ove dvije klasifikacije može se uočiti kako pseudoglej u današnjoj klasifikaciji pripada hidromorfnom odjelu, klasi pseudoglejnih tala u kojoj je i jedini tip tla. U prijedlogu Husnjaka (2014.) pseudoglej je u redu semiterestričkih ili semihidromorfnih tala, razredu pseudo i stagno glejnih tala, gdje se uz pseudoglej nalazi još jedan tip tla (stagnoglej ili stagnosol), a uz to, u ovoj klasifikaciji pseudoglej ima tri podtipa, za razliku od današnja uvažena dva.

Kao problem za razvoj pedološke znanosti u svijetu pokazao se nedostatak jedinstvene općeprihvaćene klasifikacije tala. Kao jedno od rješenja ovog problema, 1974. godine

izrađuje se FAO/UNESCO legenda karte tala svijeta u mjerilu 1:5000000. FAO klasifikacija temelji se na zonalnosti, evoluciji, morfologiji, ekologiji, te geografiji tala. U njoj se nalazi 28 glavnih grupa te 153 niže klasifikacijske jedinice. Međutim, iz nekih razloga nisu sve države prihvatile ovu legendu. Kao rješenje novonastalog problema 1981. godine pokrenuta je inicijativa za izradu novog klasifikacijskog sustava koji bi bio internacionalan i prihvaćen od većine svjetskih država. Tako nastaje Svjetska referentna baza tala (*World Reference Base for Soil Resources* ili skraćeno WRB) čija je izrada završena 1998. godine i koja se temeljila na FAO/UNESCO legendi. Ovaj sustav prihvatilo je Međunarodno pedološko društvo na šestom kongresu u Francuskoj, posljednja nadopunjena verzija izdana je 2015. godine. Cilj sustava je njegova korelacija s nacionalnim klasifikacijama tala čime bi se postignulo lakše sporazumijevanje znanstvenika. Dakle, ona nije izrađena kako bi zamjenila nacionalne klasifikacije, već olakšala sporazumijevanje i istraživanja znanstvenika. WRB klasifikaciju sada čine 32 referentne skupine tala tzv. *Reference Soil Groups* sa brojnim predznačajkama i doznačajkama, odnosno *prefix qualifiers* i *suffix qualifiers*, što sve ukazuje na svojstva i obilježja referentne skupine tala ili skraćeno RST. (Husnjak, 2014.)

### **2.3. Mogućnosti korištenja u poljoprivredi**

Slavonsko – baranjska regija je izrazito važno poljoprivredno područje, a prvi značajniji pomaci u povijesti poljoprivredne proizvodnje javljaju se u doba Rimljana. Ovaj status regija je zadržala do danas, a istraživanja i napredak u poljoprivrednoj praksi i proizvodnji na zavidnom su nivou. U smjeru istok – zapad uočava se promjena tipova tla: černoze – eutrični kambisol – luvisol – pseudoglej. Isto tako mijenja se poljoprivredna proizvodnja: ratarstvo – ratarstvo i uzgoj životinja – uzgoj životinja – miješana poljoprivreda. Istočna Panonska podregija obuhvaća površinu od 605 492 ha, tj. 10,7% hrvatskog teritorija s 13,5% cjelokupnog poljoprivrednog zemljišta (Bašić, 2013.). U 19. stoljeću na području Slavonije i Baranje dolazi do naglog povećanja potreba za poljoprivrednim površinama što je rezultiralo masovnim sječama šuma.

Prema Škoriću i sur. (1977.) čovjek svojom aktivnošću mijenja hidromorfne odlike tla te dolazi do automorfne evolucije. Razlikuju se tri stupnja antropogenizacije hidromorfnih tala:

- a) Prvi stupanj zahvata odlikuje se plitkim oranjem pseudogleja na 20 cm dubine čime se zahvaća samo dio Eg horizonta, dok ostala svojstva ostaju bliska prirodnom pseudogleju.
- b) Kod drugog stupnja vrši se oranje na nešto većoj dubini (30 cm), Eg horizont ostaje nezahvaćen pada sadržaj humusa, raste razina hraniva, a trajanje mokre faze samo je neznatno smanjeno.
- c) Treći stupanj antropogenizacije događa se produbljivanjem oranja na 40 cm dubine čime se zahvaća Bg horizont i stvara P horizont koji je teksturno homogeniziran. Popravlja se struktura tla, sadržaj humusa opada, ali razina hraniva raste i trajanje mokre faze je smanjeno.

Kao glavni ograničavajući čimbenik za poljoprivrednu proizvodnju na pseudoglejnim tlima javlja se nepropusni horizont koji je u vlažnoj fazi nestrukturiran, sklon eroziji i glinast, dok je u suhoj fazi također nestrukturiran i kompaktan. Interval obrade je izrazito kratak, a zbog nepropusnog sloja korijen ima plitku dubinu za ukorjenjivanje. Pseudoglej ima lošu strukturu te pokazuje tendenciju stvaranja pokorice, a površinski sloj zbog mnogo praha u mokroj fazi postaje kašasta masa, dok dolaskom suhe faze on postaje tvrd i kompaktan. Ostali problemi su nizak pH, slaba biološka aktivnost, nedostatak hraniva, narušeni vodno zračni odnosi.

Međutim, iako su pseudoglejna tla niske i ograničene plodnosti prostiru se na velikim površinama u klimatski povoljnim područjima što ih stavlja na prvo mjesto kao rezervu zemljišnih kapaciteta. Kao moguća rješenja uklanjanja ovih problema je baulacija uz postavljanje drenažnih cijevi, te rigolanje na 50 – 70 cm čime se uklanja površinska voda, a kao dodatni korak vrši se gnojidba. Kalcizacijom bi se mogao riješiti problem niske pH vrijednosti, gnojdbom i kemijskim melioracijama nedostatak hraniva, loša biološka aktivnost zaoravanjem žetvenih ostataka i unosom organske tvari. Smanjenje trajanja mokre faze može se postići rahljenjem nepropusnog sloja čime se voda slobodno procjeđuje.

Za vinogradarsku proizvodnju bolja su se pokazala pseudoglejna tla Slavonije i Baranje jer su lakšeg mehaničkog sastava i boljih svojstava od onih na zapadu Republike Hrvatske. U periodu od 3 godine (1967. – 1970.) u Mandićevcu kod Đakova na lesiviranom pseudogleju izvršena su ispitivanja utjecaja različitih doza dušika. Na temelju rezultata

pokusa došlo se do zaključka da su se s količinama 80 – 120 kg dušika, 80 – 120 kg fosfora, te 100 – 160 kg postigli stabilni i redoviti prirodi dobre kvalitete (Škorić i sur., 1977.). Prema Mališević i Čmelik (1996.) gledajući na rasprostranjenost korijena lijeske zbog svojih fizikalno – kemijskih svojstava pseudoglej nije pogodan za uzgoj ove voćke. U uzgoju breskve nepovoljna svojstva pseudogleja mogu prouzrokovati probleme. Budući da se radi o višegodišnjem nasadu bitan je položaj nepropusnog pseudoglejnog horizonta i njegovo razrahljivanje, jer se nakon sadnje ne može provoditi duboka obrada. Kao drugi problem javlja se nedostatak hraniva, pa se uzgoj breskve na pseudogleju temelji na trajnijoj popravci fizikalnih svojstava i unosu dovoljne količine hraniva (Miljković, 2000.). Jabuke uzgojene na pseudogleju daju slične prinose kao u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji, ali prije svega trebaju se provesti adekvatne mjere popravke negativnih svojstava tla u kojima se naglasak stavlja na odvodnju suvišne vode kao glavni limitirajući čimbenik. Pri ovakvoj voćarskoj proizvodnji i u ovakvim uvjetima treba voditi računa o bolestima jabuka ( gorke pjege, staklavost jabuke, plataste jabuke) (Lučić i sur., 1997.).

Utjecaj načina korištenja pseudogleja i nagib terena na svojstva tla pokazala su da se tla razlikuju samo u određenoj mjeri i to najviše u sadržaju hraniva. Također, ukoliko se tlo prestane koristiti za biljnu proizvodnju, njegova svojstva jako sporo dolaze u ravnotežu sa uvjetima okoliša (Rubinić i sur., 2015.). Fizikalna svojstva pseudogleja na zaravni mogu varirati te pokazivati jaču zbijenost površinskog horizonta koji se uz to odlikuje i manjom ukupnom poroznošću. Primjenom geostatistike za neka svojstva tla može uvelike pomoći i stručnjacima, ali i poljoprivrednicima u pravilnom korištenju i očuvanju tla što je jedno od glavnih zadataka naše svakidašnjice (Bogunović i sur., 2014.). Sadržaj gline i humusa mogu utjecati na fizikalno-mehanička svojstva tla. U pseudogleju Btg horizont ima više gline, višu volumnu gustoću, manje pora i manji kapacitet za zrak u usporedbi s Eg horizontom. Također, stabilnost mikroagregata je viša u Btg horizontu nego u Eg horizontu (Rubinić i Husnjak, 2016.). Morfološka, fizikalna, ali i kemijska svojstva odgovaraju gradijentu oborina na pseudoglejnim tlima, a isto tako sadržaj gline i CEC nisu povećani s većim količinama oborina. Proces acidifikacije i pseudooglejevanja najmanje su izraženi na područjima s najnižom količinom oborina te obrnuto (Rubinić i sur., 2014.). Primjena mineralnih gnojiva, NPK, neće utjecati na promjenu kiselosti tla, tj. pH vrijednost. Međutim, primjena vapnenih materijala uz kombinaciju organskih i mineralnih gnojiva imat će pozitivan utjecaj na ovaj limitirajući čimbenik pri čemu neće doći do pada sadržaja humusa. Dakle, primjena kalcijacije bez organskih gnojiva ne preporuča se kao mjera

popravke, a ublažavanjem kiselosti tla doći će do povećanja sadržaja lakopristupačnog fosfora (Jerinić i sur., 2015.).

Uspoređujući černozem, dobrih fizikalnih i kemijskih svojstava, te pseudoglej sa znatno lošijim svojstvima, može se vidjeti kako tip tla utječe na razvoj kvržičnih bakterija. U humidnoj godini ostvareni su bolji rezultati na pseudogleju, a s povećanjem količine dušičnih gnojiva ravnomjerno se smanjivao broj kvržičnih bakterija (Stevanović i sur., 2016.). Kukuruz uzgajan na černozemu i pseudogleju u višegodišnjem razdoblju daje različite rezultate. Uzgajan u dvopoljnom i tropoljnom sustavu na pseudogleju ima veći prosječni prinos od 12,36 – 21,86%. Mineralna gnojidba povećala je prinos za 25,15 – 60,33%, organska gnojidba za 7,61 – 10,74%, dok je u sustavu gnojidbe interakcija ispitivanih čimbenika povećala prosječni prinos kukuruza za 18,21% (Jovanović i sur., 2006.). Triticale pokazuje različite prinose u ovisnosti od klimatskih uvjeta. Četiri sorte tritikalea na pseudoglejnim tlima imale su najviše prinose u godini s umjerenim temperaturama u vrijeme nalijevanja zrna i velikom količinom oborina u drugom dijelu vegetacijske sezone (Mandić i sur., 2018.).

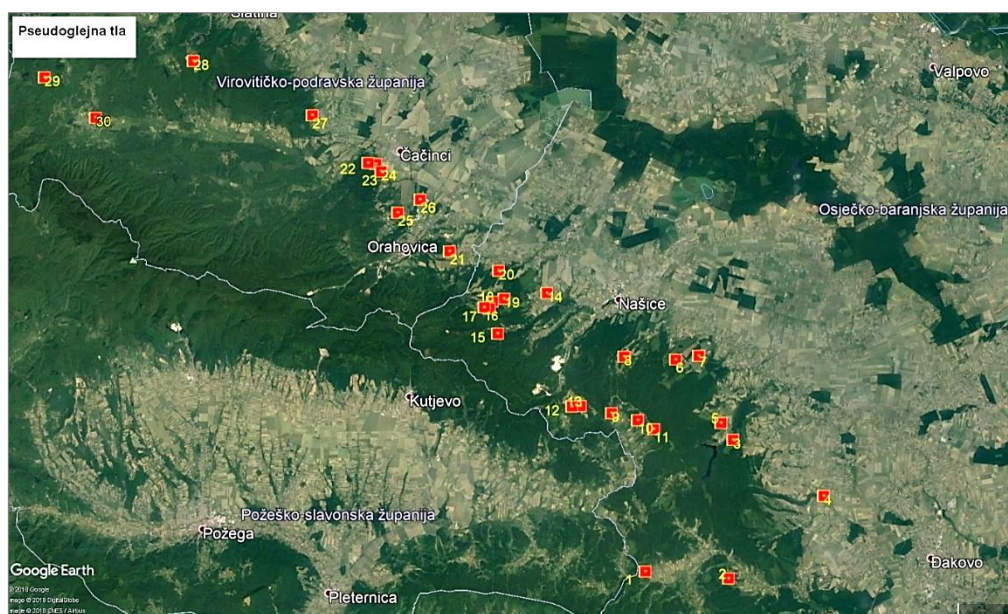
Nema statistički opravdane razlike u prinosu kultura na nedreniranom i dreniranom pseudoglejnom tlu te kod dreniranog tla postoji problem pravovremene evakuacije suviška vode u zoni korijena, prije svega zbog izostavljanja podrivanja, a zatim kalcizacije i humizacije i u takvim uvjetima cijevna drenaža ima ograničen učinak (Husnjak i sur., 2002.). Tri različita načina obrade tla - konvencionalna obrada (CT), no-tillage (NT) i dubinsko oranje (DT) pokazala su različite utjecaje na zbijanje tla, eroziju i prinos uzgajanih usjeva (Bogunović i sur., 2018.). Rezultati pokusa Tucak i sur. (2007.) 12 sorti lucerne uzgajanih na dva tipa tla (eutričnom kambisolu neutralnog pH i pseudogleju kisele reakcije) pokazala su veće vrijednosti svih ispitivanih svojstava na eutričnom kambisolu, osim udjela lista u zelenoj masi. Prema Katić i sur. (2009.) stabilnost prinosa i dužina života lucerne na pseudogleju nakon primjene vapna daje više prinosa zelene krme i suhe tvari. Prinos je veći pri većim dozama vapna u odnosu s varijantom gdje je primijenjena niža doza. Ako je sjeme soje inokulirano, a nije primijenjen kalcij neće se značajno povećati prinos.



### 3. MATERIJAL I METODE

Za izradu rada korišteni su podaci dobiveni u sklopu nekoliko znanstvenih projekata realiziranih u Zavodu za kemiju, biologiju i fiziku tla Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. Istraživanja u skladu s projektnim zadacima provedena su na području Slavonije i Baranje tijekom 10-ak godina u tri faze: rad na terenu i uzorkovanje, laboratorijske analize uzoraka te obrada dobivenih rezultata.

Tijekom *terenskih istraživanja* na prethodno odabranim lokacijama iskopani su pedološki profili do 120 cm dubine ili do matičnog supstrata. U terenski dnevnik uneseni su opisi morfoloških svojstava kako bi se kasnije mogao odrediti tip tla prema hrvatskoj klasifikaciji tala (Škorić, 1992.). Opisani su: dubina i građa profila s brojem horizonata i njihovom debljinom; boja tla; tekstura („Feel method“); struktura; prisustvo specifičnih pedodinamskih tvorevina.



Slika 2. Lokacije istraživanih pseudoglejnih tala (Google Earth, 2018.)

Za analizu fizikalno-kemijskih svojstava u laboratoriju uzorkovano je iz genetskih horizonata kako bi se mogla napraviti determinacija tipa tla. Osim toga, na lokaciji su uzeti i uzorci iz oraničnih (0 - 30 cm) i podoraničnih (30 - 60 cm) slojeva. U cilindre Kopeckog, volumena 100 cm<sup>3</sup>, uzeti su uzorci tla u prirodnom stanju iz profila te iz oraničnih i podoraničnih slojeva.

Nakon dolaska s terena svi uzorci su pripremljeni i analizirani standardnim metodama (Đurđević, 2014.; Belić i sur., 2014.; Racz, 1986.; Dugalić i Gajić, 2005.; Mitrikeski i Mitkova, 2001.; Pernar i sur., 2013.; Škorić, 1992.; Vukadinović i Bertić, 1989.) u Laboratoriju za kontrolu plodnosti tla Zavoda za kemiju, biologiju i fiziku tla Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku.

U radu su obrađeni podaci s 30 lokaliteta koji su raspoređeni u Osječko-baranjskoj i Virovitičko-podravskoj županiji (Slika 2.)

Statistička obrada podataka izvršena je računalnim programom Statistica 10.

### **3.1. Fizikalna svojstva tla**

#### *3.1.1. Mehanička analiza tla*

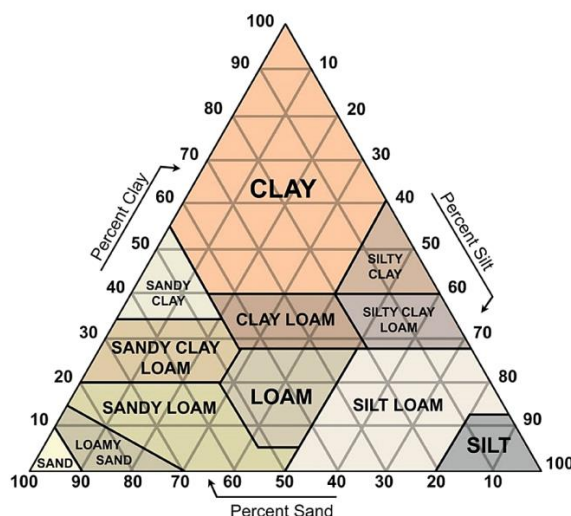
Tlo je polifazni sustav, a čine ga krute čestice čiji promjeri se mogu kretati od koloidnih dimenzija pa sve do krupnih frakcija. Za određivanje udjela mehaničkih čestica prema veličini koristi se Atterbergova klasifikacija.

Određivanje granulometrijskog (mehaničkog) sastava tla temelji se na nekoliko metoda: prosijavanje kroz više različitih sita, sedimentacija u mirnoj vodi ili tekućoj (elutacija) i centrifugiranje. Najčešće se koristi pipet metoda, koja je kombinacija prosijavanja i sedimentacije (Škorić, 1992.).

Postupak analize: potrebno je odvagati 10 g zračno suhog tla i prenijeti u plastičnu bocu od 500 ml. Potom se uzorak prelijeva s 25 ml 0,4 n otopine  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{H}_2\text{O}$  i ostavlja da miruje tijekom noći. Slijedeći dan doda se 250 ml destilirane vode i mućka na rotacijskoj mućkalici 6 sati. Nakon toga suspenziju treba kvantitativno prenijeti u stakleni cilindar za sedimentaciju na način da se izlijeva preko sita s otvorima promjera 0,2 mm i 0,05 mm (Dugalić i Gajić, 2005.).

Čestice pijeska i krupnog praha ostaju na situ pa se zatim prenese u porculanske zdjelice, stavljaju na sušenje na 105°C, a poslije toga hlade u vakuum eksikatoru i važu.

Cilindar za sedimentaciju dopunjava se destiliranom vodom do volumena od 1000 ml, zatvara čepom te mućka 1 minutu u istom smjeru kako bi se postigla potpuna homogenizacija uzorka. Zatim se cilindar ostavlja mirovati, a nakon 4 min i 48 sekundi pipetira se 10 ml suspenzije s 10 cm dubine. Ona se prenese u porculanski lončić, otpari na vodenoj kupelji, suši na 105°C, hladi, a potom važe. Uzorak se ponovno promućka i ostavi mirovati (sedimentacija) 8 sati pa se postupak pipetiranja ponavlja (frakcija gline). Sadržaj frakcija praha i sitnog pijeska dobiju se računanjem (Belić i sur., 2014.)



Slika 3. Trokut za određivanje teksture tla (Izvor: <https://www.chegg.com/>)

Udio svake frakcije izražava se u postocima (%), a zatim se teksturna klasa odredi pomoću teksturnog trokuta (Slika 3.).

### 3.1.2. Higroskopna vlaga tla

Higroskopna vlaga predstavlja najtanji sloj molekula vode adsorbiran na površinama čestica tla. U tlima s višim sadržajem gline i humusa njene vrijednosti su više.

Postupak analize: staklene posude s poklopcem prvo treba odvagati (a), a zatim u njih dodati 2 - 10 g zračnosuhog tla (b). Nakon toga posude se s poluotvorenim poklopcima stavljaju u električnu sušnicu (Mitrikeski i Mitkova, 2001.) gdje ostaju minimalno 5 sati na temperaturi od 105°C. Nakon sušenja posude treba prenijeti u vakuum eksikator na hlađenje, a nakon toga se važu (c). Vrijednosti higroskopne vlage izražavaju se u % mas., a računaju prema formuli:

$$Hy = \frac{b - c}{c - a} \times 100$$

Vrijednosti dobivene na ovaj način služe za preračunavanje rezultata, u ovom slučaju mehaničke analize, na masu apsolutno suhog tla. U tu svrhu može se koristiti i koeficijent higroskopnosti dobiven prema formuli (Dugalić i Gajić, 2005.):

$$K_{hig} = \frac{100}{100 - Hy}$$

### 3.1.3. Volumna gustoća tla

Volumna gustoća ( $\rho_v$ ) predstavlja omjer mase ( $m_s$ ) i volumena ( $V$ ) apsolutno suhog tla, a izražava se u  $g\ cm^{-3}$  ili  $Mg\ m^{-3}$ . Uzorci uzeti u prirodnom stanju u cilindre Kopeckog suše se na  $105^\circ C$ , hlade u vakuum eksikatoru, a zatim važu. Formula za izračun je:

$$\rho_v = \frac{m_s}{V}$$

Tablica 1. Klasifikacija zbijenosti tla prema vrijednostima volumne gustoće (Harte, citat: Hazelton, Murphy, 2007.)

Volumna gustoća tla u $g\ cm^{-3}$	Zbijenost tla
< 1,0	vrlo niska
1,0-1,3	niska
1,3-1,6	umjerena
1,6-1,9	visoka
>1,9	vrlo visoka

Volumna gustoća tla je indikator zbijenosti tala, što znači da njene više vrijednosti označavaju zbijenija tla s narušenim vodno zračnim i toplinskim svojstvima. Kako bi se mogla napraviti procjena zbijenosti tla na različitim dubinama potrebno je koristiti klasifikaciju prikazanu u tablici 1.

### 3.1.4. Gustoća pakiranja

Gustoća pakiranja ovisi o sadržaju glinaste frakcije, volumnoj gustoći, obliku čestica i načinu njihovog pakiranja, kao i stupnju antropogenizacije (Belić i sur., 2014.). Jedinice u kojima se izražava su  $g\ cm^{-3}$  ili  $Mg\ m^{-3}$ . Formula za izračun je:

$$G_p = \rho_v + (0,009 \cdot \% \text{ gline}),$$

Procjena zbijenosti tla na temelju vrijednosti PD prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. Klasifikacija zbijenosti tla prema vrijednostima gustoće pakiranja (Dugalić i Gajić, 2005.)

<b>G<sub>p</sub> u g cm<sup>-3</sup></b>	<b>Zbijenost tla</b>
<b>&lt; 1,40</b>	mala zbijenost
<b>1,40 - 1,75</b>	umjerena zbijenost
<b>&lt; 1,75</b>	velika zbijenost

### 3.1.5. Poroznost tla

Poroznost tla predstavlja ukupnu količinu pora u jedinici volumena tla. O njoj ovise vodno zračna, ali i toplinska svojstva tla. Izračunava se pomoću vrijednosti volumne gustoće tla ( $\rho_v$ ) i gustoće čvrste faze ( $\rho_c$ ) prema formuli:

$$P = \left( 1 - \frac{\rho_v}{\rho_c} \right) \times 100$$

Tablica 3. Ocjena poroznosti tla (Gračanin, 1947., citat: Škorić, 1992.)

<b>Poroznost tla u %</b>	<b>Ocjena poroznosti</b>
<b>&lt;25</b>	vrlo malena
<b>25 - 35</b>	malena
<b>35 - 45</b>	umjerena
<b>45 - 60</b>	velika
<b>&gt;60</b>	vrlo velika

### 3.1.6. Retencijski kapacitet za vodu

Retencijski kapacitet za vodu je količina vode koju tlo sadrži nakon 24 sata pošto je prethodno bilo maksimalno zasićeno vodom. Određuje se u laboratoriju na način da se uzorci u cilindrima Kopeckog stave na postolje obavijeno filter papirom, čiji su krajevi uronjeni u vodu. Kapilarnim usponom voda vlaži uzorak tla, on se važe ( $m_{av}$ ), suši na 105

°C do konstantne mase, hladi u vakuum eksikatoru i ponovno važe ( $m_s$ ). Klasifikacija  $K_v$  identična je onoj za poroznost, a računa se prema formuli:

$$K_v = \frac{m_{av} - m_s}{V} \times 100$$

### 3.1.7. Kapacitet tla za zrak

Kapacitet tla za zrak izražava se u postotnim udjelima određenog volumena (% vol.), a predstavlja razliku između poroznosti i retencijskog kapaciteta za vodu.

Procjena  $K_z$ , odnosno aeriranost nekog tla ili njegovih slojeva može se napraviti prema vrijednostima u tablici 4.

Tablica 4. Ocjena kapaciteta tla za zrak (Belić i sur., 2014.)

Kapacitet tla za zrak u % vol.	Ocjena
< 5	vrlo nizak
5 - 10	nizak
10 - 20	umjereni
20 - 40	visok
> 40	vrlo visok

## 3.2. Kemijska svojstva tla

### 3.2.1. Reakcija tla

Reakcija tla jedan je od indikatora nepovoljnih fizikalno - kemijskih svojstava tla. Izražava se kroz pH vrijednost, odnosno, negativan logaritam koncentracije  $H^+$  iona u otopini tla. U uzorcima je elektrometrijskom metodom određena aktualna kiselost ( $pH(H_2O)$ ) i izmjenjiva kiselost ( $pH(KCl)$ ). Mjerenje je izvršeno u suspenziji tla i vode omjera 1 : 2,5.

Postupak se sastoji u tome da se u dvije staklene čaše volumena 50 ml odvaže po 10 g zračnosuhog uzorka tla prosijanog kroz sito promjera 2 mm. Jedan uzorak se prelijeva s 25 ml deionizirane vode, a drugi s 25 ml  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  KCl-a. Suspenziju je potrebno promiješati staklenim štapićem i ostaviti da miruje 20 – 30 min. Nakon toga u čaše se uranja kombinirana elektroda pH – metra, koji je prethodno kalibriran standardnim

otopinama poznate pH vrijednosti (Vukadinović i Bertić, 1989.) te na monitoru očita rezultat.

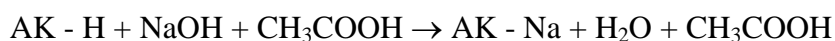
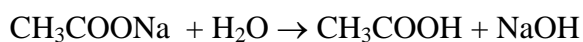
Tablica 5. Klasifikacija reakcije tla prema pH vrijednosti (Soil Survey Manual, 1993.)

pH vrijednost	Reakcija tla
< 3,5	ultra kisela
3,5 - 4,4	ekstremno kisela
4,5 - 5,0	vrlo jako kisela
5,1 - 5,5	jako kisela
5,6 - 6,0	umjereno kisela
6,1 - 6,5	slabo kisela
6,6 - 7,3	neutralna
7,4 - 7,8	slabo neutralna
7,9 - 8,4	umjereno alkalna
8,5 - 9,0	jako alkalna
> 9,1	vrlo jako alkalna

Za tumačenje rezultata dobivenih mjerenjima potrebno je poznavati klasifikaciju reakcije tla, koja se temelji na podjeli pH vrijednosti (tablica5.).

### 3.2.2. Hidrolitička kiselost

Hidrolitička (potencijalna) kiselost aktivira se alkalnim hidrolitičkim solima natrijevog ili kalcijevog acetata (Đurđević, 2014.). Tijekom reakcije dolazi do supstitucije vodikovih i aluminijevih iona adsorpcijskog kompleksa s baznim kationima acetata. Nastaje octena kiselina, a njena količina utvrđuje se titracijom:



Količina nastale octene kiseline odgovara sadržaju lako izmjenjivih  $\text{H}^+$  i  $\text{Al}^{3+}$  iona adsorpcijskog kompleksa.

Potrebno je u plastičnu bocu odvagati 20 g zračnosuhog tla te preliti s 50 ml Na-acetata i mućkati 1 sat na rotacijskoj mućkalici. Suspenzija se nakon toga filtrira, a od bistrog

filtrata prenese se 25 ml u Erlenmayer tikvice. Dodaje se 1 – 2 kapi fenolftaleina i zagrijava. Još vruću otopinu treba titrirati s 0,1 mol dm<sup>-3</sup> NaOH do pojave ružičaste boje.

Vrijednosti hidrolitičke kiselosti izražavaju se u mekv 100 g<sup>-1</sup> ili cmol<sub>(+)</sub>kg<sup>-1</sup>, a izračun se vrši prema formuli:

$$Hk = \frac{a \cdot k \cdot 10 \cdot 1,75}{m}$$

a = utrošak 0,1 mol dm<sup>-3</sup> NaOH;

k = faktor lužine;

m = alikvotna masa tla;

1,75 (ili 3,25) = faktor za korekciju.

### 3.2.3. *Određivanje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O AL-metodom*

Metoda koja se u Hrvatskoj najviše koristi za određivanje količine biljkama pristupačnih oblika fosfora i kalija je amonijum laktatna ili AL-metoda. Zasniva se na ekstrakciji fosfora i kalija iz tla pufernom otopinom amonijevog laktata čiji je pH 3,75 (prema: Egner-Riehm-Domingo).

Ekstrakcija tla: u plastičnu bocu odvagati 5 g zračno suhog tla, prelići sa 100 ml ekstrakcijske AL-otopine i mućkati na rotacijskoj mućkalici 2 - 4 sata na sobnoj temperaturi. Po završetku suspenzija se filtrira kroz naborani filter papir kako bi se dobio bistri filtrat u kojem se određuje sadržaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ili K<sub>2</sub>O. U slučaju kada je filtrat mutan potrebno je ponoviti filtriranje, a ako je i tada isto treba dodati 0,5 g aktivnog ugljena za bistrenje te ponovno filtrirati.

Kolorimetrijska metoda molibdenskog plavila ili plava metoda koristi se za određivanje fosfora. 10 ml bistrog filtrata prenese se pipetom u odmjernu tikvicu volumena 100 ml, doda 9 ml 4 mol dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i dopuni destiliranom vodom do 1/2 volumena tikvice.

Pri zagrijavanju na vodenoj kupelji treba dodati 10 ml 1,44 %-tnog amonijevog molibdata i 2 ml 2,5 %-tne askorbinske kiseline. U slijedećih 30 min zagrijavanja razvija se kompleks plave boje, a nakon toga se odmijerna tikvica do markice dopuni destiliranom vodom. Idenični postupak se primjenjuje i za standarde. Koncentracija AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mjeri se na spektrofotometru pri valnoj duljini od 680 nm (Vukadinović i Bertić, 1989.; Đurđević,



2014.) uz upotrebu filtera. Kalibracijski dijagrami izrađuju se na osnovu poznate koncentracije standarda i vrijednosti apsorpcije izračunate iz vrijednosti transmisija izmjerenih na spektrofotometru.

Standardi se rade na sljedeći način: odvaži se 0,1917 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (0,100 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ + 0,0663 g  $\text{K}_2\text{O}$ ) i 0,0534 g  $\text{KCl}$  (0,0337 g  $\text{K}_2\text{O}$ ), prenese u odmjernu tikvicu od 1 000 ml, otopi u malo AL-otopine i nadopuni do oznake istom otopinom. Takav osnovni standard je zajednički za određivanje fosfora i kalija, jer sadrži u 1 ml 0,1 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  i 0,1 mg  $\text{K}_2\text{O}$ .

Serijski radni standardi priprema se pipetiranjem po 0, 1, 5, 10, 20, 30, 40 i 50 ml osnovnog standarda u odmjerne tikvice od 200 ml i nadopuni do oznake AL-otopinom. Takvi standardi predstavljaju količinu od 0, 1, 5, 10, 20, 30, 40 i 50 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  100 g<sup>-1</sup> tla i istu količinu  $\text{K}_2\text{O}$ . Rezultat se izražava u mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  100 g<sup>-1</sup> tla.

Tablica 6. Granične vrijednosti AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  i AL- $\text{K}_2\text{O}$  za ratarske usjeve na području istočne Hrvatske (Vukadinović i Vukadinović, 2011.)

Razred raspoloživosti	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ mg 100 g <sup>-1</sup>		AL- $\text{K}_2\text{O}$ mg 100 g <sup>-1</sup> tla		
	pH < 6	pH ≥ 6	lako	srednje	teško
<b>(A) jako siromašno</b>	< 5	< 8	< 8	< 12	< 15
<b>(B) siromašno</b>	5 - 12	8 - 16	9 - 15	13 - 19	16 - 24
<b>(C) dobro</b>	13 - 20	17 - 25	16 - 25	20 - 30	25 - 35
<b>(D) visoko</b>	21 - 30	26 - 45	26 - 35	30 - 45	36 - 60
<b>(E) ekstremno visoko</b>	> 30	> 45	> 35	> 45	> 60

Koncentracija kalija (AL- $\text{K}_2\text{O}$ ) određuje se direktno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom na AAS-u kod 766,5 nm uz prethodnu kalibraciju uređaja standardnim otopinama. Rezultat se izražava u mg  $\text{K}_2\text{O}$  100 g<sup>-1</sup> tla. Analitički rezultati služe za određivanje opskrbljenosti tala biljkama pristupačnim oblicima fosfora (AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ ) i kalija (AL- $\text{K}_2\text{O}$ ) te se može izračunati optimalna gnojidba za kulturu koja se planira sijati na analiziranoj površini. U izračunu treba voditi računa o agroklimatskim uvjetima regije kojoj teritorijalno pripadaju uzorci tla. Za područje istočne Hrvatske najčešće se koristi tablica 6.

### 3.2.4. Određivanje humusa

Sadržaj humusa u tlu određuje se metodom mokrog spaljivanja organske tvari kalijevim bikromatom (bikromatnametoda). Kemijska reakcija koja se pritom odvija može se prikazati jednadžbom:



Tijekom reakcije narančasta boja (prisustvo  $Cr^{6+}$ ) prelazi u zelenu (prisustvo  $Cr^{3+}$ ) što se može izmjeriti na spektrofotometru (valna duljina 585 nm).

Postupak: u čašu od 250 ml odvaži se 1 g zračnosuhog tla, doda 30 ml otopine 0,333 mol  $dm^{-3}K_2Cr_2O_7$  i 20 ml koncentrirane  $H_2SO_4$ . Nakon toga smjesa se stavlja u električnu sušnicu tijekom 90 minuta na 98 – 100°C. Potom se uzorci izvade iz sušionika, a nakon hlađenja dodaje se 80 ml destilirane vode. Poslije 24 sata vrši se mjerenje na spektrofotometru pri 585 nm, ali uz prethodno dekantiranje otopine u kivete za mjerenje.

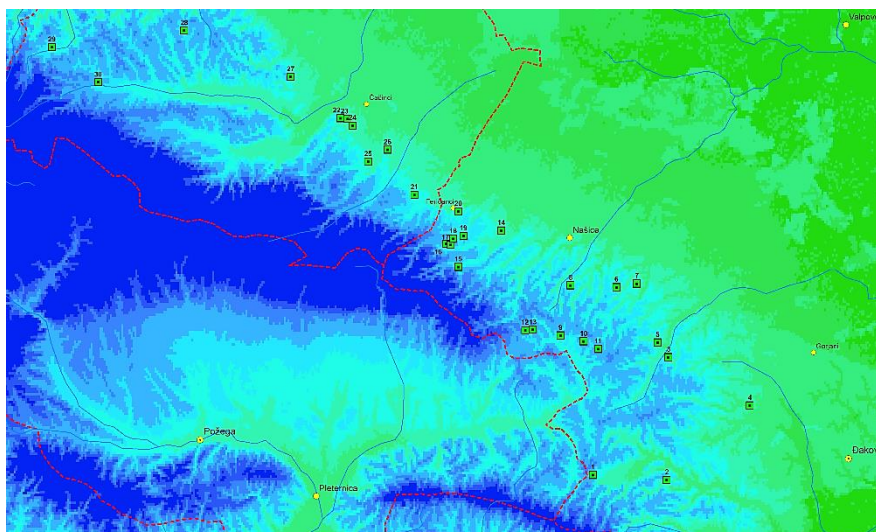
Tablica 7. Podjela tala prema sadržaju humusa (prema: Scheffer-Schachtschabel; citat: Belić i sur., 2014.)

Sadržaj humusa u %	Ocjena humoznosti
< 2	slabo humozno
2 - 4	umjereno humozno
4 - 10	jako humozno
10 - 15	vrlo jako humozno
15 - 30	hidromorfna tla
> 30	treset

Standardi se obrađuju istovremeno kao i uzorci tla, a iz njihovih očitavanja izrađuje se kalibracijska krivulja, koja služi za očitavanje količine ugljika (mg) u 1 g uzorka. Vrijednosti se prije svega preračunavaju u postotni sadržaj ugljika, a potom se množe s faktorom 1,724 kako bi se dobio postotni sadržaj humusa u tlu (Đurđević, 2014.). Budući da humus prosječno sadrži 58% ugljika, to znači da 1% C = 1,724% humusa ( $100/58 = 1,724$ ). Na kraju se na temelju rezultata ocjenjuje humoznost tla što je prikazano u tablici 7.

## 4. REZULTATI

U radu su analizirana svojstva pseudoglejnih tala na području Slavonije i Baranje s 30 lokaliteta (Slika 4.) Odabrane su pozicije u Osječko-baranjskoj i Virovitičko-podravskoj županiji u područjima s nadmorskom visinom 134 - 257 m (tablice 8. i 8a.).



Slika 4. Lokacije pseudogleja s prikazom visinskih zona (Global Mapper 18)

Determinacija tipa tla obavljena je prema hrvatskoj klasifikaciji (Škorić, 1986.). Tla na svim lokalitetima razvrstana su na slijedeći način:

- ◆ **Odjel** - Hidromorfna tla
- ◆ **Klasa** - Pseudoglejna tla
- ◆ **Tip tla** - Pseudoglej
- ◆ **Podtipovi** -na zaravni (profili: 3, 4, 7, 14, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27 i 29)  
- obronačni (profili: 1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 20, 21, 28 i 30)

Pri determinaciji tipa tla korišteni su i podaci o morfološkim svojstvima prikupljeni na terenu prilikom uzorkovanja. Oni obuhvaćaju ektomorfološka svojstva vidljiva na površini tla, npr. reljef i pokrov (slika 5.) inklinacija, ekspozicija i sl.

Endomorfološka svojstva istražuju se u iskopanom pedološkom profilu. U njemu se na tzv. „licu profila“ opisuju horizonti, boja, tekstura, struktura, pedodinamske tvorevine i slično.



Slika 5. Reljef karakterističan za pseudoglejna tla (orig: Vukadinović, V.)

Za prikaz svojstava tala na lokacijama korišteni su podaci o fizikalnim i kemijskim svojstvima uzoraka uzetih iz oraničnih i podoraničnih slojeva. Obradeni su deskriptivnom statistikom te tablično prikazani uz koeficijente korelacije.

#### 4.1. Fizikalna svojstva tla

Mehanički sastav uzoraka na svim lokacijama prikazan je u tablicama 8. i 8a. Prosječni sadržaj glinastih čestica u oraničnim slojevima je 21,32 %, a u podoraničnim 25,56 %. Koeficijent varijabilnosti je viši na dubini do 30 cm, jer se količina gline kreće u granicama od 14,56 do 42,17 %. U dubljem sloju postotni udio gline je 20,17 – 42,58 %, uz koeficijent korelacije 20,52 % (tablice 9. i 10.). Ovakav raspored gline po dubini je karakterističan za pseudoglejna tla, a može se povezati s procesima eluvijacije i iluvijacije unutar profila.

Na svim lokacijama su zastupljene dvije teksturne klase: praškasta ilovača (PrI) i praškasto glinasta ilovača (PrGI).

Volumna gustoća je značajan pokazatelj zbijenosti tala. Prosječna vrijednost u oraničnim slojevima ukazuje na umjerenu zbijenost ( $\rho_v = 1,46 \text{ g cm}^{-3}$ ). Raspon vrijednosti, vidljiv u tablici 9., ukazuje na nisku ( $1,20 \text{ g cm}^{-3}$ ) do visoku ( $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ ) zbijenost uz koeficijent varijacije 7,15 %.

Tablica 8. Mehanički sastav, tekstura i nadmorska visina pseudogleja

Profil	Nadmorska visina, m	Dubina cm	Mehanički sastav, $\phi$ mm			Tekstura
			2 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002	
1	194	0 - 30	3,67	72,17	24,16	PrI
		30 - 60	3,09	68,33	28,58	PrGI
2	201	0 - 30	3,23	64,88	31,89	PrGI
		30 - 60	2,83	63,17	34,01	PrGI
3	194	0 - 30	5,32	74,34	20,34	PrI
		30 - 60	4,56	75,10	20,34	PrI
4	134	0 - 30	3,71	79,36	16,93	PrI
		30 - 60	2,28	72,37	25,35	PrI
5	174	0 - 30	3,61	73,95	22,45	PrI
		30 - 60	2,74	71,20	26,06	PrGI
6	170	0 - 30	3,35	72,99	23,65	PrI
		30 - 60	3,39	72,65	23,96	PrI
7	163	0 - 30	3,77	73,49	22,75	PrI
		30 - 60	2,64	73,31	24,06	PrI
8	189	0 - 30	2,76	55,07	42,17	PrG
		30 - 60	1,60	55,82	42,58	PrG
9	192	0 - 30	6,10	69,04	24,86	PrI
		30 - 60	4,20	63,71	32,10	PrGI
10	257	0 - 30	6,26	74,70	19,04	PrI
		30 - 60	5,02	68,72	26,25	PrGI
11	252	0 - 30	5,05	75,32	19,64	PrI
		30 - 60	3,25	72,60	24,15	PrI
12	209	0 - 30	3,83	69,21	26,96	PrGI
		30 - 60	3,24	68,80	27,97	PrGI
13	203	0 - 30	2,97	67,15	29,88	PrGI
		30 - 60	2,23	30,05	37,72	PrGI
14	154	0 - 30	4,56	78,21	17,23	PrI
		30 - 60	3,29	75,07	21,65	PrI
15	206	0 - 30	7,65	76,41	15,94	PrI
		30 - 60	2,85	70,59	26,56	PrGI

Tablica 8a. Mehanički sastav, tekstura i nadmorska visina pseudogleja

Profil	Nadmorska visina, m	Dubina cm	Mehanički sastav, $\phi$ mm			Tekstura
			2 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002	
16	219	0 - 30	4,19	77,17	18,63	PrI
		30 - 60	3,58	75,17	21,25	PrI
17	215	0 - 30	5,42	75,94	18,64	PrI
		30 - 60	3,37	74,68	21,95	PrI
18	209	0 - 30	5,49	75,27	19,24	PrI
		30 - 60	3,23	72,21	24,56	PrI
19	191	0 - 30	7,88	75,98	16,13	PrI
		30 - 60	3,83	73,22	22,95	PrI
20	174	0 - 30	4,14	73,81	22,04	PrI
		30 - 60	2,22	75,03	22,75	PrI
21	170	0 - 30	6,28	72,15	21,57	PrI
		30 - 60	4,08	70,21	25,71	PrI
22	175	0 - 30	3,79	72,56	23,65	PrI
		30 - 60	2,86	68,25	28,89	PrGI
23	162	0 - 30	3,11	77,33	19,56	PrI
		30 - 60	2,76	72,08	25,16	PrI
24	149	0 - 30	3,05	79,09	17,86	PrI
		30 - 60	2,60	74,64	22,76	PrI
25	156	0 - 30	3,45	78,02	18,53	PrI
		30 - 60	2,48	76,37	21,15	PrI
26	151	0 - 30	2,59	76,69	20,72	PrI
		30 - 60	2,27	72,61	25,12	PrI
27	182	0 - 30	3,48	78,83	17,69	PrI
		30 - 60	3,00	76,50	20,50	PrI
28	201	0 - 30	3,88	79,51	16,61	PrI
		30 - 60	2,88	76,82	20,30	PrI
29	184	0 - 30	5,02	80,42	14,56	PrI
		30 - 60	3,78	76,05	20,17	PrI
30	240	0 - 30	4,19	79,63	16,18	PrI
		30 - 60	5,02	72,83	22,15	PrI

U podoraničnim horizontima je, očekivano, volumna gustoća viša (tablica 10.). Zbijenost procijenjena prema prosječnoj vrijednosti ( $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ ) i dalje je umjerena. Vrijednosti su povišene ( $1,40 \text{ g cm}^{-3}$  -  $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ ) također uz slabu varijabilnost ( $CV = 4,19 \%$ ). Procjena zbijenosti je kao i u oraničnim slojevima (niska do umjerena).

Tablica 9. Deskriptivna statistika fizikalnih svojstava pseudoglejnih tala u oraničnom sloju (0 - 30 cm)

Svojstva	n	$\bar{x}$	SD	CV	min	max
$\rho_v$ $\text{g cm}^{-3}$	30	1,46	0,10	7,15	1,20	1,70
$G_p$ $\text{g cm}^{-3}$	30	1,65	0,12	7,22	1,35	1,90
Glina %	30	21,32	5,68	26,67	14,56	42,17
$K_v$ %	30	37,74	2,53	6,70	30,85	44,61
P %	30	40,49	4,56	11,25	30,62	53,13
$K_z$ %	30	2,75	5,47	198,65	-8,37	22,27

S obzirom na to da je zbijenost poljoprivrednih površina vrlo značajan i sve rašireniji oblik degradacije tala ovom problemu se pristupa s punom pažnjom. Iz tog razloga se u svijetu sve više koriste i drugi parametri koji daju daleko precizniju sliku.

Tablica 10. Deskriptivna statistika fizikalnih svojstava pseudoglejnih tala u podoraničnom sloju (30 - 60 cm)

Svojstva	n	$\bar{x}$	SD	CV	min	max
$\rho_v$ $\text{g cm}^{-3}$	30	1,55	0,06	4,19	1,40	1,68
$G_p$ $\text{g cm}^{-3}$	30	1,78	0,09	5,29	1,61	2,04
Glina %	30	25,56	5,24	20,52	20,17	42,58
$K_v$ %	30	35,65	2,91	8,16	30,74	40,31
P %	30	38,10	2,69	7,07	31,43	44,00
$K_z$ %	30	2,45	3,94	160,74	-5,31	8,53

Jedan od njih je gustoća pakiranja (Gp). To je parametar za procjenu zbijenosti tala koji polazi od pretpostavke da sitnije čestice kod agregiranja („pakiranja“) ostavljaju manje prostora (pora) za vodu i zrak. Znači, što je više gline tla imaju narušenije vodno zračne odnose. Prosječne vrijednosti Gp pokazuju da su oranični slojevi umjereno zbijeni ( $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ ), dok su podoranični jako zbijeni ( $1,78 \text{ g cm}^{-3}$ ). Vrijednosti CV < 10 % ukazuju na slabu varijabilnost u oba sloja (tablice 9. i 10.).

Sadržaj vode u tlu (Kv), zraka (Kz) i pora (P) ovisni su u velikoj mjeri o ovise o udjelu gline, volumnoj gustoći i gustoći pakiranja.

Poroznost se kreće od umjerene do velike u oba sloja s prosječnim vrijednostima malo višim u površinskih 30 cm (40,49 %), kao i retencijski kapacitet (37,79 %). U podoraničnim slojevima P = 38,10%, a Kv = 35,65%. Varijabilnost rezultata je niska s CV vrijednostima < 10 %. Neznatno odstupanje je prisutno u oraničnom sloju gdje je CV za poroznost 11,25 % (tablica 9.).

Aeriranost tla, iskazana kroz kapacitet tla za zrak (Kz) je u prosjeku vrlo niska u oba sloja (tablice 10. i 11.). U površinskih 30 cm variranja su daleko viša pa Kz dostiže i visoke vrijednosti (22,27 %). Visoki rezultati CV (198,65 % u oraničnom i 160,74 % u podoraničnom sloju) znače da su vrijednosti vrlo heterogene.

#### **4.1. Kemijska svojstva tla**

Rezultati kemijskih analiza uzoraka iz oraničnih slojeva, uzetih do 30 cm dubine, pokazuju kako su tla na svim lokalitetima kisela (tablica 11.). Prosječna vrijednost pH(KCl) iznosi 4,32, a kreće se u rasponu od 3,74 (ekstremno kisela) do 5,14 (jako kisela). Vrijednosti aktualne kiselosti su u rasponu od vrlo jako kisele do neutralne ( $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 4,67 - 6,61$ ).

Reakcija tla u podoraničnim horizontima (tablica 12.) ne razlikuje se značajno od one u površinskih 30 cm. Izmjenjiva kiselost je u granicama od ekstremno ( $\text{pH}(\text{KCl})$  3,83) do jako kisele ( $\text{pH}(\text{KCl})$  5,75). Vrijednosti aktualne kiselosti također pokazuju isti rang kiselosti, kao i kod oraničnih slojeva ( $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  5,33 – 6,98). Varijabilnost rezultata u oba sloja je niska (CV = 6,00 – 9,01 %).



Hidrolitička kiselost je u uskoj vezi s koncentracijom vodikovih iona u otopini tla. Stoga su vrijednosti u oraničnim slojevima (1,84–8,44cmol(+) kg<sup>-1</sup>) više nego u podoraničnim (0,00–6,04cmol(+) kg<sup>-1</sup>). Treba istaknuti povećanu varijabilnost rezultata, jer se CV kreće od 39,88 % u oraničnim do 48,63 % u podoraničnim slojevima.

Tablica 11. Deskriptivna statistika kemijskih svojstava pseudoglejnih tala u oraničnom sloju (0 - 30 cm)

Svojstva	n	$\bar{x}$	SD	CV	min	max
pH(KCl)	30	4,32	0,39	9,01	3,74	5,14
pH(H <sub>2</sub> O)	30	5,61	0,44	7,87	4,67	6,61
Hk cmol(+) kg <sup>-1</sup>	30	4,29	1,71	39,88	1,84	8,44
Humus %	30	1,85	0,58	31,48	0,06	2,89
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100 g <sup>-1</sup> tla	30	6,84	8,95	130,79	0,00	43,60
AL-K <sub>2</sub> O mg 100 g <sup>-1</sup> tla	30	15,39	5,20	33,77	7,86	27,44

Pseudogleji na svim lokacijama su slabo do umjereno humozni uz sadržaj humusa u površinskih 30 cm od 0,06 do 2,89% (tablica 11.), uz ponovno visoku varijabilnost. Ipak, u prosjeku su to ipak slabo humozna tla (1,85%).

Tablica 12. Deskriptivna statistika kemijskih svojstava pseudoglejnih tala u podoraničnom sloju (30 - 60 cm)

Svojstva	n	$\bar{x}$	SD	CV	min	max
pH(KCl)	30	4,40	0,39	8,86	3,83	5,75
pH(H <sub>2</sub> O)	30	5,86	0,35	6,00	5,33	6,98
Hk cmol(+) kg <sup>-1</sup>	30	3,24	1,58	48,63	0,00	6,04
Humus %	30	1,17	0,36	30,93	0,62	2,13
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100 g <sup>-1</sup> tla	30	4,40	3,81	86,58	0,00	14,70
AL-K <sub>2</sub> O mg 100 g <sup>-1</sup> tla	30	11,96	4,07	34,03	7,14	25,16

Za plodnost poljoprivrednih površina važno je uz poznavanje do sada navedenih svojstava imati i podatak o sadržaju biljkama pristupačnih hraniva. U tablici 11. vidljivo je da su

pseudoglejna tla do 30 cm dubine u prosjeku jako siromašna do dobro opskrbljena biljkama pristupačnim kalijem i fosforom. Sadržaj fosfora je u granicama 0 – 14,70 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 g<sup>-1</sup> tla uz vrlo visoku heterogenost rezultata (CV = 130,79 %). Sadržaj kalija je 7,14 do 25,16 mg K<sub>2</sub>O 100 g<sup>-1</sup> tla uz srednju raspršenost rezultata (CV = 3,77 %).

Ovisnost pojedinih svojstava prikazana je kroz vrijednosti koeficijentata korelacije s razinama značajnosti od 0,05 i 0,01 (tablice 13. i 14.).

Tablica 13. Koeficijenti korelacije fizikalnih i kemijskih svojstava pseudogleja u oraničnom sloju (0 – 30 cm)

	pH(KCl)	pH(H <sub>2</sub> O)	Hk	Humus	ρ <sub>v</sub>	Kv	P	Kz	Glina	Gp
pH(KCl)	1,000									
pH(H <sub>2</sub> O)	0,641**	1,000								
Hk	-0,533**	-0,106	1,000							
Humus	0,411*	0,498**	0,256	1,000						
ρ <sub>v</sub>	0,051	-0,050	-0,358	-0,377*	1,000					
Kv	0,107	0,219	0,128	0,338	0,053	1,000				
P	-0,052	0,044	0,329	0,345	-0,990**	-0,119	1,000			
Kz	-0,093	-0,064	0,215	0,131	-0,850**	-0,562**	0,888**	1,000		
Glina	0,005	0,305	0,180	-0,130	0,066	0,019	-0,067	-0,065	1,000	
Gp	0,047	0,087	-0,236	-0,386*	0,903**	0,055	-0,896**	-0,772**	0,487**	1,000

**p < 0,05\* ; p < 0,01\*\***

U površinskih 30 cm dubine zabilježena je vrlo značajna pozitivna korelacija izmjenjive i aktualne kiselosti (r = 0,641\*\*) te vrlo značajna, ali negativnog smjera korelacija izmjenjive i hidrolitičke kiselosti (r = -0,533\*\*). Volumna gustoća tla je u vrlo značajnoj negativnoj korelaciji s količinom pora (r = -0,990\*\*) i zraka u tlu (r = -0,850\*\*), dok je sa sadržajem humusa u značajnoj negativnoj korelaciji (r = -0,377\*). Očekivano, vrlo je značajna negativna korelacija gustoće pakiranja s poroznošću (r = -0,896\*\*) i kapacitetom za zrak (r = -0,772\*\*).

U sloju 30 – 60 cm i dalje postoji vrlo značajna negativna korelacija pH(KCl) i hidrolitičke kiselosti (r = -0,648\*\*). Zanimljivo je da u ovom sloju se javlja značajna pozitivna korelacija gline sa hidrolitičkom kiselosti (r = 0,368\*) i volumnom gustoćom (r = 0,392\*), dok s količinom pora postoji negativna značajnost (r = -0,415\*). Očekivano, povećani sadržaj gline ima vrlo značajnu negativnu vezu s Kz (r = -0,510\*\*).

Tablica 14. Koeficijenti korelacije fizikalnih i kemijskih svojstava pseudogleja u podoraničnom sloju (30 – 60 cm)

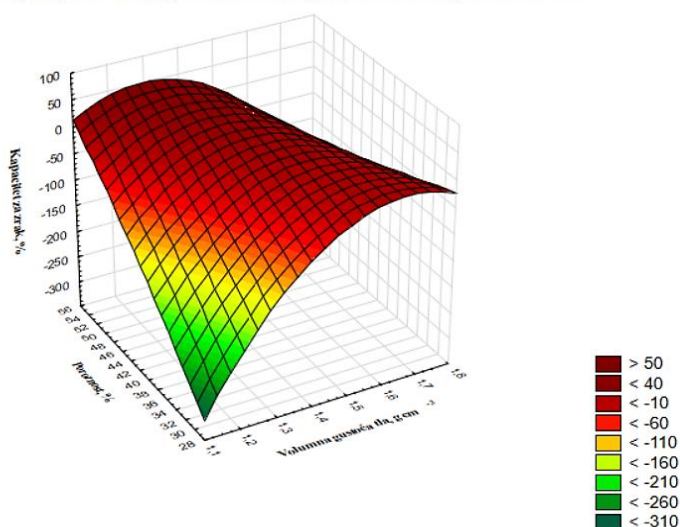
	<b>pH(KCl)</b>	<b>pH(H<sub>2</sub>O)</b>	<b>Hk</b>	<b>Humus</b>	<b>ρ<sub>v</sub></b>	<b>Kv</b>	<b>P</b>	<b>Kz</b>	<b>Glina</b>	<b>Gp</b>
<b>pH(KCl)</b>	1,000									
<b>pH(H<sub>2</sub>O)</b>	0,452*	1,000								
<b>Hk</b>	-0,648**	-0,478**	1,000							
<b>Humus</b>	0,054	0,025	0,094	1,000						
<b>ρ<sub>v</sub></b>	-0,025	0,072	-0,079	0,032	1,000					
<b>Kv</b>	-0,191	0,062	0,404*	-0,256	-0,055	1,000				
<b>P</b>	0,061	-0,057	0,037	0,003	-0,954**	0,013	1,000			
<b>Kz</b>	0,183	-0,085	-0,273	0,191	-0,611**	-0,729**	0,674**	1,000		
<b>Glina</b>	-0,210	-0,046	0,368*	-0,168	0,392*	0,305	-0,415*	-0,510**	1,000	
<b>Gp</b>	-0,123	0,026	0,130	-0,062	0,886**	0,114	-0,867**	-0,678**	0,773**	1,000

**p < 0,05\***; **p < 0,01\*\***

## 5. RASPRAVA

Za proces nastanka pseudoglejnih tala karakterističan je proces eluvijacije (ispiranja gline, humusa i seskvi oksida) dubinom profila te njihova akumulacija u iluvijalnom Bg horizontu. Rezultati predloženi u tablicama 8. i 8a. pokazuju kako se sadržaj glinaste frakcije povećava s dubinom. U površinskih 30 cm prosječni sadržaj gline je 21,32 %, a na dubini od 30 – 60 cm viši je za nekoliko postotaka (25,56 %). Vrbek (2003.) je istražujući 3 lokacije pseudogleja zaključio da se u profilima na dvije lokacije s dubinom povećava sadržaj gline. Na temelju udjela čestica pijeska, praha i gline utvrđene su teksturne klase uzoraka. Uočava se dominacija praškaste ilovače (PrI) nad praškasto glinastom ilovačom (PrGI). Obradom rezultata s 15 lokacija pseudogleja Vukadinović i sur. (2013.) su zaključili da u 80 % uzoraka prevladava praškasto ilovasta tekstura. U dubljim slojevima je utvrđena značajna pozitivna korelacija sadržaja gline s hidrolitičkom kiselosti ( $r = 0,368^*$ ), volumnom gustoćom ( $r = 0,392^*$ ), a značajna negativna korelacija s količinom pora ( $r = -0,415^*$ ) (tablica 14.).

Utjecaj volumne gustoće tla na poroznost i kapacitet za zrak



Grafikon 1. Utjecaj volumne gustoće na poroznost i aeriranost površinskog sloja tla

Prosječne vrijednosti volumne gustoće, kao indikatora zbijenosti tla (Racz, 1986.), oraničnih slojeva pseudogleja upozoravaju na prisutan problem zbijanja (tablica 9.). Naime, volumna gustoća se kreće od 1,20 do 1,70 g cm<sup>-3</sup>, što označava umjerenu do visoku zbijenost (prema Harte, citat: Hazelton, Murphy, 2007.). U podoraničnim slojevima (tablica 10.) vrijednosti volumne gustoće su u granicama 1,40 - 1,68 g cm<sup>-3</sup>, što navodi na

zaključak da se degradacijski proces zbijanja kontinuirano javlja dubinom profila. Vukadinović i sur. (2013.) navode kako je jači intenzitet zbijanja povezan s nižom humoznošću, višim sadržajem gline i mikropora. Rezultat je otežan ili onemogućen rast biljnog korijena u dubinu. Prema Jonesu (1983., citat: Hazelton, Murphy, 2007.) kritične vrijednosti se javljaju samo u praškasto glinastim ilovačama s vrijednostima  $\rho_v$  oko  $1,7 \text{ g cm}^{-3}$ ). Očekivano, volumna gustoća je u vrlo značajnoj negativnoj korelaciji s poroznosti i kapacitetom za zrak cijelom dubinom (grafikon 1.), a s gustoćom pakiranja je u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji ( $r = 0,903^{**}$  u oraničnom, a u podoraničnom  $0,886^{**}$ ).

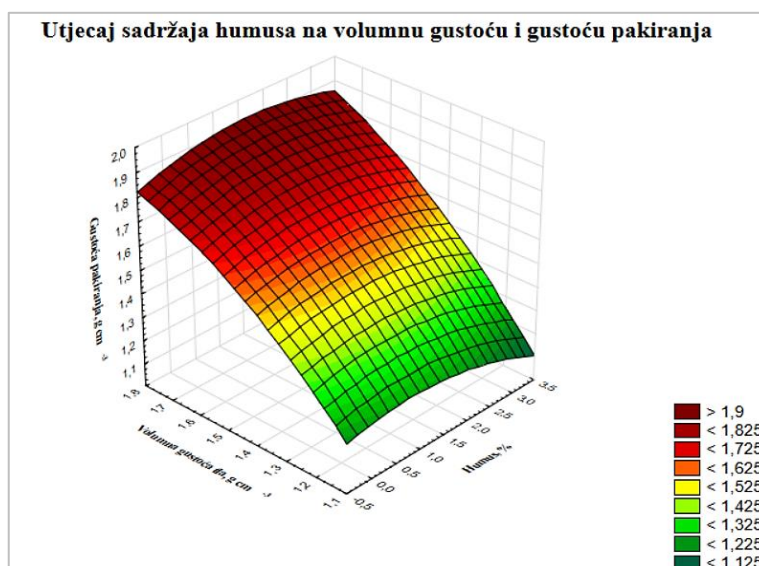
Za objektivniju procjenu intenziteta zbijanja koristi se i gustoća pakiranja, jer se u izračunu uzima u obzir i sadržaj gline. Pretpostavka je da se sitnije čestice gušće pakiraju te ostaje puno manje šupljina u kojima se zadržava voda ili zrak. To je vidljivo u tablicama 13. i 14. gdje prikazani koeficijenti upućuju na vrlo jaku negativnu korelaciju  $G_p$  s poroznosti i kapacitetom za zrak do 60 cm dubine. Također, Kämpf i sur. (1999.) su iznijeli zaključak da se s povećanjem  $G_p$  značajno povećava mehanički otpor tla rastu korijena u dubinu. Vrlo jako zbijena tla, imaju vrlo nisku infiltraciju, lošu aeraciju te pružaju otpor prodiranju korijena. Vrijednosti prikazane u tablicama 9. i 10. ukazuju na umjerenu do jaku zbijenost. U oraničnim slojevima  $G_p = 1,35 - 1,90 \text{ g cm}^{-3}$ , a u podoraničnim  $G_p = 1,61 - 2,04 \text{ g cm}^{-3}$ .

Količina pora izražena kroz vrijednosti ukupne poroznosti je na dubini do 30 cm umjerena do velika (tablica 9.). Može se zaključiti da ovisi o primijenjenom sustavu obrade tla. Međutim, u podoraničnim slojevima je niža, što je vezano s količinom gline i intenzitetom zbijanja tala.

Procjena aeriranosti pseudogleja na 30 lokacija u Slavoniji i Baranji u prosjeku je vrlo niska. U oraničnim slojevima kapacitet za zrak je 2,75 %, a u podoraničnim 2,45 %.

Reakcija otopine tla je cijelom dubinom ekstremno do jako kisela ( $\text{pH}(\text{KCl}) = 4,32 - 5,14$  u oraničnom, odnosno u podoraničnom  $\text{pH}(\text{KCl}) = 3,83 - 5,75$ ), a za nju su vezane i visoke vrijednosti hidrolitičke kiselosti ( $1,84 - 8,44$  u oraničnim i  $0 - 6,04 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$  u podoraničnim slojevima (tablice 11. i 12.)). Koeficijenti korelacije pokazuju vrlo značajnu negativnu korelaciju između ova dva parametra ( $r = -0,533^{**}$  na dubini do 30 cm, a u dubljem sloju  $r = -0,648^{**}$ ). Veličina hidrolitičke kiselosti je važna kod izračuna količine kalcizacijskog materijala (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Zbog mogućeg negativnog učinka preporučljivo je postupno povisiti pH. Unošenjem u tlo velikih ili prevelikih

količina kalcizacijskog materijala ubrzavaju se oksidacijski procesi što može značiti i smanjenje organske tvari u tlu, pad raspoloživosti fosfora i mikroelemenata, a dugoročno i pad plodnosti.



Grafikon 2. Utjecaj sadržaj humusa na vrijednosti volumne gustoće i gustoće pakiranja do u površinskom sloju tla

Prema sadržaju humusa tla na svim lokacijama su slabo do umjereno humozna (0,06 – 2,89 % humusa). Utvrđena je značajna negativna korelacija (grafikon 2.) sadržaja humusa s volumnom gustoćom ( $r = -0,377^*$ ) i gustoćom pakiranja ( $r = -0,386^*$ ), a sa izmjenjivom kiselosti korelacija je pozitivna ( $r = 0,411^*$ ). Opskrbljenost biljkama pristupačnim oblicima fosfora i kalija je u prosjeku jako siromašna do dobra. Međutim, uz  $CV > 100 \%$  rezultati su vrlo heterogeni, odnosno pokazuju veliku raspršenost, koje nema ako su vrijednosti  $CV < 10 \%$  (Dahiya i sur. , 1984.). To se može objasniti utjecajem čovjeka, odnosno različitim razinama ulaganja u poljoprivrednu proizvodnju vlasnika parcela što ovisi o ekonomskim mogućnostima svakog pojedinaca.

## 6. ZAKLJUČAK

U radu su prezentirani podaci o svojstvima pseudoglejnih tala na području Slavonije i Baranje. S obzirom na rezultate navedene u radu mogu se izvesti sljedeći zaključci:

Analizirani su uzorci s 30 lokacija u Slavoniji i Baranji i u njima analizirana te opisana fizikalno-kemijska svojstva tala;

Lokacije su odabrane na području Osječko-baranjske i Virovitičko-podravске županije u reljefno specifičnom području za pojavu pseudoglejnih tala, s nadmorskom visinom od 134 do 257 m;

Prema hrvatskoj klasifikaciji (Škorić, 1986.) tla su razvrstana na sljedeći način:

*Odjel* – hidromorfna tla; *klasa* – pseudoglej; *tip* – pseudoglej; *podtip* - na zaravni i obronačni.

Plodnost istraživanih pseudogleja je niska zbog loših kemijskih svojstava:

- Reakcija tla je ekstremno kisela do kisela. U oraničnim slojevima pH(KCl) je u granicama od 3,74 do 5,14, a u podoraničnim od 3,83 do 5,75;
- Sadržaj humusa je 0,06 – 2,89 % (slabo do umjereno humozni);
- Oranični slojevi u prosjeku su jako siromašni do dobro opskrbljeni biljkama pristupačnim kalijem i fosforom. Sadržaj fosfora je od 0 do 14,70 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 g<sup>-1</sup> tla, a sadržaj kalija od 7,14 do 25,16 mg K<sub>2</sub>O 100 g<sup>-1</sup> tla.

Tekstura je praškasta ilovača (PrI) i praškasto glinasta ilovača (PrGI), a u dubljim slojevima profila sadržaj gline je viši.

Zbijenost, koja se može procijeniti na temelju volumne gustoće i gustoće pakiranja je umjerena do visoka:

- $\rho_v = 1,20 - 1,70 \text{ g cm}^{-3}$  u oraničnim slojevima, a u podoraničnim od 1,40 do 1,68 g cm<sup>-3</sup>;
- PD = 1,35 – 1,90 g cm<sup>-3</sup> u oraničnim slojevima, a od 1,61 do 2,04 g cm<sup>-3</sup> u podoraničnim.

Poroznost je umjerena do velika do 60 cm dubine s malo višim prosječnim vrijednostima u oraničnom sloju (40,49 %), kao i retencijski kapacitet (37,79 %). U podoraničnim slojevima  $P = 38,10\%$ , a  $K_v = 35,65\%$ .

Aeriranost tla je u prosjeku vrlo niska, ali u oraničnim slojevima značajno varira (maksimalna vrijednost je 22,27 %).

U površinskom sloju do 30 cm dubine uočava se pozitivna korelacija izmjenjive i aktualne kiselosti ( $r = 0,641^{**}$ ), te vrlo značajne, ali korelacije negativnog smjera izmjenjive i hidrolitičke kiselosti ( $r = -0,533^{**}$ ).

Volumna gustoća je u vrlo značajnoj negativnoj korelaciji s količinom pora ( $r = -0,990^{**}$ ) i zraka u tlu ( $r = -0,850^{**}$ ), dok je sa sadržajem humusa u značajnoj negativnoj korelaciji ( $r = -0,377^*$ ). Uočava se i značajna negativna korelacija gustoće pakiranja s poroznošću ( $r = -0,896^{**}$ ) i kapacitetom za zrak ( $r = -0,772^{**}$ ). Humus je u značajnoj negativnoj korelaciji s gustoćom pakiranja ( $r = -0,386^*$ ), dok je s izmjenjivom kiselosti u pozitivnoj korelaciji ( $r = 0,411^*$ ). Volumna gustoća je u vrlo značajnoj negativnoj korelaciji s poroznosti i kapacitetom za zrak cijelom dubinom, a s gustoćom pakiranja je u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji ( $r = 0,903^{**}$  u oraničnom sloju, a u podoraničnom 0,886<sup>\*\*</sup>).

U podoraničnom sloju uočava se značajna negativna korelacija pH (KCl) i hidrolitičke kiselosti ( $r = -0,648^{**}$ ), ali s druge strane uočava se značajna pozitivna korelacija gline sa hidrolitičkom kiselosti ( $r = 0,368^*$ ) i volumnom gustoćom ( $r = 0,392^*$ ), dok s količinom pora postoji negativna značajnost ( $r = -0,415^*$ ). Viši sadržaj gline ima vrlo značajnu negativnu vezu s kapacitetom za zrak ( $r = -0,510^{**}$ ).



## 7. POPIS LITERATURE

1. Bašić, F. (2013.): The Soils of Croatia. World Soils Book Series, Springer. Dordrecht.
2. Belić, M., Nešić, Lj., Ćirić, V. (2014.): Praktikum iz pedologije. Univerzitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. <http://polj.uns.ac.rs/sr/udzbenici>
3. Bogunović, M., Ćorić, R. (2014.): Višenamjensko vrednovanje zemljišta i racionalno korištenje prostora. Sveučilište u Mostaru.
4. Bogunović, I., Pereira, P., Kisić, I., Sajko, K., Sraka, M. (2018.): Tillage management impacts on soil compaction, erosion and crop yield in Stagnosols (Croatia). *Catena*, 160: 376-384.
5. Bogunović, I., Jurišić, A., Birkás, M., Mesić, M. (2014.): Prostorna varijabilnost fizikalnih svojstava pseudogleja na zaravni. *Agronomski glasnik*, 1-2: 15-27.
6. Bogunović, M., Vidaček, Ž., Husnjak, S., Sraka, M. (1998.): Inventory of Soils in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 63(3):105-112.
7. Bošković-Rakočević, Lj., Jakovljević, M., Ubavić, M., Milivojević, M. (2003.): Changes in soil acidity depending on amelioration measures. *Journal of Agricultural Sciences*, 48(2): 149-158.
8. Butorac, A., Kisić, I., Butorac, J., Barčić, J. (2000.): Međusobni odnosi obrade i gnojidbe tla u uzgoju šećerne repe na *lessive* pseudogleju donje Podravine. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 65(3):143-151.
9. Ćirić, M. (1986.): Pedologija. SOUR „Svjetlost“ – OOUR Zavod za zdžbenike i nastavna sredstva. Sarajevo.
10. Dahiya, I.S., Richter, J., Malik, R.S. (1984.): Soil Spatial Variability: A Review. *International Journal of Tropical Agriculture*, 11(1): 1-102.
11. Dugalić, G.J., Gajić, B.A. (2005.): Pedologija – praktikum. Agronomski fakultet Čačak, Čačak.
12. Đurđević, B. (2014.): Praktikum iz ishrane bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. <http://ishranabilja.com.hr/literatura.html>
13. IUSS Working Group WRB (2015.): World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 - International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

14. Gajić, B. (2005.): Plastičnost pseudoglejnih zemljišta opštine Ub. *Journal of Agricultural Sciences*, 50(2):153-159.
15. Hazelton, P., Murphy, B. (2007.): *Interpreting soil test results: what do all the numbers mean?*. NSW Department of Natural Resources. CSIRO Publishing.
16. Husnjak, S. (2014.): *Sistematika tala Hrvatske*. Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb.
17. Husnjak, S., Bogunović, M., Šimunić, I. (2002.): Režim vlažnosti hidromelioriranog pseudoglej-glejnog tla. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 67( 4):169-179.
18. Jelić, M., Milivojević, J., Đekić, V., Paunović, A., Madić, M., Dugalić, G. (2014.): Uticaj kalcizacije i đubrenja na prinos i iskorišćavanje azota i fosfora biljkama ječma na zemljištu tipa pseudoglej. *XIX savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova*, 19(21): 47 – 51.
19. Jerinić, S., Stojković – Jevtić, S., Janković, V. (2015.): Promene agrohemijskih osobina pseudoglejnog zemljišta nakon izvedene kalcizacije. *XIX savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova*, 20(22): 45-50.
20. Jovanović, Ž., Đalović, I, Dugalić, G., Kovačević, V. (2006.): Uloga sustava i gnojidbe u suvremenoj proizvodnji kukuruza. *Zbornik radova*, 41. hrvatski i 1. međunarodni znanstveni simpozij agronoma, Osijek, 392-393.
21. Jug, D., Jug, I., Vukadinović, V., Đurđević, B., Stipešević, B., Brozović, B. (2017.): Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 67-75.
22. Kämpf, A.N., Hammer, A.P., Kirk, T. (1999): Effect of the packing density on the mechanical impedance of root media. *Acta Hort. (ISHS)*, 481:689-694.
23. Karavla, J. (1972.): Parkovi Samobora i njihova dendrološka važnost. *Šumarski list, Savez inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske*, 96(1-2):1-30.
24. Katić, S., Milić, D., Lazarević, B., Dugalić, G., Bokan, N. (2009.): Stabilnost prinosa i dužina života lucerke na pseudogleju posle primene krečnjaka. *Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zbornik radova*. 46:81-87.
25. Kisić, I., Bašić, F., Mesić, M., Butorac, A., Sabolić, M. (2002.): Utjecaj različitih načina obrade na prinos zrna kukuruza na pseudogleju središnje Hrvatske. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 67 (2):81-89.
26. Kljajić, N., Arsić, S., Mijajlović, N. (2012.): Zemljište kao ekološki faktor poljoprivredne proizvodnje. *Tranzicija*, 14(29):38-47.
27. Knežević, M., Đorđević, A., Košanin, O., Miletić, Z., Golubović, S., Peček, S., Životić, Lj., Nikolić, N., Žarković, M. (2011.) : Usklađivanje nomenklature osnovne pedološke

- karte sa WRB klasifikacijom. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, 24 – 25.
28. Lončarić, Z., Rastija, D., Baličević, R., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V. (2014.): Plodnost i opterećenost tala u pograničnom području. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, 15-22.
29. Lučić, P., Đurić, G., Mičić, N., Marić, M. (1997.): Mogućnost intenziviranja proizvodnje jabuke na slaboproduktivnim zemljištima tipa pseudoglej Agroznanje, Banja Luka:347 – 353.
30. Mališević, E. i Čmelik, Z. (1996.): Rasprostranjenost korijena lijeske uzgajane na pseudogleju POMOLOGIA CROATICA, Vol. 2,br. 1-4: 37 - 43
31. Mandić, M., Paunović, A., Đurović, D., Marković, G., Knežević, D., Jelić, M., Stupar, V. (2018.): Prinos i komponente prinosa zrna tritikalea gajenog na zemljištu tipa pseudoglej. Journal of Central European Agriculture, 19 (1): 184-193.
32. Martinović, J. (2000.): Tla u Hrvatskoj. Pokret prijatelja prirode lijepa naša, Zagreb, 169 - 174.
33. Miljković, I. (2000.): Korijenov sustav bresaka u pseudogleju. Pomologia Croatica, 6(1-4): 77-91.
34. Mitrikeski J., Mitkova, T. (2001.): Praktikum po pedologija. Univerzitet "Sv. Kiril i Metodij" – Skopje, Zemjodelski fakultet. Skopje.
35. Mrvić, V., Čakmak, D., Sikirić, B., Nikoloski, M., Delić, D., Belanović, S., Beloica, J. (2012.): Uticaj zakišeljavanja na sadržaj vodorastvornog aluminijuma u pseudoglejevima. Ratar. Povrt. 49(3): 257-262.
36. Pernar, N., Bakšić, D., Perković, I. (2013.): Terenska i laboratorijska istraživanja tla - priručnik za uzorkovanje i analizu. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatske šume d.o.o., Zagreb.
37. Pivić, R., Pivić, M., Stanojković, A. (2007.): Dinamika vlage pseudogleja u uslovima odvodnjavanja. Zbornik radova. XV. naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine Ekološka istina, Eko Ist' 07. Sokobanja, 257-261.
38. Pivić, R., Stanojković, A., Jošić, D., Maksimović, J. (2011.): The possibilities of intensive field crop production on the pseudogley type of soil using the complex amelioration measures. Biotechnology in Animal Husbandry, (3):1261-1269.
39. Racz, Z. (1986.): Agrikulturna mehanika tla. Sveučilište u Zagrebu Fakultet poljoprivrednih znanosti – Zagreb, Zagreb.

40. Racz, Z., Škorić, A., Mihalić, V., Tomić, F. (1977.): Proizvodni potencijal i neka pitanja uređenja zemljišta u SR Hrvatskoj. *Agronomski glasnik*, 39(5): 417-440.
41. Rubinić, V., Durn, G., Husnjak, S., Tadej, N. (2014.): Composition, properties and formation of Pseudogley on loess along a precipitation gradient in the Pannonian region of Croatia. *Catena*, 113:138-149.
42. Rubinić, V., Husnjak, S. (2016.): Clay and Humus Contents Have the Key Impact on Physical Properties of Croatian Pseudogleys. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 81(4):187-191.
43. Rubinić, V., Šipek, M., Bensa, A., Husnjak, S., Lazarević, B. (2015.): Utjecaj načina korištenja zemljišta i nagiba terena na svojstva tla – primjer pseudogleja na obronku u Donjoj Zelini. *Agronomski glasnik*, 1-2: 3-22..
44. Stevanović, P., Popović, V., Glamočlija, Đ., Tatić, M., Spalević, V., Jovović, Z., Simić, D., Maksimović, L. (2016.) : Uticaj azotnih hraniva na nodulaciju soje (*Glycinemax.*) na černozeu i pseudogleju. *Radovi sa XXX savetovanja agronoma, veterinarara, tehnologa i agroekonomista*, 22(1-2): 66-77.
45. Škorić, A. (1992.): Priručnik za pedološka istraživanja. Sveučilište u Zagrebu Fakultet poljoprivrednih znanosti – Zagreb, Zagreb.
46. Škorić, A. (1986.): Postanak razvoj i sistematika tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
47. Škorić, A. (1977.): Tla Slavonije i Baranje. U: Škorić, A. (ur.) Tla Slavonije i Baranje. Projektni savjet pedološke karte SR Hrvatske, Posebna izdanja, Knjiga 1, Zagreb. 7-58.
48. Tomić, F., Šimunić, I., Petošić, D. (1994.): Djelotvornost različitih sustava detaljne odvodnje cijevnom drenažom na teškom pseudoglej-glejnom tlu srednje Posavine. *Agronomski glasnik*, 1-2:159-175.
49. Tucak, M., Popović, S., Čupić, T., Grljušić, S., Stjepanović, M., Kozumplik, V. (2007.): Utjecaj tipa tla na prinos i kakvoću lucerne. *Krmiva* 49, Zagreb, 5: 265 - 271.
50. Jelić, M., Milivojević, J., Dugalić, G., Đekić, V., Šekularac, G., Paunović, A., Biberdžić, M., Tmušić, N. (2015.): Kalcizacija kiselih zemljišta u Centralnoj Srbiji. XX savjetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova, 20 (22): 51- 58.
51. Vrbek, B. (2003.): Svojstva tala šume hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli - Quercetum roboris* Ht. 1938) Pokupskog bazena, Česme i Repaša. *Rad. Šumar. Inst.*, 38(2):177-194.

52. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2018.): Zemljišni resursi, Vrednovanje poljoprivrednih zemljišnih resursa. <http://pedologija.com.hr/literatura>
53. Vukadinović, V., Jug, D., Đurđević, B., Jug, I., Vukadinović, V., Stipešević, B., Lović, I., Kraljičak, Ž. (2013.): Agricultural compaction of some soil types in eastern Croatia. Proceedings & Abstracts 2nd International Scientific Conference, Soil and Plant Management: Adaptation and Mitigation of Climate Changes. Osijek, 38-45.
54. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja. Sveučilište u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
55. Vukadinović, V., Bertić, B. (1989.): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja. Sveučilište u Osijeku, BTZNC, Poljoprivredni fakultet Osijek. Osijek.
56. \*\*\* (1993.): Soil Survey Manual. Survey Division Staff. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture, Handbook 18.

## 8. SAŽETAK

U radu su analizirani rezultati fizikalno-kemijskih svojstava pseudoglejnih tala na području Slavonije i Baranje. Odabrano je 30 lokacija na terenima s nadmorskom visinom od 134 do 257 m. Utvrđena je niska razina plodnosti zbog ograničavajućih učinaka nepovoljnih kemijskih i fizikalnih svojstava. Istraživani pseudogleji su ekstremno kisele do kisele reakcije ( $\text{pH}(\text{KCl}) = 3,74 - 5,14$  u oraničnim slojevima), slabo do umjereno humozni (0,06 – 2,89 % humusa), a opskrbljenost biljkama pristupačnim oblicima fosfora i kalija je siromašna do dobra. S obzirom na povećani sadržaj gline u podoraničnom sloju prisutan je problem slabijeg procjeđivanja oborinskih voda uz umjerenu do visoku zbijenost. Sve rezultira stagnacijom vode na površini, manjkom zraka (vrlo niska aeriranost) i problemima u rastu biljaka. U oba sloja (0 – 30 cm i 30 – 60 cm) mogu se uočiti pozitivne i negativne korelacije između određenih svojstava pseudoglejnih tala.

Ključne riječi: pseudoglej, zakiseljavanje, zbijanje tla.

## 9. SUMMARY

In this thesis results of physical and chemical properties of pseudogley soils in Slavonia and Baranja are analysed. 30 locations have been selected with the altitude ranging from 134 to 257 m. Low fertility levels have been determined due to the restrictive effects of adverse chemical and physical properties. The investigated pseudogley soils have shown extremely acid to acid reaction ( $\text{pH (KCl)} = 3,74 - 5,14$  in arable layer), and low to moderately humic (0,06 – 2,89% humus), and the plant supply to accessible forms of phosphorus and potassium is poor to good. Given the increased content of the clay in the sub-arable layer, there exists a problem of weaker filtering of rainwater with moderate to high density. It all results in stagnation of water on the soil surfaces, air shortage (very low aeration) and problems in the plant growth. In both layers (0 – 30 cm and 30 – 60 cm) positive and negative correlations can be observed between certain properties of pseudogley soils.

Key words: Pseudogley soils, acidification, soil compaction.

## 10. POPIS TABLICA

- Tablica 1. Klasifikacija zbijenosti tla prema vrijednostima volumne gustoće (Harte,citat: Hazelton, Murphy, 2007.)
- Tablica 2. Klasifikacija zbijenosti tla prema vrijednostima gustoće pakiranja (Dugalić i Gajić, 2005.)
- Tablica 3. Ocjena poroznosti tla (Gračanin, 1947., citat: Škorić, 1992.)
- Tablica 4. Ocjena kapaciteta tla za zrak (Belić i sur., 2014.)
- Tablica 5. Klasifikacija reakcije tla prema pH vrijednosti (Soil Survey Manual, 1993.)
- Tablica 6. Granične vrijednosti AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i AL-K<sub>2</sub>O za ratarske usjeve na području istočneHrvatske (Vukadinović i Vukadinović, 2011.)
- Tablica 7. Podjela tala prema sadržaju humusa (prema: Scheffer-Schachtschabel; citat: Belić i sur., 2014.)
- Tablica 8. Mehanički sastav, tekstura i nadmorska visina pseudogleja u Slavoniji i Baranji
- Tablica 8a. Mehanički sastav, tekstura i nadmorska visina pseudogleja u Slavoniji i Baranji
- Tablica 9. Deskriptivna statistika fizikalnih svojstava pseudoglejnih tala u oraničnom sloju (0 - 30 cm)
- Tablica 10. Deskriptivna statistika fizikalnih svojstava pseudoglejnih tala u podoraničnom podoraničnom sloju (30 - 60 cm)
- Tablica 11. Deskriptivna statistika kemijskih svojstava pseudoglejnih tala u oraničnom sloju (0 - 30 cm)
- Tablica 12. Deskriptivna statistika kemijskih svojstava pseudoglejnih tala u podoraničnom sloju (30 - 60 cm)
- Tablica 13. Koeficijenti korelacije fizikalnih i kemijskih svojstava pseudogleja u oraničnom sloju (0 – 30 cm)
- Tablica 14. Koeficijenti korelacije fizikalnih i kemijskih svojstava pseudogleja u podoraničnom sloju (30 – 60 cm)



## 11. POPIS SLIKA

- Slika 1. Profil pseudogleja (Izvor: <http://web2.mendelu.cz/>)
- Slika 2. Lokacije istraživanih pseudoglejnih tala (Google Earth, 2018.)
- Slika 3. Trokut za određivanje teksture tla (Izvor: <https://www.chegg.com/>)
- Slika 4. Lokacije pseudogleja s prikazom visinskih zona (Global Mapper 18)
- Slika 5. Reljef karakterističan za pseudoglejna tla (orig: Vukadinović, V.)

## **12. POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Utjecaj volumne gustoće na poroznost i aeriranost površinskog sloja tla

Grafikon 2. Utjecaj sadržaj humusa na vrijednosti volumne gustoće i gustoće pakiranja u površinskom sloju tla

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

Diplomski rad

## Pseudoglejna tla Slavonije i Baranje

Stefan Vlaović

### Sažetak

U radu su analizirani rezultati fizikalno-kemijskih svojstava pseudoglejnih tala na području Slavonije i Baranje. Odabrano je 30 lokacija na terenima s nadmorskom visinom od 134 do 257 m. Utvrđena je niska razina plodnosti zbog ograničavajućih učinaka nepovoljnih kemijskih i fizikalnih svojstava. Istraživani pseudogleji su ekstremno kisele do kisele reakcije ( $\text{pH}(\text{KCl}) = 3,74 - 5,14$  u oraničnim slojevima), slabo do umjereno humozni (0,06 – 2,89 % humusa), a opskrbljenost biljkama pristupačnim oblicima fosfora i kalija je siromašna do dobra. S obzirom na povećani sadržaj gline u podoraničnom sloju prisutan je problem slabijeg procjeđivanja oborinskih voda uz umjerenu do visoku zbijenost. Sve rezultira stagnacijom vode na površini, manjkom zraka (vrlo niska aeriranost) i problemima u rastu biljaka. U oba sloja (0 – 30 cm i 30 – 60 cm) mogu se uočiti pozitivne i negativne korelacije između određenih svojstava pseudoglejnih tala.

**Rad je izrađen pri:** Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Mentor:** prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

**Broj stranica:** 45

**Broj grafikona i slika:** 2 grafikona i 5 slika

**Broj tablica:** 14

**Broj literaturnih navoda:** 56

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** pseudoglej, zakiseljavanje, zbijanje tla

**Datum obrane:** 16. 07. 2018.

### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Irena Jug, predsjednik
2. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, član
4. prof. dr. sc. Danijel Jug, zamjenski član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga1.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Graduate thesis**

**Faculty of Agriculture**

**University Graduate Studies, Plant production, course Plant nutrition and soil science**

Pseudogley soils in Slavonia and Baranja

Stefan Vlaović

### **Summary:**

In this thesis the results of physical and chemical properties pseudogley soils in Slavonia and Baranja are analysed. 30 locations have been selected with altitude ranging from 134 to 257 m. Low fertility levels have been determined due to the restrictive effects of adverse chemical and physical properties. The investigated pseudogley soils have shown extremely acid to acid reaction ( $\text{pH (KCl)} = 3.74\text{--}5.14$  in arable layer), low to moderately humic (0.06 – 2.89%), and the plant supply to accessible forms of phosphorus and potassium is poor to good. Given the increased content of the clay in the sub-arable layer, there is a problem of weaker filtering of rainwater with moderate to high density. It all results in stagnation of water on the soils surface, air shortage (very low aeration) and problems in plant growth. In both layer (0 – 30 cm and 30 – 60 cm) positive and negative correlations can be observed between certain properties of pseudogley soils.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

**Mentor:** PhD Vesna Vukadinović, full professor

**Number of pages:** 45

**Number of figures:** 2 figure and 5 images

**Number of tables:** 14

**Number of references:** 51

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

### **Key words:**

Pseudogley soils, acidification, soil compaction

**Thesis defended on date:** 16. 07. 2018.

### **Reviewers:**

1. PhD Irena Jug, full professor - chairman
2. PhD Vesna Vukadinović, full professor - mentor
3. PhD Boris Đurđević, assistant professor – member
4. PhD Danijel Jug, full professor - member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.

