

# pH reakcija tala na području Istočne Hrvatske

---

**Brlas, Janko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:309699>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI

Janko Brlas

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**pH reakcija tala na području Istočne Hrvatske**

Završni rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI

Janko Brlas

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**pH reakcija tala na području Istočne Hrvatske**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

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

Osijek, 2020.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Bilinogojstvo

Završni rad

Janko Brlas

### **pH reakcija tala na području Istočne Hrvatske**

#### **Sažetak:**

Reakcija otopine tla značajno utječe na kemijska, fizikalna i biološka svojstva tla kao i na pristupačnost i mobilnost hraniva što se reflektira na rast i razvoj biljaka. U poljoprivrednoj proizvodnji ovaj pokazatelj može biti limitirajući čimbenik. U kiseloj sredini ioni aluminija i mangana mogu imati toksično djelovanje na biljku te je povećana bioraspoloživost nekih teških metala, a smanjena pristupačnost drugih elemenata. U alkalnoj sredini biljci je smanjena pristupačnost većine biogenih elemenata, posebno mikroelemenata (osim Mo). Pri odabiru biljne vrste potrebno je voditi računa o pH reakciji tla jer neodgovarajuće tlo ili biljna vrsta rezultirat će lošim izgledom, propadanjem biljaka i/ili gubitkom prinosa. Provedenim istraživanjem utvrđeno je kako grupi jako kiselih tala (pH < 4,5) pripada 22,0 %, kiselim tlima (pH 4,5-5,5) 26,0 %, slabo kiselim tlima (pH 5,5-6,5) 19 %, grupi neutralnih tala (pH 6,5-7,2) pripada 6,0 %, dok grupi alkalnih (pH > 7,2) tala pripada 27,0 % od ukupno 105 analiziranih uzorka tala na području Istočne Hrvatske. Nakon provedenog istraživanja možemo reći da pH-vrijednosti imaju izrazito heterogen raspon vrijednosti za sve istraživane tipove tala te da je analiza tla neizostavna za poznavanje reakcije tla te samim time i za uspješnu poljoprivrednu proizvodnju.

#### **Ključne riječi: pH reakcija tla, tip tla, Istočna Hrvatska**

31 stranice, 4 slike, 9 grafova, 13 tablica 22 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u: Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek  
Undergraduate university study Agriculture, course Plant production

BSc thesis

Janko Brlas

### **pH reaction in soils of the Eastern Croatia**

#### **Summary:**

Reaction of soil solution have a significant influence on chemical, physical and biological properties of the soil, nutrition bioavailability which is reflected on the growth and plants development. In agricultural production this indicator could be a limiting factor. In acidic soil aluminium and manganese ions can have toxic effects on the plant, bioavailability of some heavy metals are increased and accessibility of other metals are reduced. In alkaline soil the accesibility of most biogenic elements to the plants are reduced, especially microelements (except Mo). When selecting plant species, it is necessary to take care of pH soil reaction, otherwise inadequate soil or plant species will result in poor plant appearance, plant decay and/or loss of yield. The study found that the group of strongly acidic soils (pH <4.5) belongs to 22.0%, acidic soils (pH 4.5-5.5) 26.0%, weakly acidic soils (pH 5.5-6, 5) 19%, the group of neutral soils (pH 6.5-7.2) belongs to 6.0%, while the group of alkaline (pH> 7.2) belongs to 27.0% of the total of 105 analyzed soil samples in Eastern Croatia . After the research, we can say that the pH values have a very heterogeneous range of values for all investigated soil types and that soil analysis is essential for knowing the reaction of the soil and thus for successful agricultural production.

#### **Key words: pH reaction, soil type, Eastern Croatia**

31 pages, 4 photos, 9 figures, 13 tables, 22 references

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

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Cilj istraživanja .....	8
2. MATERIJAL I METODE RADA.....	9
2.1. Terenska istraživanja .....	9
2.2. Laboratorijska istraživanja.....	12
2.2.1. Određivanje pH reakcije tla.....	12
2.2.2. Određivanje sadržaja organske tvari (humusa) u tlu.....	12
2.2.3. Određivanje sadržaja karbonata u tlu .....	12
2.2.4.. Određivanje hidrolitske kiselosti tla.....	13
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA .....	14
3.1. Eutrično smeđe tlo .....	16
3.2. Lesivirano tlo .....	17
3.3. Pseudoglejno tlo.....	19
3.4. Aluvijalno tlo .....	21
3.5. Ritska crnica .....	22
3.6. Močvarno glejno hipoglejno tlo.....	24
3.7. Močvarno glejno amfiglejno tlo .....	26
3.8. CaCO <sub>3</sub> .....	27
3.9. Hidrolitska kiselost (Hy).....	28
4. ZAKLJUČAK.....	29
5. LITERATURA .....	30

## 1. UVOD

Reakciju tla možemo izraziti kao pH vrijednost, koja je ujedno pokazatelj niza agrokemijskih svojstava tla koja su u konačnici vrlo važna za proizvodna svojstva tla. Čoga i Slunjski (2018.) navode da mjerenjem pH vrijednosti određujemo koncentraciju iona vodika u nekoj otopini. Nadalje, navode da je od primarnog značaja, poznavanje optimalnih vrijednosti reakcije tla za određene biljne vrste kako bi biljna proizvodnja bila uspješna. Najveća pristupačnost i najbolja topljivost hraniva nalazi se u rasponu od slabo kisele do neutralne reakcije tla (pH KCl 5,5 – 7,0).

Vrijednosti koje se nalaze izvan pogodne pH reakcije tla, prema Lončarić i sur. (2014.), upućuju na manju raspoloživost hraniva i smanjenu plodnost tla. Ekstremna odstupanja od pogodnih pH vrijednosti mogu imati toksičan utjecaj na korijen biljke. Kada je pH reakcija tla pogodna, ono ispunjava svoju funkciju u ekosustavu podržavajući produktivnost biljaka i životinja, kvalitetu okoliša kao prirodnog sustava te zdravlje biljaka, životinja i ljudi.

Lončarić i sur, (2015.) navode kako postupak kalcizacije trebamo početi nakon što se optimalna pH vrijednost tla uzgajane biljke spusti za 0,2 – 0.3 pH jedinice.

Kada se optimalna pH vrijednost tla uzgajane biljke spusti za 0,2-0,3 pH jedinice, Lončarić i sur. (2015.) navode da se treba uzeti u obzir postupak kalcizacije. Za prikazivanje pH reakcije tla Lončarić i sur. (2015.) tvrde da se koristi logaritamska skala. Uzrok toga je pH koji je negativan logaritam aktiviteta  $H^+$  iona. Iz toga se zaključuje da niža pH vrijednost (pH 4 u odnosu na pH 6) znači veću kiselost, tj. veću koncentraciju  $H^+$  iona.

Vukadinović i sur. (2011.) tumače pH reakciju tla kao pokazatelj niza agrokemijskih (fizikalnih, kemijskih i bioloških) svojstava tla važnih za ishranu bilja. pH tla, pa otuda i njegov redoks potencijal, određen je kako mineralnim tako i organskim dijelom tla. Negativan dekadski logaritam koncentracije  $H^+$  iona predstavlja pH vrijednost, odnosno njihov aktivitet.

Dadaček (2016.) ističe da pH – vrijednost staničnog soka biljaka pomaknut u kiselu sredinu biljke bolje usvajaju hraniva na kiselim nego na lužnatim tlima,. Naime , kiselu tla lakše je korigirati nego lužnata. Te tvrdi da se reakcije svih tih tala kreću u vrlo širokom

rasponu pH – vrijednosti, od ekstra kisele do ekstra lužnate, a većina poljoprivrednih tala je od kisele do slabo lužnate reakcije.

Vukadinović i sur. (2011.) navode da je aktualna pH-reakcija tla posljedica prisutnosti slobodnih iona u vodenoj fazi tla, najviše  $H^+$ ,  $Al^{3+}$  i  $OH^-$ . Oslobođanje tih iona s adsorpcijskog kompleksa izazvano je njihovom zamjenom topljivim organskim i mineralnim kiselinama ili kiselim solima te njihovom disocijacijom u vodenoj sredini. Aktualna kiselost ili alkalnost tla određuje se elektrometrijski u vodenoj suspenziji tla.

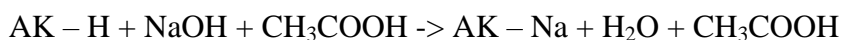
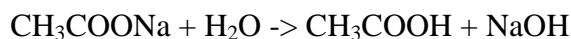
U svom znanstvenom radu Dragana Mutavdžić Pavlović i sur. (2014.) navode da se u vodenoj suspenziji tla određuju slobodni ioni, najviše  $H^+$  i  $OH^-$ , koji su se oslobodili s adsorpcijskog kompleksa uslijed zamjene s različitim topljivim anorganskim ( $H_2CO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$  itd.) i organskim kiselinama (huminske kiseline) te solima slabih baza i jakih kiselina ( $FeCl_3$ ,  $AlCl_3$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ ).

Lončarić i sur. (2015.) predstavljaju vrijednosti koje su odredili mjerenjem pH vrijednosti u suspenziji tla i vode koja predstavlja frakciju aktualne kiselosti tla koja je pokazatelj kiselosti vodene faze tla. pH vrijednost u suspenziji tla i otopine kalijevog ili kalcijevog klorida je supstitucijska kiselost tla i predstavlja kiselost adsorpcijskog kompleksa tla. Prema tome su napravili redosljed u kojem vidimo da su najviše vrijednosti od aktualne kiselosti tla, npr. za jako kiselo tlo pH  $H_2O$  5,64, dok je vrijednost izmjenjive kiselosti tla niža za 1 do 1,5 pH jedinicu, npr. Za jako kiselo tlo pH KCl 4,36. pH vrijednost tla u suspenziji tla i kalcijevog klorida kreće se između vrijednosti u vodi i vrijednosti u kalijevom kloridu te za jako kiselo tlo može iznositi npr. pH  $CaCl_2$  4,89.

Vukadinović i sur. (2011.) navode kako supstitucijska kiselost nastaje zamjenom iona na adsorpcijskom kompleksu tla i može nastati unošenjem većih doza gnojiva u obliku soli kao što su npr.  $(NH_4)_2SO_4$ , KCl itd. Izmjenjiva pH-reakcija pruža neposredan uvid u stanje adsorpcijskog kompleksa tla. Time ukazuje indirektno i na druge uvjete koji određuju hranidbena svojstva tla pa se u agrokemijskoj analizi obvezatno određuje iz suspenzije tla u  $1 \text{ mol dm}^{-3}$  KCl.

Đurđević (2014.) navodi da se alkalnim hidrolitičkim solima natrijevog ili kalcijevog acetata aktivira hidrolitička kiselost. Tijekom reakcije supstitucije vodikovih i aluminijskih

iona dolazi do adsorpcijskog kompleksa s baznim kationima acetata, a time nastaje octena kiselina čija se količina utvrđuje titracijom:



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

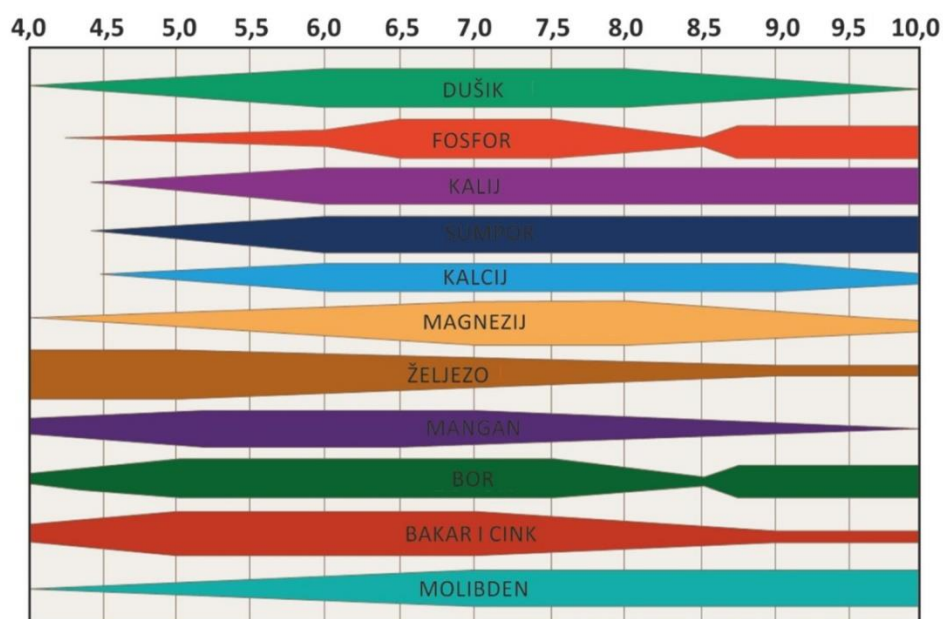
Tablica 1. Kategorije pH-vrijednosti (izvor: Vladimir i Vesna Vukadinović 2011.)

Kategorija pH-reakcije tla	pH-vrijednost
Ekstremno kiselo	3,50-4,50
Vrlo jako kiselo	4,51-5,00
Jako kiselo	5,01-5,50
Umjereno kiselo	5,51-6,00
Slabo kiselo	6,01-6,50
Neutralno	6,51-7,30
Slabo alkalno	7,31-7,80
Jako alkalno	7,81-8,50
Ekstremno alkalno	8,51-9,00

pH-reakcija tla utječe neposredno na biljke povećanjem koncentracije  $\text{H}^+$  i  $\text{OH}^-$  iona ili posredno preko utjecaja na promjenu niza agrokemijskih svojstava tla. Fiziološko-biokemijska konstitucija žive tvari zahtijeva približno podjednak odnos između kationa i aniona pa veće koncentracije  $\text{H}^+$  ili  $\text{OH}^-$  utječu na ionsku ravnotežu potrebnu za normalan metabolizam biljaka.

Reakcija tla, izražena kao pH vrijednost, snažno utječe na raspoloživost hranjivih elemenata te na taj način direktno utječe na prinos i kakvoću usjeva. Nadalje, niska pH vrijednost tla utječe na povećanu „pokretljivost“ aluminijskih iona u tlu te uslijed toksičnih koncentracija i na rast korijena biljaka, odnosno raspoloživost hraniva. Također, s porastom pH iznad 7 (visok pH izaziva suvišak Ca, manjak K i smanjenu raspoloživost mikroelemenata) gotovo redovito dolazi do pojave kloroza.





Slika 1. Odnos pH vrijednosti i pristupačnosti hraniva u tlu (izvor: Đurđević, 2014.)

Eutrično smeđe tlo je praškasto glinasto ilovaste teksture u oraničnom i podoraničnom horizontu sa sadržajem čestice gline. Poroznost tla oraničnog horizonta kreće se u rasponu od malo poroznog tla do poroznog. Oranični i podoranični horizonti su jake zbijenosti, osrednjeg retencijskog kapaciteta tla za vodu te malog retencijskog kapaciteta tla za zrak. To su najčešće kisela tla sa pH vrijednosti 5. Zebec (2015.) Kambični (B) horizont eutričnog smeđeg tla, smještenog u zoni rizosfere, je posljedica burnog trošenja primarnih minerala te intenzivne tvorbe sekundarnih minerala gline. A horizont sadrži pretežito blagi humus nastao biološkom akumulacijom i razgradnjom organskih tvari za koje su potrebni povoljni hidrotermički uvjeti i bogatstvo baza. Sklop ovog tla je A-(B)v-C. Škorić (1977.)

Alduk (2017.) navodi da je lesivirano tlo odnosno luvisol slabo do umjereno kiselo tlo. Kiselost tla ili pH reakciju tla određuje sadržaj vodikovih iona u otopini, a može biti neutralna, kisela ili alkalna. pH reakcija tla uvjetuje dostupnost hranjiva u tlu, a optimalan pH za većinu biljaka koji joj omogućuje podjednako usvajanje svih potrebnih elemenata za rast i razvoj je 6,5 pH jedinica. Kako je lesivirano tlo umjereno kiselo onda nam je potrebno provesti kalcizaciju tla. Kalcizacija je agrotehnička mjera kojom se u kiselo tlo aplicira sredstvo koje sadrži Ca i/ili Mg s ciljem neutralizacije suviše kiselosti tla i postizanja ciljne pH vrijednosti.



Slika 2. Eutrično smeđe tlo

(izvor: <http://os-akanizlica-pozega.skole.hr/upload/os-akanizlica-pozega/images/static3/3017/File/KLASIFIKACIJA%20TALA%20HRVATSKE.pdf>)

Lesivirano tlo Husnjak (2014.) svrstava u skupinu tipičnih eluvijalno iluvijalnih tala. Iz toga proizlazi činjenica da su genetski razvijeni eluvijalni i iluvijalni horizonti prisutni u lesiviranom tlu. Za razliku od eutričnog smeđeg tla, lesivirano tlo se razvija na vapnencima i dolomitima te na silikatnim i silikatno karbonatnim supstratima. Autor navodi ohričnost, a rjeđe umbričnost humusno-akumulativnog horizonta, te slabu do umjerenu kiselost soluma lesiviranog tla. Ispod humusno-akumulativnog horizonta nalazi se siromašni eluvijalni horizont izblijeđen glinom. Taj se horizont nastavlja na, obogaćen česticama gline, iluvijalni horizont koji je crvenkasto smeđe ili zagasito sive boje. Proces kojim se diferenciraju eluvijalni i iluvijalni proces Škorić i sur. (1977.) navode kao lesivažu. U tom procesu debazifikacija i acidifikacija uznapreduju čime peptizacija i ispiranje koloidne frakcije postaju glavni proces lesivaže. Sklop profila tla je, prema Husnjak (2014.), Aoh/um – E – Bt – C, dok je sklop Aoh/um – E – Bt – R rjeđi. Lesivirano tlo najrasprostranjenija je vrsta tla u Hrvatskoj, a dominira na području istočne Hrvatske. Zebec (2015.) u istraživanju očitava pH vrijednost i dobiva rezultat od 5,44 do 6,32 pH jedinica. Reakcija tla je prema tim podacima kisela do slabo kisela.



Slika 3. Lesivirano tlo

(izvor:<http://os-akanizlica-pozega.skole.hr/upload/os-akanizlica-pozega/images/static3/3017/File/KLASIFIKACIJA%20TALA%20HRVATSKE.pdf>)

Zebec (2015.) teksturu pseudoglejnog tla opisuje kao praškasto ilovastu, dok povećanje broja čestica gline čini teksturni sastav nižih horizonata nešto težim. Istraživanjem je utvrđen raspon pH jedinica od 5,30 do 6,17 što ukazuje na kiselu do slabo kiselu reakciju tla u oraničnom i podoraničnom horizontu. Škorić i sur. (1977.) ističu kako nema oštre podjele na oksidacijski i redukcijski horizont (mramorirani izgled) koji su posljedica brojnih procesa uzrokovanih izmjenama mokrih i vlažnih faza prekomjernog vlaženja pseudogleja oborinskim vodama.

Škorić i sur. (1977.) ističu veliko kolebanje podzemnih voda u procesima ritske crnice. Za dvovrstan karakter procesa u humusno akumulativnom i glejnom horizontu zaslužne su oscilacije suvišne vode. Transformacija humusa u anaerobnim uvjetima tijekom dijela godine događa se anaerobnog razgradnjom organskih tvari te uobičajenih procesa hidrogenizacije. U isto se vrijeme povećana oksidacija mineralnog dijela. Sklop tla je Aa-Gso

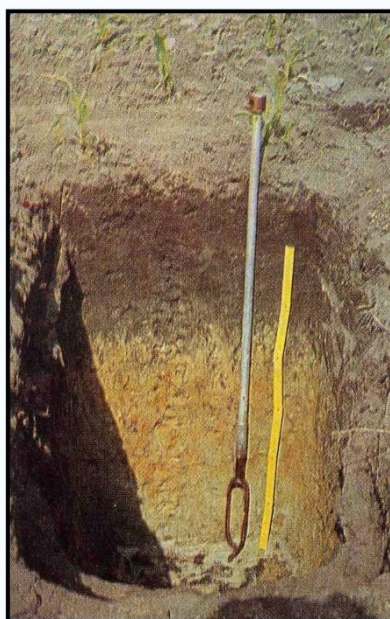
Močvarno glejno tlo dijeli se na podtipove a to su hipoglejno i amfiglejno. Škorić i sur. (1977.) navode da je općenito u močvarnom glejnom tlu hidrogenizacija glavni proces, stoga se tipovi toga tla određuju ovisno o načinu prekomjernog vlaženja. Pedogeneza ove vrste tla, prema Vukadinović i sur. (2011.), odvija se na najnižim pozicijama riječnih terasa i u negativnim reljefnim formama s plitkom podzemnom vodom koja je unutar 80 cm od površine. Velika količina organskih ostataka hidrofilne vegetacije koja se nalazi u gornjoj

zoni (Aa) tla, razgrađuje se u jako vlažnim uvjetima i stvara močvarno-barski ili hidromorfni humus.



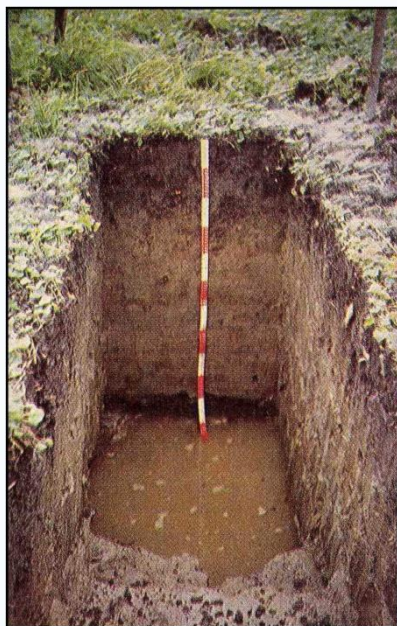
Slika 4. Pseudoglejno tlo

(izvor:<http://os-akanizlica-pozega.skole.hr/upload/os-akanizlica-pozega/images/static3/3017/File/KLASIFIKACIJA%20TALA%20HRVATSKE.pdf>)



Slika 5. Ritska crnica

(izvor:<http://os-akanizlica-pozega.skole.hr/upload/os-akanizlica-pozega/images/static3/3017/File/KLASIFIKACIJA%20TALA%20HRVATSKE.pdf>)



Slika 6. Močvarno glejno hipoglejno tlo

(izvor:<http://os-akanizlica-pozega.skole.hr/upload/os-akanizlica-pozega/images/static3/3017/File/KLASIFIKACIJA%20TALA%20HRVATSKE.pdf>)



Slika 7. Močvarno glejno amfiglejno tlo

(izvor:<http://os-akanizlica-pozega.skole.hr/upload/os-akanizlica-pozega/images/static3/3017/File/KLASIFIKACIJA%20TALA%20HRVATSKE.pdf>)

### 1.1. Cilj istraživanja

Cilj rada je na temelju provedenog terenskog i laboratorijskog istraživanja utvrditi aktualnu i supstitucijsku kiselost tala Istočne Hrvatske. Također cilj istraživanja je na temelju rezultata analize svrstati tla u određenu klasu te utvrditi ograničenja pojedinih tipova tla s obzirom na reakciju oraničnog horizonta.

## 2. MATERIJAL I METODE RADA

### 2.1. Terenska istraživanja

Terenska istraživanja (JDPZ, 1967.) obuhvatila su prostor Istočne Hrvatske (Slika 2.). 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 2.). U makrozemljopisnom smislu ovaj je kraj dio velike zemljopisne cjeline jugoistočne i srednje Europe. Istočna hrvatska ravnica dio je velike međugorske podoline, oblikovane između Karpata, Dinarida i Alpa, odnosno dio je Panonske nizine.



Slika 8. Istraživano područje (Izvor: Zebec-doktorska disertacija)

Tablica 2. 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 pedogenih horizonata pomoću sondažnog izvataka 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 pojedini sondažni izvadak tla (Slika 3.) detaljno je opisan u pripremljeni obrazac (JDPZ, 1967.) tako da je svakom izvratku tla pridružen određeni broj, upisane su točne koordinate te datum sondiranja. Zatim su detaljno opisana ekto i endomorfološka svojstva tla (JDPZ, 1967.) za pripadajuću lokaciju odnosno uzorak tla. Svaki determinirani horizont opisan je dubinom na kojoj se javlja, bojom, teksturom, strukturom te prisutstvom kalcijeva karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ) i pedodinamskih novotvorenina ( $\text{R}_2\text{O}_3$ ). Također, 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 105 lokaliteta na kojima su uzeti uzorci iz oraničnog horizonta. Broj uzoraka ovisno o tipu tla prikazan je u tablici 3.

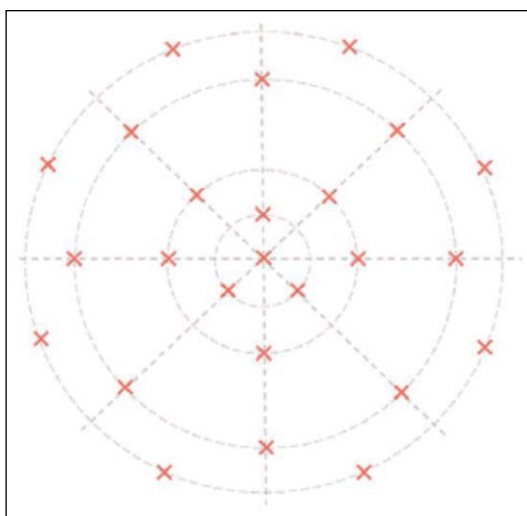


Slika 9. Sondažni izvadak tla (izvor: Lončarić i sur., 2014.)

Tablica 3. Klasifikacija istraživanih tala, broj uzoraka oraničnog horizonta i brojevi profila za svaku sistematsku jedinicu

Odjel	Klasa	Tip	Podtip	Broj uzoraka
Automorfna	Kambična	Eutrično smeđe	-	15
	Eluvijalno -iluvijalna	Lesivirano	-	15
Hidromorfna	Pseudoglejna	Pseudoglej	-	15
	Nerazvijena	Aluvij	-	15
	Glejna	Ritska crnica	-	15
		Močvarno glejna	Hipoglej	15
			Amfiglej	15
Ukupno:				<b>105</b>

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. U okviru kruga (Slika 4.) promjera 30 m (površina je kruga 707 m<sup>2</sup>) čije je središte geodetski određeno i fiksirano uzeto je ukupno 20 do 25 poduzoraka, tj. pojedinačnih uzoraka tako da se od središta kruga povećavanjem radijusa u svakom idućem prstenu uzima sve više uzoraka, do 8 poduzoraka u vanjskom prstenu. 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.).



Slika 4. Kontrolno kružno uzorkovanje tla (Lončarić i sur., 2014.)



## 2.2. Laboratorijska istraživanja

### 2.2.1. Određivanje pH reakcije tla

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

Tablica 4. Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu (Škorić, 1982.)

Interpretacija	Rezultat
jako kisela	< 4,5
Kisela	4,5–5,5
slabo kisela	5,5–6,5
Neutralna	6,5–7,2
Alkalna	> 7,2

### 2.2.2. 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 5.

Tablica 5. Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu (Škorić, 1982.)

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

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

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

Za preračunavanje CO<sub>2</sub> u CaCO<sub>3</sub> u prethodnoj jednadžbi koristi se faktor 2,274, a faktor F je težina 1 ml CO<sub>2</sub> pri temperaturi i tlaku provođenja analize, a iščitava se iz tablice (Lončarić, 2005.). Za interpretaciju rezultata sadržaja karbonata u tlu korištene su granične vrijednosti prema Škorić (1982.) prikazane u tablici 6.

Tablica 6. Granične vrijednosti sadržaja karbonata u tlu (Škorić, 1982.)

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

#### 2.2.4.. Određivanje hidrolitičke kiselosti tla

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

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Količina biljci pristupačnih hraniva usko je povezana s kemijskim svojstvima tla, a pri tome reakcija tla utječe na oblik hraniva u tlu te na njegovu pristupačnost te istovremeno ima i velik utjecaj na efikasnost gnojidbe. Naime, kako navodi Benton (2001.), odnos pojedinih oblika hraniva u tlu ovisi prvenstveno o pH reakciji tla. Prosječna aktualna kiselost svih istraživanih uzoraka tala (n=105) iznosila je 6,92 pH jedinica uz utvrđeni raspon od 4,96 do 8,75 pH jedinice (tablica 7.). Najniža prosječna vrijednost aktualne kiselosti zabilježena je na lesiviranom tipu tla uz utvrđenu vrijednost od 5,5 pH jedinice s rasponom od minimalnih 4,96 do maksimalnih 5,92 pH jedinice. Najviša vrijednost aktualne kiselosti iznosila je 8,51 pH jedinice utvrđena na aluvijalnom tlu uz raspon vrijednosti od 8,04 do 8,51 pH jedinice (tablica 7.). Standardna devijacija aktualne kiselosti na cijelom setu uzoraka iznosila je 1,11 uz raspon od 0,18 na aluvijalnom tlu do 0,80 na močvarno glejnom amfiglejnom tlu.

Tablica 7. Deskriptivna statistika reakcije tla (aktualna kiselost u H<sub>2</sub>O)

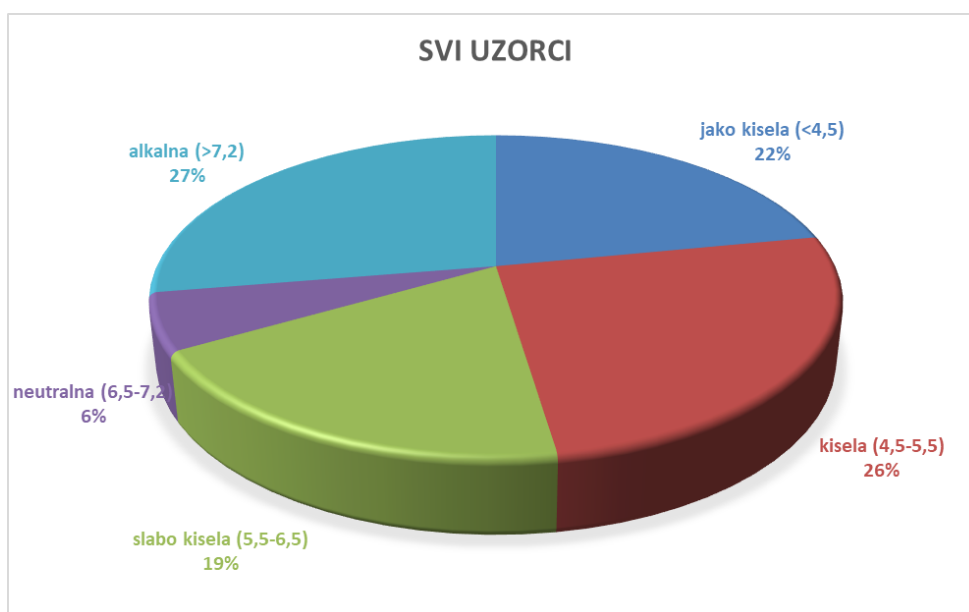
pH H <sub>2</sub> O	n	Min.	Maks.	Median	St.devijacija	Prosjek
Svi uzorci	105	4,96	8,75	6,90	1,11	6,92
<b>Tip tla</b>						
<b>Eutrično smeđe</b>	15	6,38	8,47	7,49	0,73	7,55
<b>Lesivirano</b>	15	4,96	5,92	5,49	0,28	5,50
<b>Pseudoglej</b>	15	5,01	6,61	5,58	0,49	5,63
<b>Aluvij</b>	15	8,04	8,51	8,24	0,18	8,28
<b>Ritska crnica</b>	15	6,61	8,40	7,38	0,68	7,51
<b>MG Hipoglejno</b>	15	5,79	7,45	6,95	0,53	6,75
<b>MG Amfiglejno</b>	15	6,30	8,75	6,90	0,80	7,23

Prosječna supstitucijska kiselost (pH KCl) svih analiziranih uzoraka iznosila je 5,81 pH jedinica, s rasponom od 3,78 (jako kisela tla) do 7,46 (alkalna tla) pH jedinica. (Tablica 8.). Prosječno najniža vrijednost supstitucijske kiselosti utvrđena je na lesiviranom tlu i iznosila je 4,24 pH jedinice uz raspon vrijednosti od 3,78 do 4,68 pH jedinice. Najviša prosječna vrijednost supstitucijske kiselosti od 7,46 utvrđena je na aluvijalnom tlu s rasponom od 7,27 do 7,69 pH jedinice. Grupi jako kiselih tala (pH < 4,5) pripada 22,0 %, kiselim tlima (pH 4,5-5,5) 26,0 %, slabo kiselim tlima (pH 5,5-6,5) 19 %, grupi neutralnih tala (pH 6,5-7,2) pripada 6,0 %, dok grupi alkalnih (pH > 7,2) tala pripada 27,0 % od

ukupno 105 analiziranih uzorka tala na području Istočne Hrvatske (Graf 1.). Standardne devijacija supstitucijske kiselosti imala je raspon od 0,13 na aluvijalnom tlu do 0,94 na močvarno glejnom amfiglejnom tlu, dok je prosječna vrijednost svih istraživanih uzoraka iznosila 1,26.

Tablica 8. Deskriptivna statistika reakcije tla (supstitucijska kiselost u 1M KCl-u)

pH KCl	n	Min.	Maks.	Median	St.devijacija	Prosjek
Svi uzorci	105	3,78	7,69	5,70	1,26	5,81
<b>Tip tla</b>						
Eutrično smeđe	15	5,28	7,59	6,64	0,87	6,54
Lesivirano	15	3,78	4,68	4,26	0,27	4,24
Pseudoglej	15	3,81	5,41	4,25	0,52	4,40
Aluvij	15	7,27	7,69	7,47	0,13	7,46
Ritska crnica	15	5,30	7,54	6,34	0,82	6,42
MG Hipoglejno	15	4,68	6,43	5,48	0,64	5,59
MG Amfiglejno	15	5,08	7,49	5,46	0,94	6,03

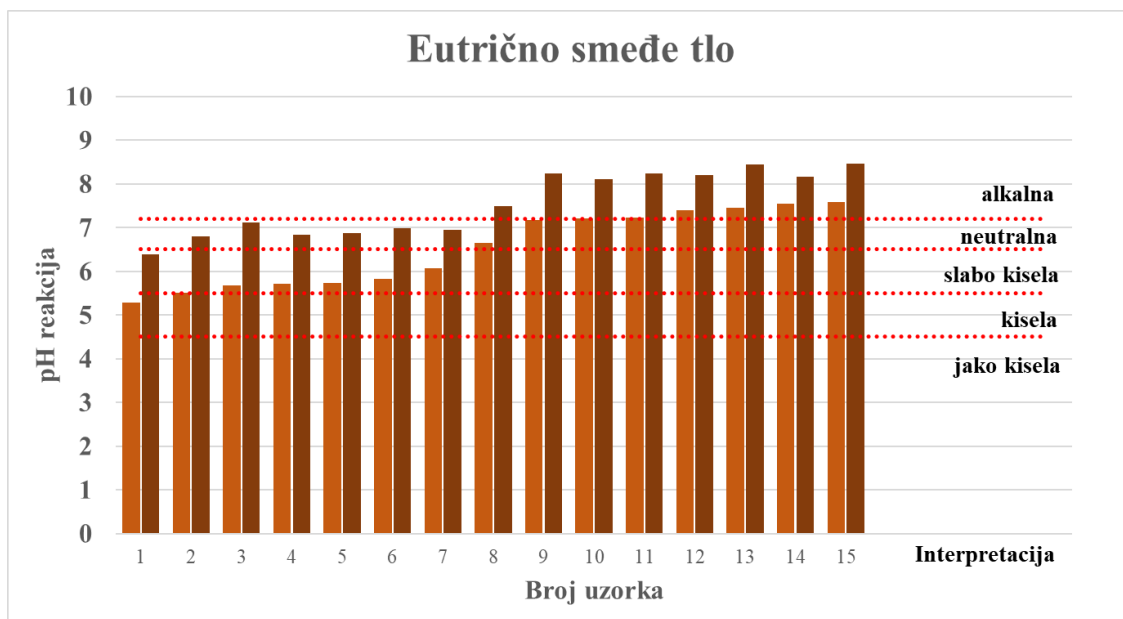


Graf 1. Distribucija uzoraka prema grupama supstitucijske kiselosti za sve uzorke (n=105)

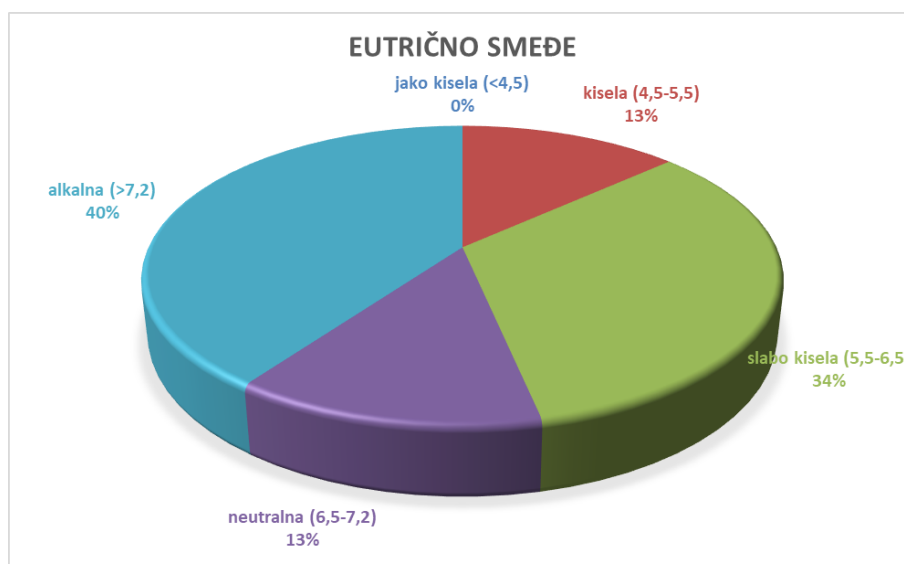
### 3.1. Eutrično smeđe tlo

Eutrično smeđe tlo se, kako navode Škorić i sur. (2014.), razvija na karbonatnim supstratima (izuzev vapnenca i dolomita) čiji je profil dekarboniziran. Baze takvih tala su zahvaćene debazifikacijom i blagom acidifikacijom i time su bogate supstratima.

Analizom 15 uzoraka eutričnog smeđeg tla utvrđeno je (tablica 8.), da je supstitucijska kiselost raspona od minimalnih 5,28 do maksimalnih 7,59 pH jedinica, dok je prosječna pH-vrijednost iznosi 6,54 jedinice. Prema supstitucijskoj kiselosti utvrđujemo sljedeće postotke: postotak uzoraka jake kiselosti (<4,5) iznosi 0%, kiseli (4,5-5,5) uzorci čine 13%, slabo kiseli (5,5-6,5) 34%, neutralni (6,5-7,2) uzorci 13%, a alkalni (>7,2) čine najveći dio od 40% ukupnog uzorka. Aktualna kiselost u H<sub>2</sub>O, prema tablici 7., očituje se u rasponu od 6,38 do 8,47 pH jedinica. Prosječna dobivena pH-vrijednost time iznosi 7,55. Usporedimo li dobivene rezultate sa rezultatima Škorića i sur. (1977.) na uzorcima eutričnog smeđeg tla na kojima je mjerena aktualna kiselost, iščitavamo podatke pH-vrijednosti koji variraju od minimalnih 5,3 do maksimalnih 7,5 pH jedinica čime je prosječna pH-vrijednost 6,6. Usporedivši prosječne pH-vrijednosti uočavamo da su rezultati našeg istraživanja bliži alkalnoj pH-vrijednosti nego neutralnoj kao kod Škorić i sur. (1977.). Nadalje, Martinović (1997.), utvrđuje na uzorcima eutričnog smeđeg tla aktualnu kiselost koja iznosi 4,9 pH jedinica, dok supstitucijska kiselost iznosi 4,2 pH jedinice. Usporedivši rezultate aktualne kiselosti sa rezultatima aktualne kiselosti istraživanja ovog rada, možemo zaključiti su njegovi uzorci kisele pH vrijednosti i time odstupaju od rezultata ovog istraživanja čiji su uzorci alkalne pH vrijednosti. Usporedivši rezultate supstitucijske kiselosti, možemo iščitati da su njegovi uzorci jako kiseli, dok su rezultati našeg istraživanja neutralne sredine.



Graf 2. Rezultati analize pH-reakcije eutričnog smeđeg tla

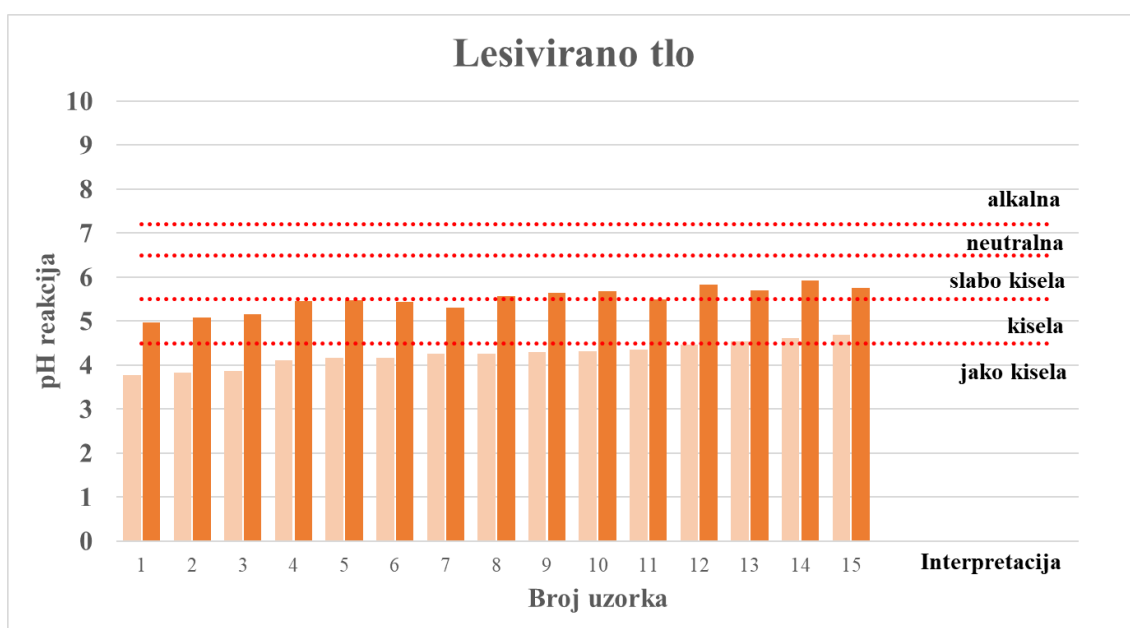


Graf 3. Distribucija uzoraka prema grupama supstitucijske kiselosti za eutrično smeđe tlo

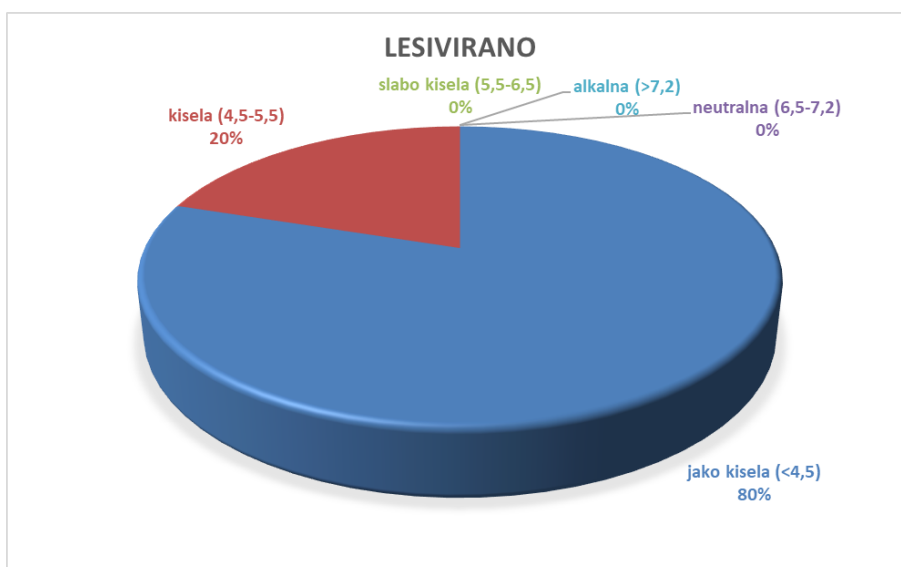
### 3.2. Lesivirano tlo

Prosječno najmanja vrijednost supstitucijske kiselosti zabilježena je na lesiviranom tipičnom tlu (5,50), što je prema Rastiji (2006.) posljedica uznapredovalih procesa debazifikacije i pojačane acidifikacije površinskih horizonata lesiviranih tala uslijed descendentnog kretanja vode. Lesivirano tlo najrasprostranjenija je vrsta tla u Hrvatskoj, a dominira na području istočne Hrvatske. Zebec (2015.) u istraživanju navodi pH vrijednost za ovaj tip tla s rezultatima od 5,44 do 6,32 pH jedinica.

Analizom 15 uzoraka lesiviranog tla, utvrđeni su rezultati za pH-reakciju tla za supstitucijsku i aktualnu kiselost. Iz dobivenih rezultata možemo utvrditi, prema tablici 8., da je supstitucijska kiselost u KCl-u raspona od minimalnih 3,78 do maksimalnih 4,68 pH jedinica. Prosječna pH-vrijednost iznosi 4,24. Dobivenim istraživanjem uzoraka ove vrste tla prema supstitucijskoj kiselosti utvrđujemo sljedeće postotke: postotak uzoraka jake kiselosti (<4,5) čini najveći udio 80% od ukupnog uzorka, kiseli (4,5-5,5) uzorci čine 20%, slabo kiseli (5,5-6,5) 0%, neutralni (6,5-7,2) uzorci 0%, a alkalni (>7,2) dio 0% ukupnog uzorka. . Aktualna kiselost u H<sub>2</sub>O, prema tablici 7., očituje se u rasponu od 4,96 do 5,92 pH jedinica. Prosječna dobivena pH-vrijednost time iznosi 5,50. Usporedimo li dobivene rezultate sa rezultatima Škorića i sur. (1977.) na uzorcima lesiviranog tla na kojima je mjerena aktualna kiselost, iščitavamo podatke pH-vrijednosti koji variraju od minimalnih 4,20 do maksimalnih 6,20 pH jedinica čime je prosječna pH-vrijednost 5,40. Usporedivši prosječne pH-vrijednosti uočavamo da su rezultati našeg istraživanja gotovo identični rezultatima koje su dobili Škorić i sur. (1977.), odstupanje iznosi 0,10 pH jedinica. Husnjak i sur. (2010.) utvrdili su prosječnu pH vrijednost u KCL-u na lesiviranom tlu koja se kreće u rasponu od 4,22 pH jedinica do 7,18 pH jedinica. Martinović (1997.) utvrđuje alkalnu kiselost na uzorcima lesiviranog tla u iznosu od 6.8 pH jedinica, dok supstitucijska iznosi 5.8 pH jedinica. Usporedivši rezultate supstitucijske kiselosti, rezultati Škorića i sur. (1977.) i Martinovića (1997.) su gotovo jednaki, dok rezultat ovog istraživanja odstupa oko 1,5 pH jedinica, te je kao takav jako kisel.



Graf 4. Rezultati analize pH-reakcije na lesiviranom tlu



Graf 5. Distribucija uzoraka prema grupama supstitucijske kiselosti za lesivirano tlo

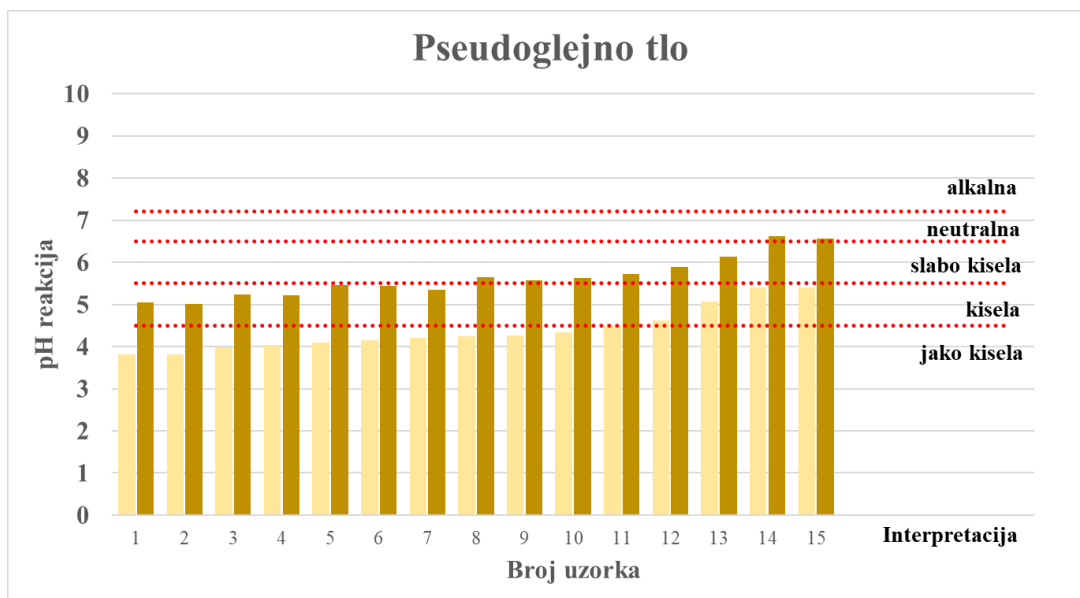
### 3.3. Pseudoglejno tlo

Kako navodi Husnjak (2014.) iz riječi „pseudoglej“ možemo zaključiti da se radi o nečemu lažnome. Riječ je o prekomjernom vlaženju tla koje nije posljedica podzemnih voda, već djelovanja oborinskih voda. Ovu vrstu tla nalazimo na područjima humidne klime ali i semihumidne klime u slučaju da veće količine oborina nakupljene tijekom zimsko-proljetnog razdoblja nisu otekle. Reljef ima znatan utjecaj na postanak ove vrste tla. Na terenima na kojima je zastupljen pseudoglej je površinsko i bočno otjecanje vode suzdržano ili onemogućeno. Stagniranje oborinskih voda vodi do nastanka pseudoglejnih horizonata.

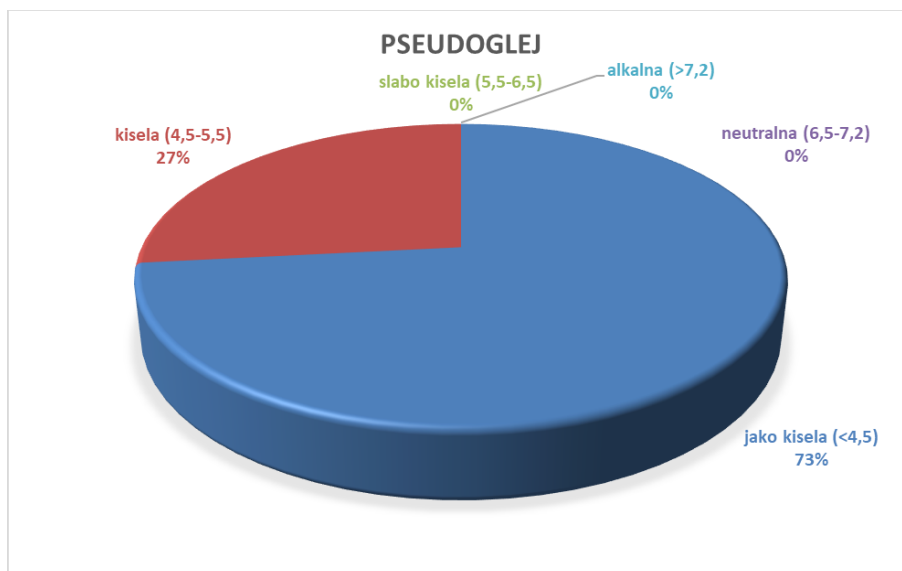
Analizom 15 uzoraka pseudoglejnog tla, utvrđeni su rezultati za pH-reakciju tla za supstitucijsku i aktualnu kiselost. Iz dobivenih rezultata možemo utvrditi, prema tablici 8., da je supstitucijska kiselost u KCl-u raspona od minimalnih 3,81 do maksimalnih 5,41 pH jedinica. Prosječna pH-vrijednost iznosi 4,40. Dobivenim istraživanjem uzoraka ove vrste tla prema supstitucijskoj kiselosti utvrđujemo sljedeće postotke: postotak uzoraka jake kiselosti (<4,5) čini najveći udio, 73% od ukupnog uzorka, kiseli (4,5-5,5) uzorci čine 27%, slabo kiseli (5,5-6,5) 0%, neutralni (6,5-7,2) uzorci 0%, a alkalni (>7,2) dio 0% ukupnog uzorka. . Aktualna kiselost u H<sub>2</sub>O, prema tablici 7., očituje se u rasponu od 5,01 do 6,61 pH jedinica. Prosječna dobivena pH-vrijednost time iznosi 5,63. Usporedimo li dobivene rezultate sa rezultatima Škorića i sur. (1977.) na uzorcima pseudoglejnog tla na kojima je mjerena aktualna kiselost, iščitavamo podatke pH-vrijednosti koji variraju od



minimalnih 5,0 do maksimalnih 6,8, pH jedinica čime je prosječna pH-vrijednost 5,70. Usporedivši prosječne pH-vrijednosti uočavamo da su rezultati našeg istraživanja gotovo identični rezultatima koje su dobili Škorić i sur. (1977.), odstupanje iznosi 0,07 pH jedinica.



Graf 6. Rezultati analize pH-vrijednosti pseudoglejnog tla



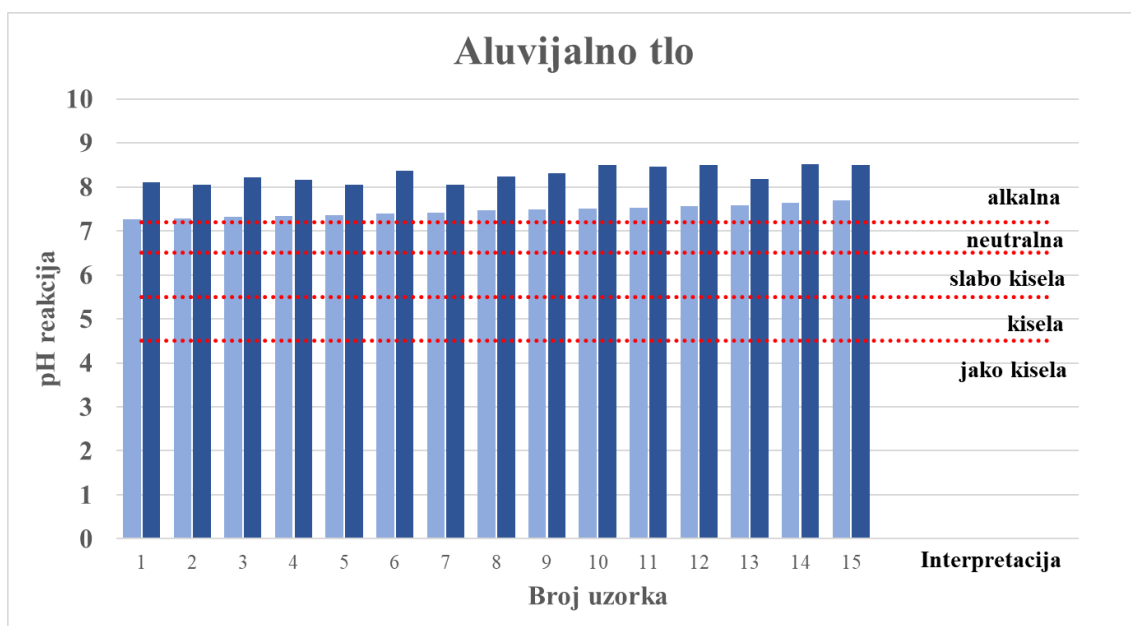
Graf 7. Distribucija uzoraka prema grupama supstitucijske kiselosti za pseudoglejno tlo

### 3.4. Aluvijalno tlo

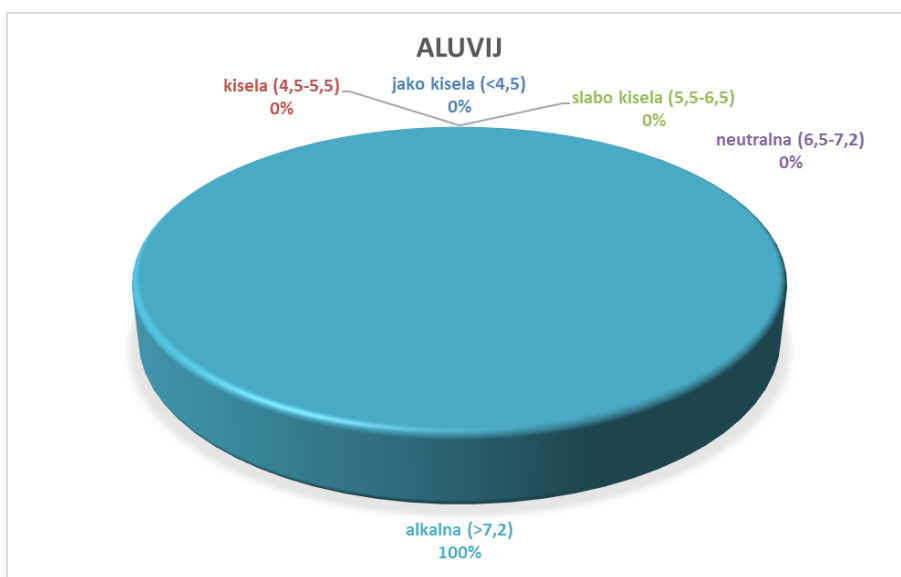
Najveća prosječna vrijednost supstitucijske kiselosti utvrđena je na aluvijalnom tlu (7,44) za što Husnjak (2014.) smatra da je posljedica toga što je > 95 % aluvijalnih tala u RH karbonatno. Zebec (2015.) u svojem istraživanju oranični horizont aluvijalnog tla opisuje kao praškasto ilovaste teksture. Horizontalni kapaciteti tla za zrak su srednji uz mali do zbijeni. Sadržaj humusa je slab do vrlo slab. Što se tiče pH vrijednosti, ona u ovom istraživanju iznosi oko 7,50 pH jedinica u oraničnom horizontu što čini reakciju ove vrste tla alkalnu cijelim profilom.

Analizom 15 uzoraka aluvijalnog tla, utvrđeni su rezultati za pH-reakciju tla za supstitucijsku i aktualnu kiselost. Iz dobivenih rezultata možemo utvrditi, prema tablici 8., da je supstitucijska kiselost u KCl-u raspona od minimalnih 7,27 do maksimalnih 7,69 pH jedinica. Prosječna pH-vrijednost iznosi 7,46. Dobivenim istraživanjem uzoraka ove vrste tla prema supstitucijskoj kiselosti utvrđujemo sljedeće postotke: postotak uzoraka jake kiselosti (<4,5) 0% od ukupnog uzorka, kiseli (4,5-5,5) uzorci čine 0%, slabo kiseli (5,5-6,5) 0%, neutralni (6,5-7,2) uzorci 0%, a alkalni (>7,2) dio 100% ukupnog uzorka. Aktualna kiselost u H<sub>2</sub>O, prema tablici 7., očituje se u rasponu od 8,04 do 8,51 pH jedinica. Prosječna dobivena pH-vrijednost time iznosi 8,28. Usporedimo li dobivene rezultate sa rezultatima Škorića i sur. (1977.) na uzorcima aluvijalnog tla na kojima je mjerena aktualna kiselost, iščitavamo podatke pH-vrijednosti koji variraju od minimalnih 6,40 do maksimalnih 8,20, pH jedinica čime je prosječna pH-vrijednost 7,60. Usporedivši prosječne pH-vrijednosti uočavamo da su rezultati našeg istraživanja veće alkalne pH-vrijednosti nego alkalnost kod Škorića i sur. (1977.) Husnjak i sur. (2010.) utvrdili su prosječnu supstitucijsku kiselost u KCL-u na istraživanim uzorcima u rasponu od 5,14 pH jedinica do 6,44 pH jedinica. Martinović (1977.) prikazuje kako prosječna aktualna kiselost ispitanih uzoraka aluvijalnog tla iznosi 7,6 pH jedinica. Usporedivši rezultate supstitucijske kiselosti sa rezultatima Husnjaka i sur. (2010.), vidljiva je velika razlika u pH jedinicama ( 7,46 pH jedinica u odnosu na 5,79 pH jedinica ), dok rezultati aktualne kiselosti također odstupaju od rezultata Martiovića (1977.), ali oba rezultata su alkalne pH

vrijednosti.



Graf 8. Rezultati analize pH-vrijednosti aluvijalnog tla



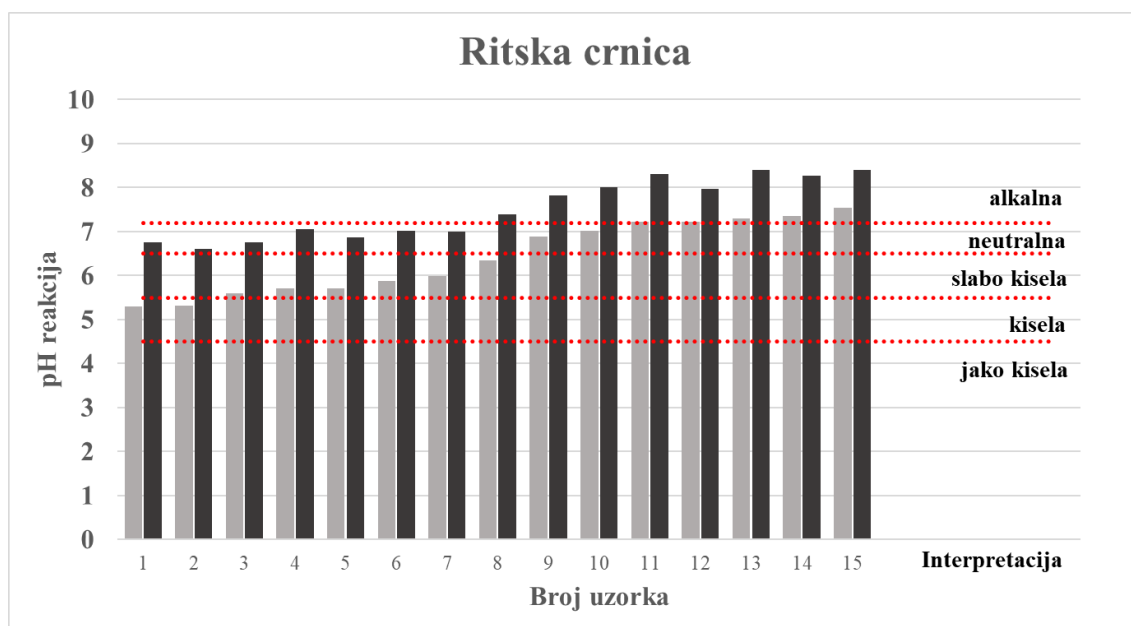
Graf 9. Distribucija uzoraka prema grupama supstitucijske kiselosti za aluvijalno tlo

### 3.5. Ritska crnica

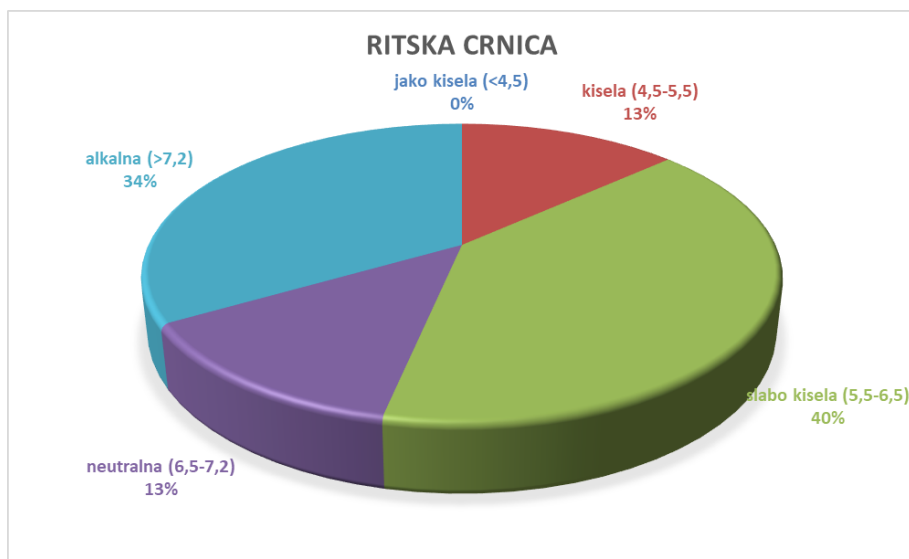
Ritska crnica je, kao što navodi Zebec (2015.), teškog teksturnog sastava oraničnih i podoraničnih horizonata. Sadržaj gline je opada porastom dubine što čini praškasto ilovastu teksturu dubljih horizonata. Isti je autor u provedenom istraživanju utvrdio alkalnu

reakciju tla kroz cijeli profil u oraničnim horizontima. Dobivene pH-vrijednosti spomenute su u daljnjem tekstu.

Analizom 15 uzoraka tla ritske crnice, utvrđeni su rezultati za pH-reakciju tla za supstitucijsku i aktualnu kiselost. Iz dobivenih rezultata možemo utvrditi, prema tablici 8., da je supstitucijska kiselost u KCl-u raspona od minimalnih 5,30 do maksimalnih 7,54 pH jedinica. Prosječna pH-vrijednost iznosi 6,42. Dobivenim istraživanjem uzoraka ove vrste tla prema supstitucijskoj kiselosti utvrđujemo sljedeće postotke: postotak uzoraka jake kiselosti iznosi (<4,5) 0% od ukupnog uzorka, kiseli (4,5-5,5) uzorci čine 13%, slabo kiseli (5,5-6,5) čina najveći udio od 40%, neutralni (6,5-7,2) uzorci 13%, a alkalni (>7,2) dio 34% ukupnog uzorka. Aktualna kiselost u H<sub>2</sub>O, prema tablici 7., očituje se u rasponu od 6,61 do 8,40 pH jedinica. Prosječna dobivena pH-vrijednost time iznosi 7,51. Usporedimo li dobivene rezultate sa rezultatima Škorića i sur. (1977.) na uzorcima tla ritske crnice, na kojima je mjerena aktualna kiselost, iščitavamo podatke pH-vrijednosti koji variraju od minimalnih 5,20 do maksimalnih 8,30 pH jedinica čime je prosječna pH-vrijednost 7,30. Usporedivši prosječne pH-vrijednosti uočavamo da su rezultati našeg istraživanja veće alkalne pH-vrijednosti nego alkalnost kod Škorića i sur. (1977.) Nadalje Martinović (2000.) prikazuje srednju vrijednost ritske crnice aktualne kiselosti tla 7,3 pH jedinica. Usporedivši rezultate ovog istraživanja sa rezultatima Martinovića (2000.), utvrđeno je da su rezultati gotovo jednake vrijednosti (7,51 u odnosu na 7,3 , alkalne vrijednosti) sa minimalnim odstupanjem 0,2 pH jedinice.



Graf 10. Rezultati analize pH- vrijednosti ritske crnice



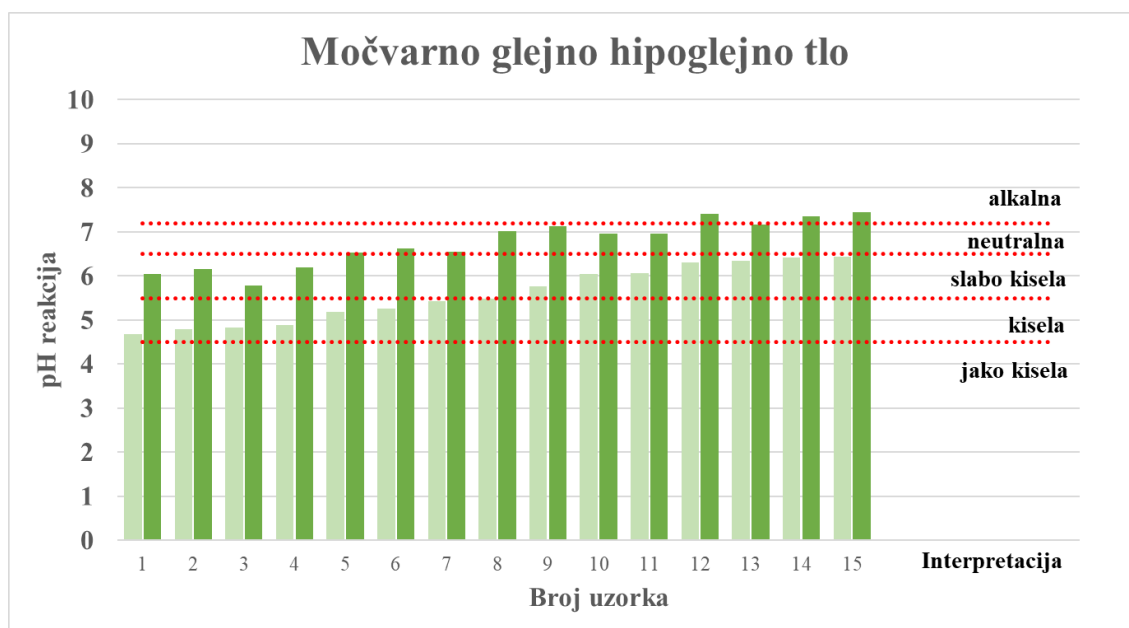
Graf 11. Distribucija uzoraka prema grupama supstitucijske kiselosti za ritsku crnicu

### 3.6. Močvarno glejno hipoglejno tlo

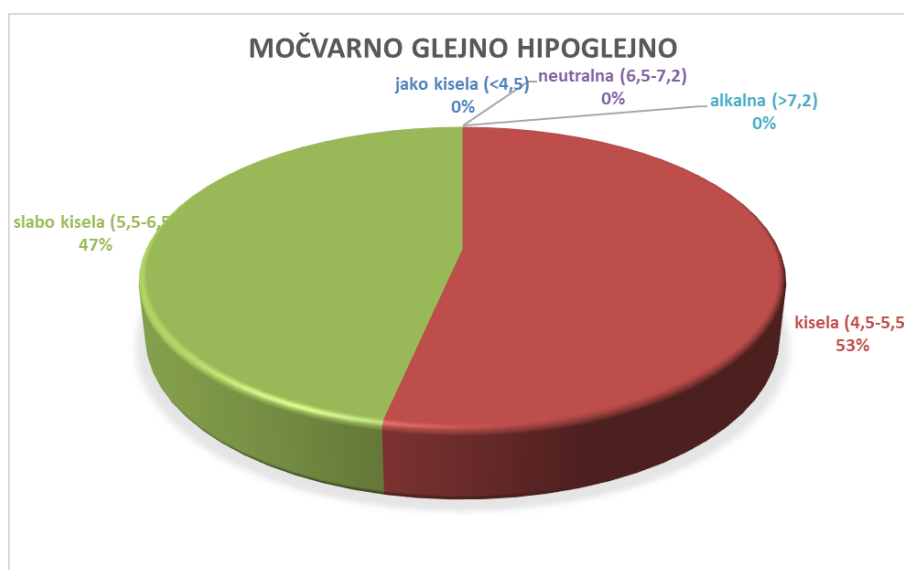
Močvarno glejno hipoglejno tlo oglejavano je donjom, podzemnom vodom kako Škorić i sur. (1977.) navode. Zebec (2015.) u svojem istraživanju opisuje teksturu močvarnog glejnog hipoglejnog tla kao praškastu do praškasto glinastu ilovaču u oraničnom horizontu, a sadržaj čestica gline se smanjuje sve do matičnog supstrata (zamočvarenog lesa) postupnim povećanjem dubine. U oraničnim i podoraničnim horizontima tlo je okarakterizirano kao malo porozno do porozno, kapacitet za vodu je osrednjeg retencijskog kapaciteta a retencijski kapaciteti za zrak su mali. Reakcija tla je alkalna.

Analizom 15 uzoraka močvarnog glejnog hipoglejnog tla, utvrđeni su rezultati za pH-reakciju tla za supstitucijsku i aktualnu kiselost. Iz dobivenih rezultata možemo utvrditi, prema tablici 8., da je supstitucijska kiselost u KCl-u raspona od minimalnih 4,68 do maksimalnih 6,43 pH jedinica. Prosječna pH-vrijednost iznosi 5,59. Dobivenim istraživanjem uzoraka ove vrste tla prema supstitucijskoj kiselosti utvrđujemo sljedeće postotke: postotak uzoraka jake kiselosti iznosi (<4,5) 0% od ukupnog uzorka, kiseli (4,5-5,5) uzorci čine najveći udio 53%, slabo kiseli (5,5-6,5) čine 47%, neutralni (6,5-7,2) uzorci 0%, a alkalni (>7,2) dio 0% ukupnog uzorka. Aktualna kiselost u H<sub>2</sub>O, prema tablici 7., očituje se u rasponu od 5,79 do 7,45 pH jedinica. Prosječna dobivena pH-vrijednost time iznosi 6,75. Usporedimo li dobivene rezultate sa rezultatima Škorića i sur. (1977.) na uzorcima močvarnog glejnog hipoglejnog tla, na kojima je mjerena aktualna kiselost, iščitavamo podatke pH-vrijednosti koji variraju od minimalnih 5,40 do maksimalnih 8,60 pH jedinica čime je prosječna pH-vrijednost 7,00. Usporedivši prosječne

pH-vrijednosti uočavamo da su oba rezultata neutralne pH-vrijednosti. No, naši su rezultati bliži slabo kiseloj pH-vrijednosti, dok su Škorić i sur. (1977.) bliže alkalnoj pH-vrijednosti. Martinović (2000) navodi srednju vrijednost aktualne kiselosti za Močvarno glejno hipoglejno tlo u iznosu od 7,0 pH jedinica. Rezultati ovog istraživanja su nešto kiseliji od rezultata Martinovića ( 2000. ), ali su i dalje jednake vrijednosti, to jest oba rezultata su neutralne vrijednosti.



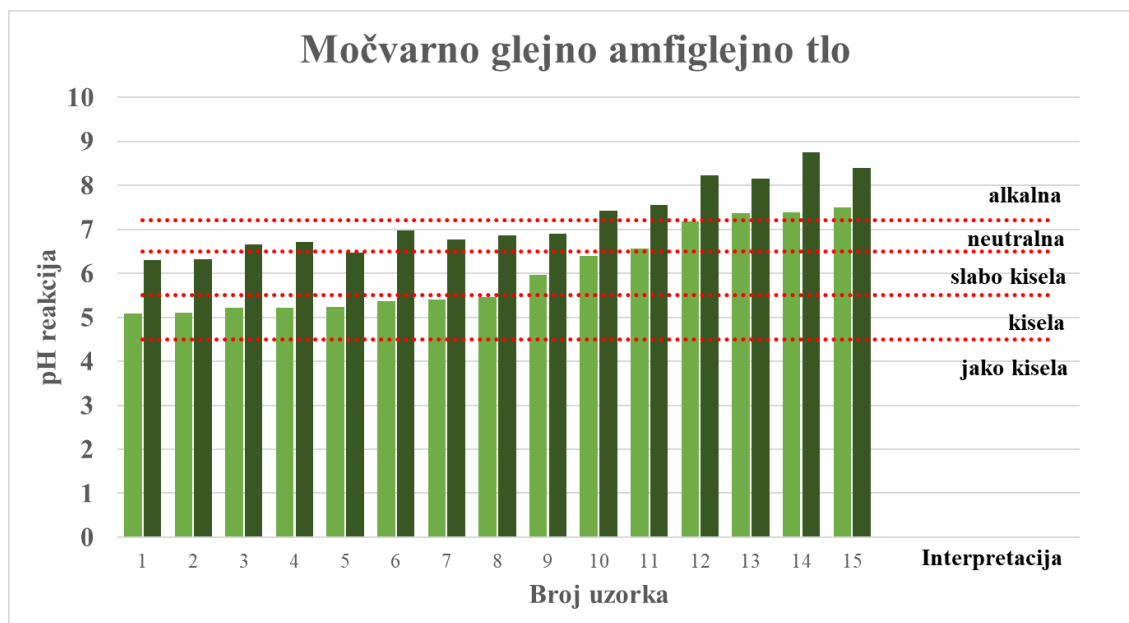
Graf 12. Rezultati analize pH-vrijednosti močvarnog glejnog hipoglejnog tla



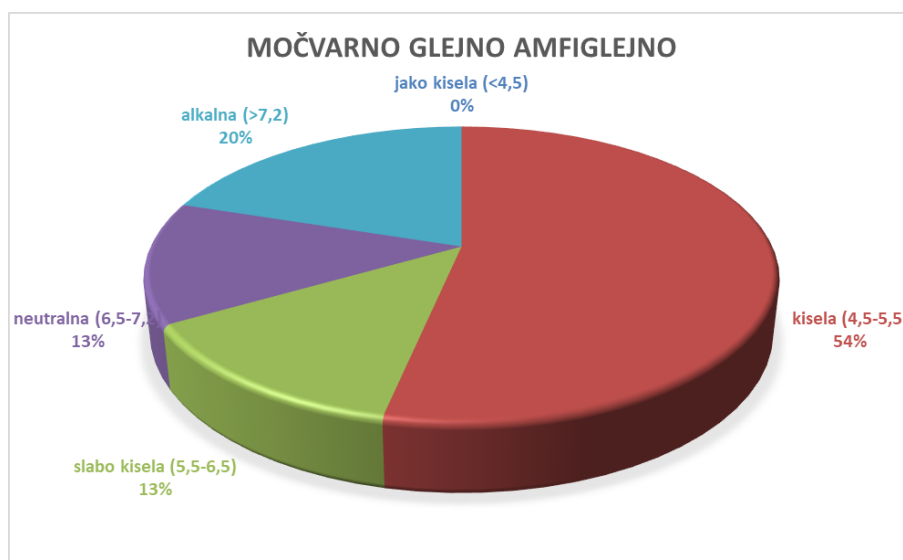
Graf 13. Distribucija uzoraka prema grupama supstitucijske kiselosti za močvarno glejno hipoglejno tlo

### 3.7. Močvarno glejno amfiglejno tlo

Za močvarno glejno amfiglejno tlo Škorić i sur. (1977.) tvrde da su po načinu prekomjernog vlaženja prisutna oba načina vlaženja te vrste tla. Zebec (2015.) u svojem istraživanju močvarno glejno amfiglejno tlo smješta na topografske niže pozicije istraživanih područja. Opisuje ga kao praškasto glinastu ilovaču u oraničnom i podoraničnom horizontu. Horizonti koji se nalaze ispod podoraničnog horizonta pripadaju praškasto ilovastoj klasi zbog svoje lakše teksture. Po sadržaju organskih tvari ova je vrsta tla u klasi slabo do dosta humoznih tala, dok je oranični dio po reakciji tla svrstan u slabo kiselo do alkalnu vrstu tla. Analizom 15 uzoraka močvarnog glejnog amfiglejnog tla, utvrđeni su rezultati za pH-reakciju tla za supstitucijsku i aktualnu kiselost. Iz dobivenih rezultata možemo utvrditi, prema tablici 8., da je supstitucijska kiselost u KCl-u raspona od minimalnih 5,08 do maksimalnih 7,49 pH jedinica. Prosječna pH-vrijednost iznosi 6,03. Dobivenim istraživanjem uzoraka ove vrste tla prema supstitucijskoj kiselosti utvrđujemo sljedeće postotke: postotak uzoraka jake kiselosti iznosi (<4,5) 0% od ukupnog uzorka, kiseli (4,5-5,5) uzorci čine najveći udio 54%, slabo kiseli (5,5-6,5) čine 13%, neutralni (6,5-7,2) uzorci 13%, a alkalni (>7,2) dio 20% ukupnog uzorka. Aktualna kiselost u H<sub>2</sub>O, prema tablici 7., očituje se u rasponu od 6,30 do 8,75 pH jedinica. Prosječna dobivena pH-vrijednost time iznosi 7,23. Usporedimo li dobivene rezultate sa rezultatima Škorića i sur. (1977.) na uzorcima močvarnog glejnog amfiglejnog tla, na kojima je mjerena aktualna kiselost, iščitavamo podatke pH-vrijednosti koji variraju od minimalnih 5,10 do maksimalnih 8,50 pH jedinica čime je prosječna pH-vrijednost 6,80. Usporedivši prosječne pH-vrijednosti uočavamo da su rezultati našeg istraživanja alkalne pH-vrijednosti dok su kod Škorića i sur. (1977.) rezultati neutralne pH-vrijednosti. Martinović (2000.) navodi da je srednja vrijednost aktualne kiselosti, močvarno glejno amfiglejnog tla 6,8 pH jedinica. Usporedivši taj rezultat sa rezultatom ovog istraživanja, možemo iščitati da je vrijednost Martinovića (2000.) jednaka vrijednosti Škorića i sur. (1977.) u iznosu od 6,8 pH jedinica što je neutralna vrijednost, dok su rezultati ovog istraživanja alkalne vrijednosti u iznosu od 7,23 pH jedinica.



Graf 14. Rezultati analize pH-vrijednosti močvarnog glejnog amfiglejnog tla



Graf 15. Distribucija uzoraka prema grupama supstitucijske kiselosti za močvarno glejno amfiglejno tlo

### 3.8. CaCO<sub>3</sub>

Jedno od važnijih kemijskih svojstava tla je i ukupan sadržaj karbonata u tlu. Ukupni karbonati u tlu djeluju na smanjenje kiselosti tla, izvor su kalcija i magnezija, poboljšavaju primanje ostalih bitnih hranjiva, poboljšavaju strukturu tla i ostale fizikalno kemijske karakteristike tla. Sadržaj ukupnih karbonata u tlu određen je pomoću Scheiblerovog kalcimetra (JDPZ, 1967.) na ukupno 55 uzoraka koji su imali utvrđenu vrijednost



supstitucijske kiselosti ( $pH_{KCl}$ ) preko 5,5 pH jedinica. Prosječni sadržaj ukupnih karbonata kretao se od 0,84 na eutrično smeđem tlu do 14,05 % na močvarno glejnom amfiglejnom tlu. Prosječna vrijednost ukupnih karbonata na svim uzorcima iznosi 3,10 uz raspon od 1,7 na močvarno glejnom hipoglejnom tlu do 4,84 na močvarno glejnom amfiglejnom tlu. Utvrđeni sadržaj karbonata eutrično smeđeg tla iznosi 2,39 i nije u skladu s rezultatima Škorića (1977.) koji nije utvrdilo prisutnost karbonata u oraničnom horizontu ovog tipa tla. Utvrđeni sadržaja karbonata u oraničnom horizontu eutričnih smeđih tala može biti posljedica agrotehničkih zahvata provedenih na istraživanom području, o čemu nemamo podataka jer su uzorci uzimani nasumičnim odabirom parcela.

Tablica 9. Deskriptivna statistika ukupnog sadržaja karbonata u tlu

CaCO <sub>3</sub>	n	Min.	Maks.	Median	St.devijacija	Prosjek
<b>Svi uzorci</b>	55	0,84	14,05	2,11	2,63	3,10
<b>Tip tla</b>						
<b>Eutrično smeđe</b>	13	0,84	8,79	1,67	2,28	2,39
<b>Lesivirano</b>	0	-	-	-	-	-
<b>Pseudoglej</b>	0	-	-	-	-	-
<b>Aluvij</b>	15	1,67	6,39	2,93	1,34	3,21
<b>Ritska crnica</b>	13	1,26	8,79	2,09	2,98	3,65
<b>MG Hipoglejno</b>	7	1,27	2,13	1,67	0,42	1,70
<b>MG Amfiglejno</b>	7	1,28	14,05	2,55	4,72	4,84

### 3.9. Hidrolitska kiselost (Hy)

Kiselost tla predstavlja sposobnost tla da otpušta H<sup>+</sup> ione (Scheffer i sur.,1970.). Brojni autori razlikuju aktualnu, supstitucijsku te ukupnu ili hidrolitsku kiselost tla. Hidrolitska kiselost tla (Hy) određena je ekstrakcijom s otopinom natrij-acetata (Vukadinović i Bertić 1988.) na ukupno 50 uzoraka u kojima je analitički utvrđeno stanje izmjenjive kiselosti ( $pH_{KCl}$ ) bilo manje od 5,5 pH jedinica. Prosječna vrijednost hidrolitske kiselosti svih uzoraka iznosi 3,0 cmol (+)/kg, dok je prosjek po tipu tla ima raspon od 1,16 cmol (+)/kg na eutrično smeđem tlu do 4,47 cmol (+)/kg na lesiviranom tlu. Utvrđeni raspon hidrolitske kiselosti kretao se od 0,22 na pseudoglejnom tlu do 8,4 cmol (+)/kg na lesiviranom tlu, što potvrđuje navode Živkovića (1991.) kako veličina hidrolitske kiselosti, koja spada u najvažnije kemijske karakteristike nekarbonatnih tala, varira u raznim tlima u širokom rasponu.

Tablica 10. Deskriptivna statistika hidrolitičke kiselosti tla

Hy	n	Min.	Maks.	Median	St.devijacija	Prosjek
<b>Svi uzorci</b>	50	0,22	8,40	2,80	1,60	3,0
<b>Tip tla</b>						
<b>Eutrično smeđe</b>	2	0,31	2,01	1,16	1,20	1,16
<b>Lesivirano</b>	15	2,54	8,40	4,46	1,37	4,47
<b>Pseudoglej</b>	15	0,22	5,47	3,06	1,56	2,80
<b>Aluvij</b>	0	-	-	-	-	-
<b>Ritska crnica</b>	2	0,79	1,84	1,32	0,74	1,32
<b>MG Hipoglejno</b>	8	1,09	4,20	2,10	1,04	2,11
<b>MG Amfiglejno</b>	8	1,75	2,93	2,52	0,44	2,41

#### 4. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih terenskih i laboratorijskih istraživanja i utvrđenih rezultata možemo zaključiti kako je najniža prosječna vrijednost aktualne kiselosti zabilježena je na lesiviranom tipu tla uz utvrđenu vrijednost od 5,5 pH jedinice, dok je najviša vrijednost aktualne kiselosti iznosila je 8,51 pH jedinice utvrđena na aluvijalnom tlu. Nadalje prosječna supstitucijska kiselost (pH KCl) svih analiziranih uzoraka iznosila je 5,81 pH jedinica, sa širokim rasponom utvrđenih rasponom od 3,78 (jako kisela tla) do 7,46 (alkalna tla) pH jedinica. Prosječno najniža vrijednost supstitucijske kiselosti utvrđena je na lesiviranom tlu i iznosila je 4,24 pH jedinice, a najviša prosječna vrijednost supstitucijske kiselosti od 7,46 utvrđena je na aluvijalnom tlu s rasponom. Grupi jako kiselih tala (pH < 4,5) pripada 22,0 %, kiselim tlima (pH 4,5-5,5) 26,0 %, slabo kiselim tlima (pH 5,5-6,5) 19 %, grupi neutralnih tala (pH 6,5-7,2) pripada 6,0 %, dok grupi alkalnih (pH > 7,2) tala pripada 27,0 % od ukupno 105 analiziranih uzorka tala na području Istočne Hrvatske. Nakon provedenog istraživanja možemo reći da pH-vrijednosti imaju izrazito heterogen raspon vrijednosti za sve istraživane tipove tala te da je analiza tla neizostavna za poznavanje reakcije tla te samim time i za uspješnu poljoprivrednu proizvodnju.

## 5. LITERATURA

1. Alduk, A. Pogodnost lesiviranih tala za navodnjavanje na području Istočne Hrvatske. Završni rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 2017.
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. Benton, J.J. (2001.): Extractable Phosphorus in Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. 62-73, CRC Press LCC.
4. Čoga, L., Slunjski, S. (2018.): Dijagnostika tla u ishrani bilja, priručnik za uzorkovanje i analitiku tla. Sveučilište u Zagrebu Agronomski Fakultet, Zagreb.
5. Dadaček, N. (2016.): Osnova bilinogojstva. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci, 272
6. DZZS, (2014.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske. Državni zavod za statistiku, Zagreb.
7. HRN ISO10693:2004. (2004.): Kakvoća tla-Određivanje sadržaja karbonata- Volumetrijska metoda. Hrvatski zavod za norme, Zagreb.
8. HRN ISO14235:1994. (1994.): Kakvoća tla -- Određivanje organskog ugljika sulfokromnom oksidacijom. Hrvatski zavod za norme, Zagreb.
9. Husnjak, S. (2014.): Sistematika tala Hrvatske. Agronomski fakultet, Zagreb.
10. JDPZ. (1967.): Metodika terenskog ispitivanja zemljišta i izrade pedoloških karata. Priručnik, Beograd.
11. Lončarić, Z. (2005.): Agrokemija. Praktikum za studente, Poljoprivredni fakultet , Osijek.
12. Lončarić, Z., Rastija, D., Baličević, R., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V. (2014.): Plodnost i opterećenost tala u pograničnome području. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
13. Lončarić, Z., Rastija, D., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V., Lončarić, R. (2015.): Kalcizacija tala u pograničnome području. Poljoprivredni fakultet u Osijeku Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
14. 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.

15. Martinović, J. (1997.): Tloznanstvo u zaštiti okoliša, Priručnik za inženjere. Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb, 288
16. Martinović, J. (2000.): Tla u Hrvatskoj. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb, 269
17. 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.
18. Mutavdžić Pavlović, D. (2014.): Kemijski i biokemijski procesi u tlu i sedimentu. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Diplomski studij Primijenjena kemija, Zagreb, 32
19. Rastija, D. (2006.): Režim vlažnosti i prinosi kukuruza i pšenice na kalciziranim kiselim tlima. Osijek.
20. Škorić, A. (1973.): Pedološki praktikum. Agronomski fakultet, Zagreb.
21. Škorić, A., i sur. (1977.): Tla Slavonije i Baranje. Projektni savjet pedološke karte S.R. Hrvatske, Izdavački zavod Jugoslavenske akademije Zagreb, Gundulićeva 24, 256
22. Škorić, A. (1982.): Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
23. Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić M. (1985.): Klasifikacija tala Jugoslavije. Posebna izdanja, knjiga 13, Akademija nauka i umjetnost BiH, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, Sarajevo
24. Vukadinović, V., Bertić, B. (1988.): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
25. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 442
26. Zebec, V. Dinamika kalija i usporedba metoda za određivanje pristupačnog kalija u tlima Istočne Hrvatske. Doktorski rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Poljoprivredni institut Osijek, Osijek, 2015.
27. Živković, M. (1991.): Pedologija, Prva knjiga, Geneza sastav i osobine zemljišta. Naučna knjiga, Beograd.