

Procjena pogodnosti tala za ratarsku proizvodnju na području općine Žepče

Grubešić, Nikica

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:795046>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-18**



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 OSIJEK

Nikica Grubešić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**PROCJENA POGODNOSTI TALA ZA RATARSKU PROIZVODNJU NA
PODRUČJU OPĆINE ŽEPČE**

Diplomski rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nikica Grubešić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**PROCJENA POGODNOSTI TALA ZA RATARSKU PROIZVODNJU NA
PODRUČJU OPĆINE ŽEPČE**

Diplomski rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nikica Grubešić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**PROCJENA POGODNOSTI TALA ZA RATARSKU PROIZVODNJU NA
PODRUČJU OPĆINE ŽEPČE**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

Osijek, 2019.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1 Cilj istraživanja.....	2
2. PREGLED LITERATURE	3
3. MATERIJAL I METODE	11
3.1 Terenska istraživanja	11
3.2. Laboratorijska istraživanja	11
3.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla.....	11
3.2.2. Pedofizikalne analize	15
4. REZULTATI	19
5. RASPRAVA.....	32
6. ZAKLJUČAK.....	41
7. POPIS LITERATURE.....	42

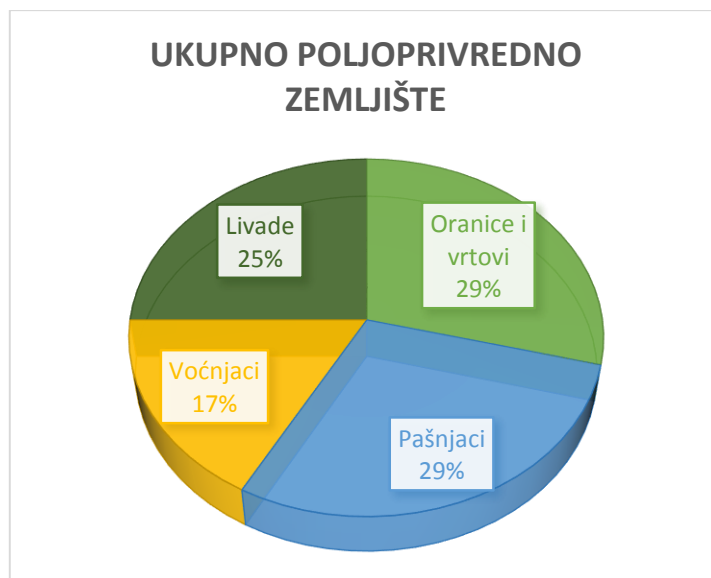
1. UVOD

U središnjem dijelu Bosne i Hercegovine smještena je općina Žepče. Ona graniči s općinama Zavidovići, Zenica i Maglaj. Zauzima površinu od 282 km² i šesta je po veličini općina u Zeničko Dobojskoj županiji. Ruralno područje čini 70% ukupne površine općine. Klima je umjereno kontinentalna s umjereno ostrim zimama i toplim ljetima. Od ukupne površine općine, na poljoprivredno zemljište otpada 4.489 ha. Ratarska zona se nalazi uz dolinu rijeke Bosne na 219 metara nv. To su plodna aluvijalno deluvijalna tla i ona su izuzetno pogodna za razvoj poljoprivrede, a obuhvaćaju Žepačko polje, Orahovičko polje, Bistričko polje, Lupoglavsko polje i Radovlje. (Slika 1)



Slika 1. Prikaz zonalnosti poljoprivredne proizvodnje općine Žepče (Poljoprivredni zavod općine Žepče, 2012.)

Druga zona je izuzetno povoljna za voćne nasade dok treća zona nije povoljna za razvoj voćnih vrsta što ne znači da u pojedinim mikro lokalitetima neposredno uz naselja, ne nalaze svoje mjesto (Slika 1). Zbog toga je ova zona izuzetno povoljna za razvoj stočarstva. Prema procjenama, od ukupnog broja stanovništva i raspoloživog poljoprivrednog zemljišta, na svakog stanovnika otpada 0,20 ha poljoprivrednog zemljišta, a od ukupnog poljoprivrednog zemljišta, manje od 1/3 čine oranice i vrtovi (Grafikon 1).



Grafikon 1. Ukupno poljoprivredno zemljište općine Žepče (RAŽ , 2017.)

Smanjena produktivnost tla je jedan od ograničavajućih čimbenika postizanja visokih i stabilnih prinosa u poljoprivredi. Poljoprivredni proizvođači nemaju praksu obavljanja kemijske analize tla, tako da se korištenje mineralnih gnojiva vrši neracionalno što također dovodi do smanjenja produktivnosti. Također jedan od važnih čimbenika koji dovodi do smanjenja prinosa po jedinici površine je usitnjenost parcela pa je teško primijeniti moderne agrotehničke mjere i mehanizaciju. U razdoblju od 2012. do 2016., od ratarskih kultura najzastupljeniji je kukuruz, slijede ječam, pšenica i raž. U Bosni i Hercegovini zabilježen je rast poljoprivredne proizvodnje, pa su povećane površine zasijane pšenicom za 17%, a ječma za 15% više u odnosu na prethodne godine. Od ostalih kultura u ratarskoj proizvodnji vrijedno je spomenuti povećanje zasijanih površina uljane repice za 47%, a djeteline za 12%.

1.1 Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je utvrditi:

1. pogodnost tala za ratarsku proizvodnju na području općine Žepče
2. potrebne mjere popravke (kondicioniranja) i gnojidbe analiziranih tala za ratarsku poljoprivrednu proizvodnju.
3. utjecaj kemijskih svojstava tla na raspoloživost teških metala u tlu

2. PREGLED LITERATURE

Bosna i Hercegovina ima oko 1.009.000 ha oraničnih površina, od čega je zasijano oko 527.000 ha, ugari i neobrađene oranice čine 478.000 ha, a rasadnici i ostalo na oranicama 4.000 ha. U strukturi sjetve, promatrano po usjevima, žitarice sudjeluju sa oko 57%, zatim slijedi krmno bilje - s udjelom od 26%, povrće - s udjelom od 15% i industrijsko bilje - s udjelom od svega 2%. (Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine, 2018.).

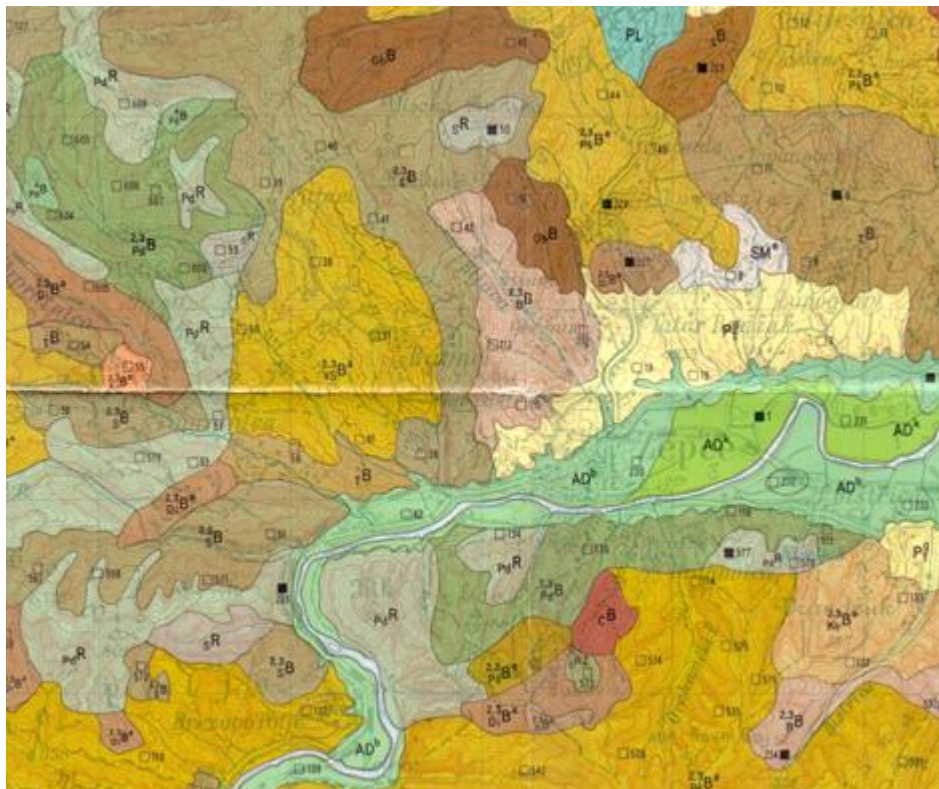
Federacija Bosne i Hercegovine: U Federaciji BiH prosječno se u periodu od 2006.-2015. godine zasijavalo 194.000 ha odnosno 48,6% ukupnih oraničnih površina, dok je više od polovine (205.000 ha) ostalo kao ugar ili neobrađeno zemljište. U strukturi zasijanosti oraničnih površina najveći udio, na razini desetogodišnjeg prosjeka za period 2006.-2015., imale su žitarice koje s 85 000 ha čine 43,6% ukupno zasijanih površina. Druga grupa usjeva po važnosti je krmno bilje koje s 64 tisuća ha čini trećinu (32,8%) zasijanih oraničnih površina, dok su povrtarske kulture u prosjeku bile zasijane na 44 tisuće ha, odnosno 22,6% zasijanih oranica. (Strateški plan ruralnog razvoja BiH)

U poljoprivrednom smislu najvrjednijeg zemljišta (I i II bonitetna klasa) u BiH je malo (300 tisuća ha). Prema podacima BiH MAC-a za 2016. godinu, u BiH ukupna minski sumnjiva površina obuhvaća 1.145 km² (2,3% u odnosu na ukupnu površinu u BiH), a najveći dio tih površina je u kategoriji poljoprivrednog zemljišta. Najveći dio poljoprivrednog zemljišta, naročito obradivog, je u privatnom vlasništvu, ali je njegova distribucija na oko 350 000 seoskih domaćinstava nepovoljna. U nedostatku novijih podataka koriste se oni iz 1991. godine prema kojima je tada u BiH bila 291 000 poljoprivrednih domaćinstava s posjedom manjim od 2 ha, a samo 16 tisuća domaćinstava s posjedom većim od 10 ha (Republički institut za statistiku BiH, 1984.).

Situacija se zasigurno promijenila i vjerojatno je još nepovoljnija, a ažurniji i pouzdaniji podaci mogu se očekivati tek nakon provođenja poljoprivrednog popisa. (Strateški plan ruralnog razvoja BiH)

Primarna je svrha agrokemijske analize tla utvrđivanje prosječne raspoloživosti hraniva i intenzitet ostalih svojstava tla kao što su pH reakcija, sadržaj humusa i tekstura koji značajno utječu na raspoloživost hraniva u tlu i djelotvornost gnojiva i poboljšivača tla. Analiza tla osigurava neophodne informacije za donošenje odluke o provedbi gnojidbe i očuvanju

plodnosti tla. Prva pedološka istraživanja na području sekcije Zenica kojoj pripada Žepče izvršena su 1950. godine u okviru elaborata „Pedološka istraživanja voćnog rasadnika Žepče“. Detaljno kartiranje sekcije Zenica 1 započeo je Institut za šumarstvo Sarajevo 1979. godine u okviru izrade fitocenološke i pedološke karte 1 : 25 000. Pedološke karakteristike zemljišta općine Žepče su prikazane na karti koja je sastavni dio ovog dijela i koja je preuzeta iz Osnovne pedološke karte za BiH (karta rađena u mjerilu 1:50 000) ,a rađena je u svakoj republici bivše države u razdoblju 1964-1986. godine. Istaknimo da je to još uvijek jedina zvanična pedološka karta. (Slika 2)

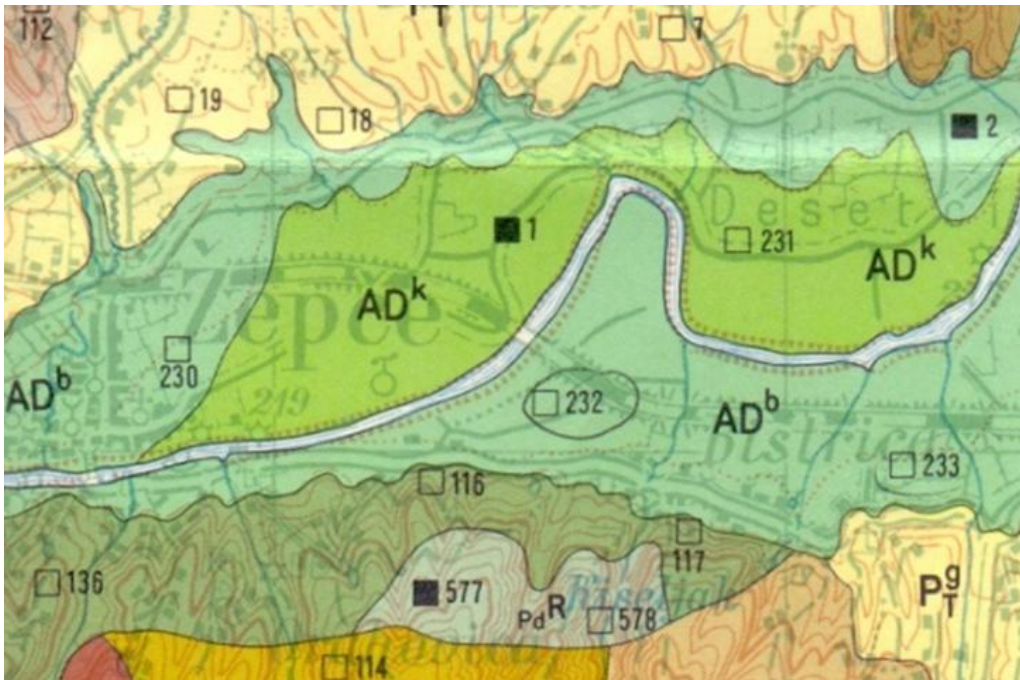


Slika 2. Pedološka karta dijela općine Žepče (Pedološke karte BiH tla, sekcija Zenica-Zavod za agropedologiju Sarajevo 1975.)

Uvidom u topografsku kartu ove sekcije ostavlja se utisak da se radi o području sa visoko brdovitim i planinskim reljefnim oblicima koji su jako izraženi i ispresijecani mnoštvom manjih ili većih vodotoka. Svi ti vodotoci se ulijevaju u rijeku Bosnu koja sa svojim pritokama nosi velike količine vode, a njeno korito gotovo da i ne čini dolinu nego se duboko usjelo u područje visoko brdovitog reljefa. Međutim, na području općine Žepče Bosna se široko razlijeva i čini nešto veću dolinu nadmorske visine od 212 do 260 metara.

Na bazi terenskih, a potom i laboratorijskih istraživanja nacrtana je pedološka karta za područje sekcije Zenica. Istom su sva tla grubo podijeljena na dvije skupine:

1. Dolinska tla
2. Brežuljkasta tla



Slika 3. Uvećani prikaz slike 2. s naglaskom na istraživano područje (Pedološke karte BiH tla, sekcija Zenica- Zavod za agropedologiju Sarajevo 1975.)

Tla su kasnije razdvojena na bazi raznolikosti matičnih supstrata, dubine tla, stupnju degradacije, podzolizacije, itd. Prema izjavi ovlaštenih iz Zavoda za agropedologiju BiH, nova sistematizacija tj. klasifikacija zemljišta se nije radila, te se dalje koristi stara sistematizacija (klasifikacija) po kojoj su, na području koje je predmet ovog projekta, najviše zastupljena dolinska tla i to aluvijalno deluvijalno beskarbonatna tla i aluvijano karbonatna tla koja se protežu uz lijevu i desnu obalu rijeke Bosne, te podzolasto-pseudoglejna terasna tla, smeđa beskarbonatna tla na glinama, smeđa kisela plitka i srednje duboka tla na pješčarima na brdovitim predjelima. Ista se vežu uz dolinska tla u koritu rijeke Bosne.

DOLINSKA TLA

ADB - Aluvijano deluvijalno beskarbonatna tla

Tla se nalaze uglavnom na nižim nadmorskim visinama (Slika 3) s lijeve i desne strane rijeke Bosne. Locirana su uz samo korito rijeke Bosne (Žepačko, Lupoglavsko polje, Bistričko polje) i predstavljaju visoko produktivne površine. Aluvijalna tla uglavnom imaju osrednji sadržaj humusa i on iznosi od 1 do 5%. Postotak humusa zavisi od erozivnog materijala koji

donose vodotoci. Prema svojoj proizvodnoj sposobnosti spadaju u prvu bonitetnu klasu. Ova tla su veoma prozračena ali osnovni nedostatak im je što ne zadržavaju vodu. Kao tako visoko produktivna tla, koriste se za uzgoj pšenice, ječma i kukuruza sa jako dobrim prinosima.

Aluvijalno deluvijalno karbonatna tla

Protežu se nešto širom dolinom lijeve strane rijeke Bosne gdje pokrivaju znatno proširenu dolinu ove rijeke. Razlikuju se od prethodnih tala jer imaju karbonata cijelom dubinom profila te nešto nižim vrijednostima aktualne kiselosti. Osim toga, druga genetska razlika ovih i prethodnih tala je teži ilovasto-glinasti i glinasti mehanički sastav, a u vezi s tim i slabija prirodna dreniranost.

BREŽULJKASTA TLA

Pokrivaju najveći dio općine Žepče, a najveći dio ovih tala je razdvojen na bazi raznolikosti petrogeografskog sastava pojedinih geoloških supstrata. Najviše je smeđih tala čija dubina vrlo rijetko prelazi 50 cm. U zavisnosti od karaktera matične stijene i ova smeđa tla imaju kiseo, bazičan ili karbonatni karakter. Pretežno su smeđa, više ili manje skeletna.

Podzolasto-pseudoglejna terasna tla (terasne prahulje)

Pojava ovih tala je vezana za pojavu specifičnih reljefnih oblika. Ti reljefni oblici su blago nagnute terase ili zaravni. Zbog suviše malog kapaciteta za vodu prilikom jačih padalina kao i slijeganjem s viših položaja dolazi do stagniranja i zadržavanja vode na površini jer je zbog stupnja inklinacije ograničena mogućnost otjecanja iste. Predstavljaju vrlo dobre poljoprivredne površine iako ih općenito uzevši loše fizikalne osobine, a i velika zakiseljenost stavljaju u slabiju klasu proizvodne sposobnosti .

Smeđa kiselatna plitka i srednje duboka tla na pješčarima

Dubina humusnog horizonta kod istih obično iznosi 5-10 cm, a sadrži formu zrelog i polusirovog humusa, slabo izražene sitno zrnaste strukture. Lakšeg su mehaničkog sastava, a najčešće pjeskovita ilovača, rastresita sa vrlo gustim spletom korijenja. Prijelaz prema mineralnom horizontu je oštar. Jedna od odlika ovih tala je velika aktivna i potencijalna kiselost. (Poljoprivredni zavod općine Žepče 2012.)

Prema analizama za područje Lupoglav i Radovlje, pH zemljišta se kreće od kiselog do neutralnog, sadržaj humusa je srednji do nizak, sadržaj lako pristupačnog fosfora je vrlo nizak do srednji, a kalija srednji do visok. Kulture koje se uzgajaju (pšenica, ječam i kukuruz) za dobar prinos zahtijevaju umjereno kiselo do neutralno tlo, jagodičasto voće kiselo tlo, a visoko stablašice neutralno tlo.

Šljivić Husejnović, i sur. (2017.) proveli su istraživanje o sadržaju olova i ekotoksikološkoj procjeni rizika poljoprivrednog tla u dolini rijeke Spreče, te nakon provedenog istraživanja naveli: ekotoksikološka procjena rizika ukazuje na jako kontaminirana tla u dolini gornjih tokova rijeke Spreče, a umjereno kontaminirana tla sa Pb u njenim donjim tokovima. U svim uzorcima izvađenim na području pet općina Tuzlanske županije, pronađena je koncentracija Pb iznad zaknski maksimalno dozvoljenih vrijednosti za poljoprivredno tlo. Bioakumulacija Pb može dovesti do ulaska u prehrambeni lanac što u konačnici dovodi do mogućih negativnih posljedica za ljude. Imajući u vidu da se ovo područje koristi za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju, istraživanjem je utvrđeno nepostojanje statistički značajne korelacije koncentracije Pb prisutne u uzorcima tla sa udaljenosti od glavnih industrijskih postrojenja. Na osnovu dobivenih rezultata, može se zaključiti da je potrebno provesti dodatna istraživanja u ovom području kako bi se identificirali izvori kontaminacije, teškim metalima i preventirali mogući neželjeni efekti na ljudsko zdravlje. U skladu s tim, neophodno je zaustaviti poljoprivrednu proizvodnju i osigurati remedijaciju ovog tla kako bi se uklonili akumulirani olovni spojevi.

Bukalo i sur. (2013.) su provodeći monitoring tala u Federaciji BiH utvrdili da od ukupno 260 lokacija njih 26 ili 10% ispitanih područja ima utvrđen visok sadržaj teških metala čije vrijednosti višestruko prelaze razine graničnih vrijednosti i koje se mogu okarakterizirati kao onečišćena područja. Smatra se da je značajan dio ovih zagađenja litološkog porijekla, što se planira dodatno istražiti. Od ukupnog područja Federacije BiH 20% se može smatrati apsolutno čistim područjem, te ako se tome doda i onaj dio područja oko 40% u kojem je razina onečišćenja niska, onda se na oko 60% područja u Federaciji BiH može organizirati organska proizvodnja hrane.

Agencija za sigurnost hrane Bosne i Hercegovine (2009.) napravila je procjenu rizika na području Federacije Bosne i Hercegovine. Od ukupno 500 analiziranih uzoraka najveći postotak neodgovarajućih uzoraka zbog prisustva teških metala iznad dopuštene vrijednosti bio je u grupi mlinsko-pekarskih proizvoda, mlijeka i proizvoda od mlijeka, kao i mesa i proizvoda od mesa. Manji postotak neispravnih uzoraka bio je u grupi riba i proizvoda od ribe, kao i u grupi prirodnih izvorskih i prirodnih mineralnih voda. U uzorcima mlinsko-pekarskih proizvoda utvrđeno je prisustvo kadmija iznad MDK vrijednosti u 29 uzoraka, te prisustvo kadmija i žive iznad MDK vrijednosti u 8 uzoraka. (Tablica 1)

Tablica 1. Laboratorijske analize teških metala – vrste uzoraka

Vrsta uzorka	Broj analiziranih	% neodgovarajućih
Meso i proizvodi od mesa	150	11,33%
Mlijeko i proizvodi od mlijeka	150	27,33%
Riba i proizvodi od ribe	50	8,00%
Mlinsko pekarski proizvodi	100	38,00%
Prirodne izvorske i mineralne vode	50	2,00%
UKUPNO	500	20,02%

Goletić (2003.) u istraživanju „Monitoring teških metala u tlu zeničke regije“ navodi da su ekosistemi zeničke regije više desetljeća bili izloženi intenzivnom utjecaju teških metala, koji su emitirani iz metalurških postrojenja. Ova postrojenja proizvodila su oko 2 mil. t/g čelika i istovremeno su u atmosferu emitirale 12640 t/g prašine.

Goletić također navodi da iz prikazanih rezultata u tablici (Slika 4) uočava se da je sadržaj teških metala u tlu varirao u zavisnosti od položaja lokaliteta i njihove udaljenosti od izvora emisije i drugih ekoloških uvjeta. Najveći sadržaj teških metala, osim Cu, kao i ukupnog S, zabilježen je u tlu na lokalitetima bližim Željezari, koji su imali najveće opterećenje teškim metalima i drugim polutantima emitiranim iz metalurških i termoenergetskih postrojenja.

Lokaliteti	Udaljenost (km)	Pb		Cd		Zn		Cu		Fe		S	
		1989	1999	1989	1999	1989	1999	1989	1999	1989	1999	1989	1999
Tetovo	0,5	263	97	7,5	2,12	215	303	65	43	68500	50445	600	769
Pehare	1,6	128	65	8,5	2,34	157	151	58	46	46733	38478	1300	571
Gradišće	2,5	129	84	7,8	2,37	168	170	48	59	40700	37956	733	725
Stranjani	5,4	75	46	6,8	2,00	106	112	39	40	46733	34578	267	274
Janjički Vrh	7,8	70	55	5,5	1,47	107	96	38	36	42067	30667	167	203
Mutnica	8,6	80	68	8,5	1,45	123	130	52	42	50367	34822	267	227
Arnauti	12,6	49	56	8,6	1,49	84	95	64	50	62933	36867	333	320
Orahovica	14,0	57	45	6,8	1,37	93	91	85	61	32367	27845	300	249
Šerići	18,0	67	38	6,0	1,44	135	121	65	42	36100	27189	433	374
PROSJEK		102	62	7,34	1,78	132	141	57	46	47389	35427	489	412
PRIRODNI SADRŽAJ		0,1-20		0,1-1		3 - 50		1 - 20		32.000		100 - 500	

Slika 4. Sadržaj teških metala i sumpora u tlu zeničke regije

Goletić (2003.) u zaključku navodi da je istraživanjem sadržaja i dinamike teških metala i sumpora u tlu zeničke regije zabilježeno je značajno opadanje njihovog sadržaja. To je

rezultat njihovog iznošenja iz tla sa usjevima i ispiranja vodom, kao i maksimalne redukcije emisija uslijed višegodišnjeg nerada ključnih metalurških postrojenja. Tlo i dalje ima povećan sadržaj teških metala i sumpora u odnosu na prirodno stanje što je posljedica njihove antropogene redistribucije za vrijeme rada integralne Željezare. Međutim, utvrđene vrijednosti uglavnom ne prelaze granične vrijednosti. Rezultati istraživanja sadržaja i dinamike teških metala pokazuju da je kvaliteta tla u zeničkoj regiji i dalje ugrožena. To nameće potrebu daljeg monitoringa teških metala u pedosferi i biljkama i poduzimanja potrebnih zaštitnih mjera tla (fitoremedijacija tla, kalcizacija, humizacija i sl.) radi zaštite zdravlja stanovništva.

Prema podacima iz „Naputka o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja“ izdanog 22. ožujka 1999. godine u Sarajevu (Narodne novine Federacije BiH, Broj 08-24-480-1/99) poljoprivredno zemljište smatra se zagađenim – kontaminiranim, ako sadrži veće količine štetnih tvari u ukupnom obliku od navedenih, izraženih u mg/kg ili ppm, ekstrahiranih zlatotopkom. (Tablica 2)

Tablica 2. Granične vrijednosti teških metala u ukupnom obliku (Narodne novine Federacije BiH, Broj 08-24-480-1/99)

Element	Pjeskovito i skeletno tlo (laka tla)	Ilovače, glinuše (srednje teška i teška tla)
Kadmij (Cd)	1	2
Živa (Hg)	1	2
Olovo (Pb)	100	150
Molibden (Mo)	10	15
Arsen (As)	20	30
Kobalt (Co)	50	50
Nikl (Ni)	50	60
Bakar (Cu)	60	100
Krom (Cr)	60	100
Cink (Zn)	200	300
Bor (B)	40	50
Fluor (F)	200	300

*U karbonatnim tlima navedene vrijednosti se mogu povećati za 25%.

U svom radu „Upotreba hiperakumulatora teških metala u remedijaciji onečišćenog tla“ Radić Lakoš, Radačić (2010.) zaključili su da do sada dobiveni rezultati pokazuju da određene biljke mogu biti efikasne u remedijaciji teškim metalima kontaminiranog tla. Procesi koji uključuju dostupnost metala, unos metala u biljku, prijenos metala iz korijena u nadzemne organe biljke, stvaranje kompleksa i volatizacija još se trebaju bolje istražiti. Do sada su sva istraživanja bila provedena u laboratorijima u kojima su biljke uzgajane hidroponski u režimu strogo metalne ishrane. Kako bi se dobili stvarni rezultati i osigurala primjena tehnologije u komercijalne svrhe potrebno je razvijati tehniku uzgoja u prirodi te razvijati genetička istraživanja biljka kako bi se u potpunosti upoznao i ako je potrebno optimalizirao njihov uzgoj.

3. MATERIJAL I METODE

3.1 Terenska istraživanja

Terenska istraživanja (JDPZ, 1967.) obuhvatila su prostor općine Žepče. Na istraživanom području uzorkovan je oranični sloj tla do dubine od 30 cm na 12 lokacija. Prilikom uzorkovanja korišteno je kontrolno kružno uzorkovanje (Lončarić i sur., 2014.) za pripremu prosječnoga uzorka sa slučajno odabranih poljoprivrednih površina. Svaki prosječni uzorak tla težio je 4 do 5 kg i sačinjen je od dobro izmiješanih pojedinačnih uzoraka ravnomjerno uzetih s proizvodne površine do dubine 30 cm. Na navedeni način prikupljeni uzorci su označeni, dopremljeni u laboratorij, očišćeni od primjesa, osušeni na sobnoj temperaturi, usitnjeni mlinom za tlo i prosijani kroz sito promjera 2 mm (Lončarić i sur., 2014.).

3.2. Laboratorijska istraživanja

Na uzorcima tala uzetih s poljoprivrednih površina na dubini od 0 do 30 cm (n=12) provedene su laboratorijske analize osnovnih kemijskih svojstava tla: pH tla, lakopristupačni fosfor i kalij, sadržaj humusa u tlu, te ovisno o rezultatima, supstitucijska kiselost, određivanje sadržaja karbonata u tlu i hidrolitička kiselost. Osim osnovnih agrokemijskih analiza, provedene su dodatne fizikalne analize, odnosno teksturni sastav tla određen ISO metodom, higroskopna vlaga tla te ukupni sadržaj metala u tlu ekstrahiranih zlatotopkom.

3.2.1. Osnovne kemijske analize uzoraka tla

Određivanje pH reakcije tla

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

Tablica 3. Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu (Škorić, 1982.)

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

Određivanje sadržaja organske tvari (humusa) u tlu

Sadržaj humusa u tlu određen je bikromatnom metodom (*HRN ISO14235:1994.*) koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari tla kalijevim bikromatom. Koncentracija organskog ugljika u uzorcima određena je spektrofotometrijski na spektrofotometru Varian Cary 50, a zatim je preračunata na sadržaj humusa koeficijentom 1,724. Za interpretaciju rezultata sadržaja organske tvari korištene su granične vrijednosti prikazane u tablici 4.

Tablica 4. Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu (Škorić, 1982.)

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

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 CO₂ koji se iz karbonata tla razvija djelovanjem 10 %-tne HCl (klorovodične kiseline).

Očitani su volumeni razvijenog CO₂ na skali graduirane cijevi te je količina CaCO₃ izračunata formulom:

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

Za preračunavanje CO₂ u CaCO₃ u prethodnoj jednadžbi koristi se faktor 2,274, a faktor F je težina 1 ml CO₂ pri temperaturi i tlaku provođenja analize, a iščitava se iz tablice (Lončarić, 2005.). Za interpretaciju rezultata sadržaja karbonata u tlu korištene su granične vrijednosti prema Škorić (1982.) prikazane u tablici 5.

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

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

Određivanje hidrolitičke kiselosti tla

Hidrolitička kiselost u tlu određena je u svim istraživanim uzorcima čije vrijednosti supstitucijske kiselosti (pH 1M KCl) ne prelaze 5,5 pH jedinica. Hidrolitička kiselost kao ukupna potencijalna kiselost tla određena je ekstrakcijom 20 g tla sa 50 ml 1 M natrijevim acetatom kao alkalnom hidrolitičkom soli pri čemu dolazi do zamjene kiselih H⁺ i Al₃⁺ iona adsorpcijskog kompleksa tla s alkalnim ionom Na⁺ iz acetata. U navedenoj reakciji nastaje octena kiselina, pri čemu je količina kiseline ekvivalentna količini vodikovih iona na adsorpcijskom kompleksu tla te se utvrđuje titracijom odnosno neutralizacijom nastale kiseline 0,1 M natrijevim hidroksidom. Hidrolitička kiselost izražava se u cmol (+) kg⁻¹ nezasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla alkalnim ionima. Vrijednost hidrolitičke kiselosti tla koristi se za izračunavanje kapaciteta adsorpcije kationa i stupnja zasićenosti tla alkalijama, te je osobito važna za određivanje potrebe u kalcizaciji.

Koncentracija AL - pristupačnog fosfora i kalija

AL metodom ekstrakcije tla s amonij laktatom određeni su lako pristupačni fosfor i kalij u tlu (Egner i sur., 1960.). Ovom metodom se određuje fosfor topiv u vodi, te u slabim kiselinama što je najznačajniji oblik za ishranu bilja.

Nakon ekstrakcije uzorka tla, koncentracija fosfora u ekstraktu određena je plavom metodom: od bistrog filtrata tla odpipetirano je 10 ml u odmjernu tikvicu od 100 ml, dodano 9 ml 4 M H₂SO₄ (213,2 ml konc. H₂SO₄/1000 ml) i dopunjeno destiliranom vodom do pola tikvice. Tikvice se zatim zagrijevaju na vodenoj kupelji, doda se 10 ml 1,44 % amonij molibdata (1,44 g/100 ml) i 2 ml 2,5 % askorbinske kiseline (2,5 g/100ml). Tikvice se drže još pola sata na vodenoj kupelji radi razvijanja kompleksa plave boje. Paralelno je proveden isti postupak tijekom pripreme serije standardnih otopina, ali je umjesto filtrata u odmjerne tikvice pipetirano po 10 ml svakog radnog standarda. Tako priređeni standardi odgovaraju količini od 0, 10, 20, 30, 40, 50 i 80 mg P₂O₅ 100g⁻¹ tla. Ohlađene tikvice nadopunjene su do oznake destiliranom vodom. Serija standarda i uzorci mjereni su spektrofotometrijom na 680 nm pri čemu su standardi korišteni za izradu kalibracijskog dijagrama pomoću kojega se izračunava količina fosfora u uzorcima tla, a izražava se u mg P₂O₅ 100g⁻¹. Rezultat je zatim preračunat u mg P₂O₅ kg⁻¹. Dobiveni rezultati ukazuju na količinu hraniva koja je biljci pristupačna i izražavaju se u mg P₂O₅ kg⁻¹ tla (Vukadinović i Bertić, 1989.).

Koncentracije biljkama pristupačnog kalija utvrđene su direktno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom mjerenja koncentracije na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru pri valnoj duljini 766,5 nm u odnosu na seriju standardnih otopina, koje koncentracijama odgovaraju količinama od 0, 1, 5, 10, 20, 30, 40 i 50 mg K₂O 100g⁻¹ tla. Rezultat se izražava u mg K₂O 100g⁻¹ tla ili u mg K₂O kg⁻¹ tla.

Tablica 6. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom i kalijem

Interpretacija	mg/100g
izrazito siromašna	< 5
siromašna	5 – 10
umjereno siromašna	10 – 15
umjerena	15 – 20
dobra	20 – 25
bogata	> 25

Određivanje ukupnih koncentracija teških metala u tlu

Koncentracije teških metala u tlu određuju se različitim postupcima potpunog ili djelomičnog razaranja tla, a mogu se obavljati pomoću fluorovodične kiseline, nitratne kiseline i zlatotopke. Razaranje tla zlatotopkom daje vrlo precizne rezultate za interpretaciju ukupnih koncentracija teških metala u tlu. Uzorci tla u ovom su istraživanju razoreni zlatotopkom koristeći propisanu metodu (ISO, 1995b), prema kojoj je uzorak tla prenesen u teflonsku kivetu, preliven s 12 ml svježe pripremljene zlatotopke (smjesa 1/3 HNO₃ + 2/3 HCl) i razaran u mikrovalnoj pećnici na propisanoj temperaturi. Nakon razaranja suspenzija uzoraka tla filtrirana je u odmjerne tikvice koje su potom do mjerne oznake (100 ml) dopunjene deioniziranom vodom. Koncentracije esencijalnih i štetnih teških metala mjerene su direktno u ekstraktima tla tehnikom optičke emisijske spektrometrije na induktivno spregnutoj plazmi (ICP-OES). Koncentracije ukupnih količina analiziranih teških metala u tlima izražene su u mg/kg tla.

3.2.2. *Pedofizikalne analize*

Higroskopna vlaga

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

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

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

Teksturni sastav tla

Kvantitativni odnos pojedinih mehaničkih elemenata predstavlja teksturu odnosno granulometrijski ili mehanički sastav tla. Granulometrijskom analizom tla izdvajamo pojedine skupine (frakcije) mehaničkih elemenata. U istraživanju je primijenjena ISO metoda (*HRN ISO 11277:2004*), koja se zasniva dijelom na principu prosijavanja, a dijelom na principu sedimentacije u mirnoj vodi. Odvagano je 10 g zrakovihog tla u plastičnu bocu od 500 ml i preliveno s 25 ml 0,4 n otopine $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$, promućkano i ostavljeno da stoji preko noći. Sljedeći dan dodano je 250 ml vode i mućkano 6 sati na rotacijskoj mućkalici. Nakon toga se pristupilo određivanju pojedinih frakcija.

Određivanje frakcije krupnog i sitnog pijeska

Suspenzija tla je nakon mućkanja kvantitativno prenešena u cilindar za sedimentaciju preko garniture sita s otvorima promjera 0,2 i 0,06 mm. Na sitima su ostale dobro isprane čestice pijeska, koje su zatim sa sita prenesene u porculansku zdjelicu, otparene su na vodenoj kupelji, osušene u električnom sušioniku na 105 °C do konstantne mase i odvagane. Postotni udio čestica pijeska izračunavao se prema izrazu:

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

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

Određivanje frakcije praha i gline

Kada je suspenzija tla prenesena preko sita u cilindar za sedimentaciju, ostatak do 1000 ml dopunjen je destiliranom vodom. Zatim je cilindar zatvoren čepom i mućkan 1 minutu uvijek u istom smjeru, kako bi se postigla potpuna homogenizacija suspenzije, tako da se u svakih 10 ml suspenzije nalazi 1/100 uzorka odnosno 0,1 g. Potom je cilindar ostavljen da miruje uz skidanje čepa. Prema Stokesovom zakonu čestice ekvivalentnog promjera 20 μm (prah i glina) pri temperaturi od 20 °C put od 10 centimetara taloženjem pređu za 4 minute i 48 sekundi. Po isteku navedenog vremena pipetom je s dubine od 10 cm odpipetirano 10 ml suspenzije. Suspenzija iz pipete prenesena je u porculanski lončić, otparena na vodenoj kupelji, osušena u električnom sušioniku, ohlađena i odvagana. Frakcija praha i gline izračunata je prema izrazu:

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

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

Određivanje frakcije gline

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

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

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

Određivanje frakcije sitnog praha

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

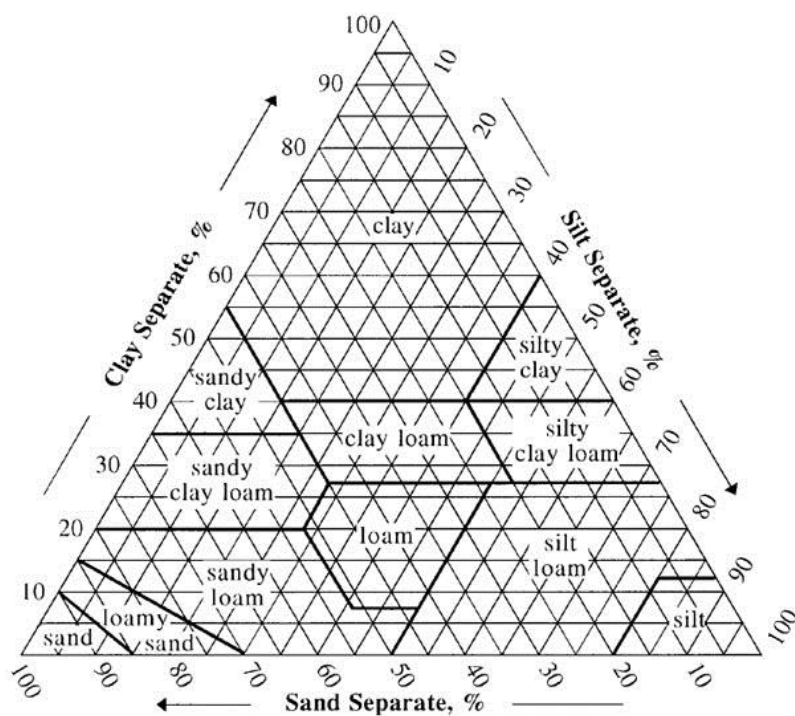
$$\% \text{ sitnog praha (SPr)} = \% \text{ praha i gline} - \% \text{ gline}$$

Određivanje frakcije krupnog praha

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

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

Interpretacija kvantitativnog udjela mehaničkih elemenata obavljena je na temelju američke klasifikacije teksture prema teksturnom trokutu (Soil Survey Staff, 1951.) prikazanom na slici 5.



Slika 5. Teksturni trokut (Soil Survey Staff, 1951.)

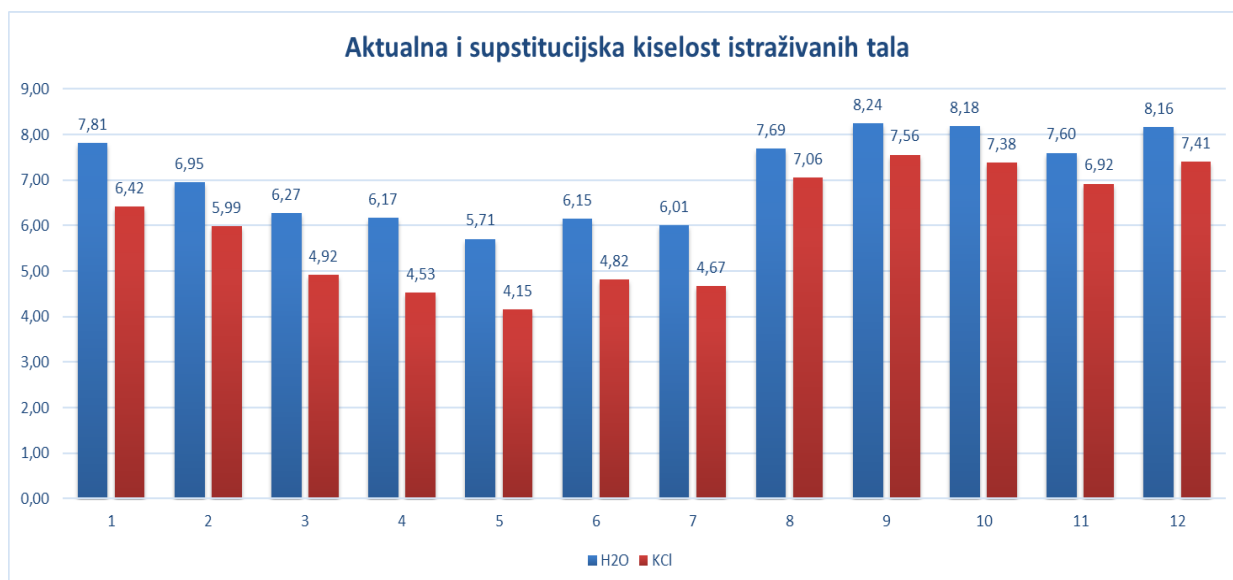
4. REZULTATI

U ovom radu analizirana su osnovna agrokemijska te fizikalna svojstva tla, a osim njih, nasumičnim odabirom izabrana su 4 lokaliteta (2 s brežuljkasto brdovite sekcije, te 2 s nizinske) na kojima su utvrđene koncentracije teških metala. Rezultati analiza osnovnih agrokemijskih i fizikalnih svojstava tla koriste se za procjenu plodnosti tla i za utvrđivanje potreba popravljavanja i gnojidbe tla.

4.1 Osnovna agrokemijska svojstva tla

4.1.1 pH reakcija tla

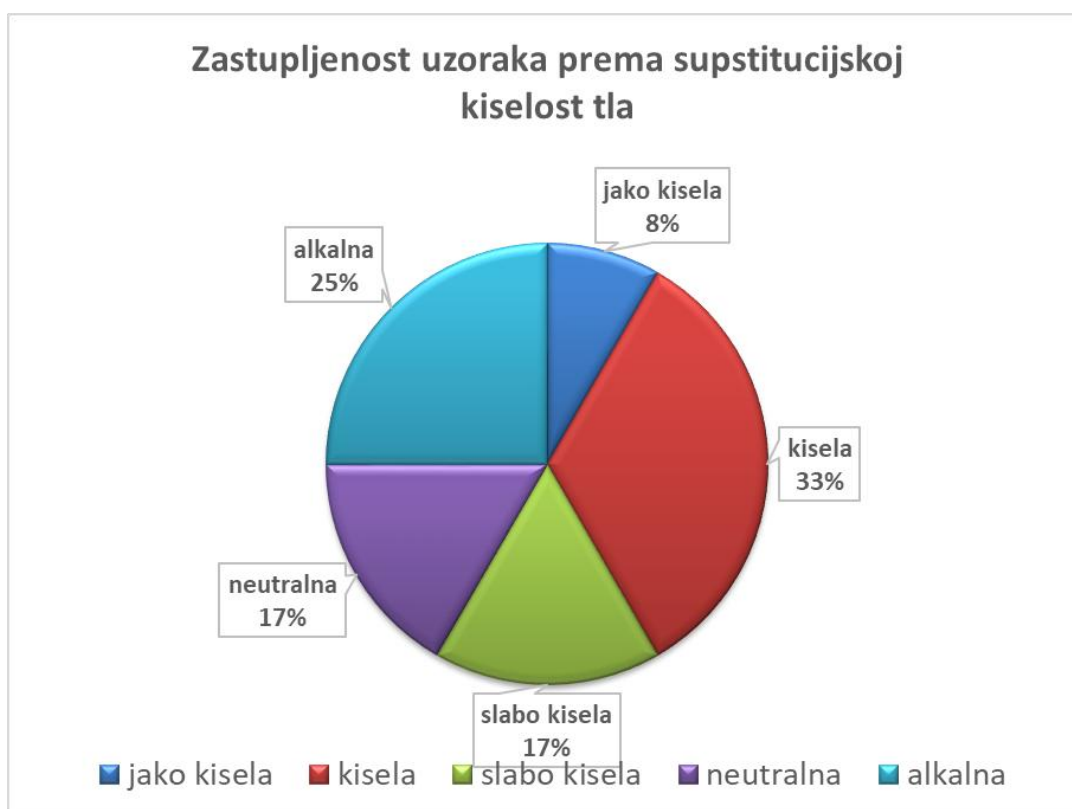
Aktualna reakcija (pH H₂O) analiziranih tala kretala se od 5,71 na lokalitetu 5 do 8,24 na lokalitetu 9., dok se izmjenjiva reakcija (pH KCl) analiziranih tala kretala od 4,15 do 7,56 pH jedinica. Aktualna pH reakcija tala sa prve sekcije (brdsko brežuljkasti krajolik) imala je utvrđene vrijednosti od 5,71 do 7,81, uz prosječnu vrijednost od 6,51 pH jedinica. Izmjenjiva pH reakcija analiziranih tala iz prve sekcije kreće se od 4,15 do 6,42, uz utvrđenu prosječnu vrijednost od 5,14 pH jedinica (Tablica 7). Aktualna pH reakcija tala sa druge sekcije (dolina rijeke) imala je vrijednosti od 6,01 do 8,24 uz prosjek od 7,65 pH jedinica. Izmjenjiva reakcija analiziranih tala iz druge sekcije imala je raspon od 4,67 do 7,56 pH jedinica uz prosječnu vrijednost od 6,83. (Tablica 7)



Grafikon 2. Aktualna (pH H₂O) i supstitucijska kiselost (pH KCl) istraživanih uzoraka

Tablica 7. Srednje vrijednosti pH prema istraživanim lokalitetima (dolina rijeke te brdsko brežuljkasti krajolik)

	Srednja vrijednost
pH (H ₂ O) svi uzorci	7,08
pH (H ₂ O) (brsko brežuljkasti)	6,51
pH (H ₂ O) (dolina rijeke)	7,65
pH (KCl) svi uzorci	5,99
pH (KCl) (brdsko brežuljkasti)	5,14
pH (KCl) (dolina rijeke)	6,83



Grafikon 3. Zastupljenost uzoraka prema supstitucijskoj kiselosti tla

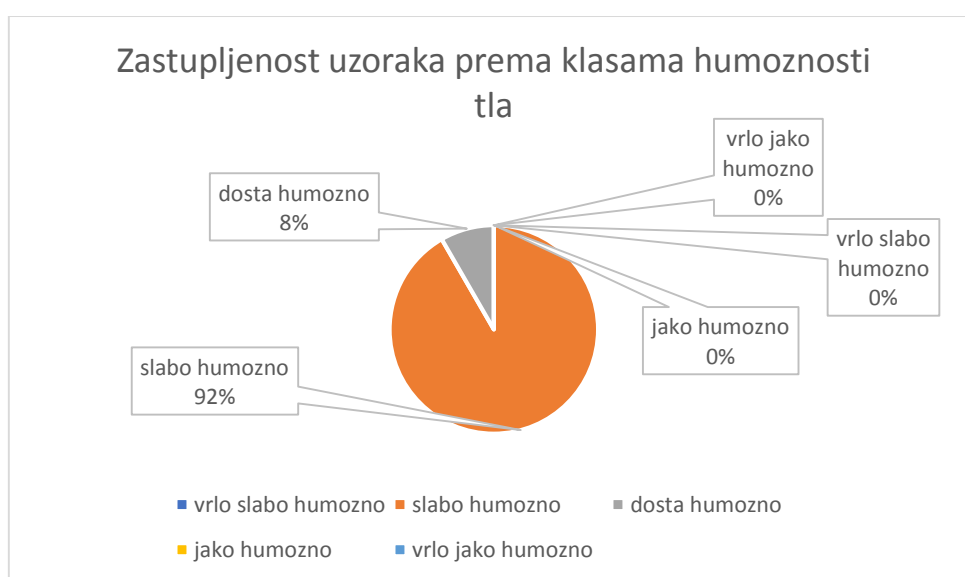
Prema utvrđenim vrijednostima (Grafikon 3) supstitucijske kiselosti istraživani uzorci tla nalaze se u širokom rangu kiselosti. Utvrđeno je da 25 % istraživanih tala pripada grupi alkalnih tala s utvrđenim vrijednostima iznad 7,2 pH jedinice. Grupi kiselih tala pripada ukupno 58% istraživanih tala (8% slabo kisela tla, 33% kisela tla i 17% slabo kisela tla), dok svega 17% tala pripada grupi neutralnih tala.

4.1.2 Sadržaj organske tvari (humusa) u tlu

Utvrđeni sadržaj organske tvari analiziranih uzoraka kretala se od 1,55 % na lokalitetu 8 do 3,00 % na lokalitetu 3, uz prosjek od 2,32 % (Tablica 8). Prema podjeli tala na grupe humoznosti (Škorić, 1982.), 92 % analiziranih uzoraka tla možemo svrstati u slabo humoznu grupu, dok u grupu dosta humoznih tala pripada jedan istraživani uzorak što čini 8% istraživanih tala (Grafikon 4). Srednja vrijednost uzoraka uzetih sa brežuljkasto brdovitog krajolika iznosi 2.6%, dok srednja vrijednost uzoraka uzetih iz doline rijeke iznosi 2.05%.

Tablica 8. Postotak i ocjena humoznosti na istraživanim lokalitetima

Lokalitet	Humus	
	%	Ocjena humoznosti
1	2,62	slabo humozno
2	2,93	slabo humozno
3	3,00	dosta humozno
4	2,45	slabo humozno
5	1,86	slabo humozno
6	2,72	slabo humozno
7	1,66	slabo humozno
8	1,55	slabo humozno
9	2,79	slabo humozno
10	2,21	slabo humozno
11	2,10	slabo humozno
12	1,97	slabo humozno



Grafikon 4. Zastupljenost uzoraka prema klasama humoznosti tla

Sadržaj karbonata u tlu određen je Scheiblerovim kalcimetrom u svim istraživanim uzorcima čije vrijednosti supstitucijske kiselosti prelaze 5,5 pH jedinica, dok je hidrolitička kiselost određena u svim istraživanim uzorcima čije vrijednosti supstitucijske kiselosti (pH 1M KCl) ne prelaze 5,5 pH jedinica. (Tablica 9)

Tablica 9. Sadržaj karbonata u istraživanim uzorcima i hidrolitička kiselost

lokalitet	CaCO ₃		HK
	%	Ocjena sadržaja karbonata	c mol(+)/kg
1	1,26	slabo karbonatna	-
2	1,26	slabo karbonatna	-
3	-	bezkarbonatna	4,79
4	-	bezkarbonatna	5,47
5	-	bezkarbonatna	6,26
6	-	bezkarbonatna	4,53
7	-	bezkarbonatna	4,29
8	0,84	slabo karbonatna	-
9	3,78	slabo karbonatna	-
10	1,26	slabo karbonatna	-
11	1,26	slabo karbonatna	-
12	2,52	slabo karbonatna	-

Utvrđena karbonatnost analiziranih uzoraka kretala se od 0,84 % do 3,78%. Takva razina karbonatnosti sve uzorke svrstava u grupu slabo karbonatnih tala. (Grafikon 5) Kod beskarbonatnih uzoraka utvrđena je hidrolitička kiselost tla, a kao granična vrijednost se uzima njen iznos veći od 4 cmol kg⁻¹ tla (Vukadinović i Lončarić, 1998.), što znači da se na istraživanim lokalitetima kalcijacija može preporučiti kao obavezna agrotehnička mjera popravka tla. (Tablica 9)



Grafikon 5. Postotni udio uzoraka prema karbonatnosti

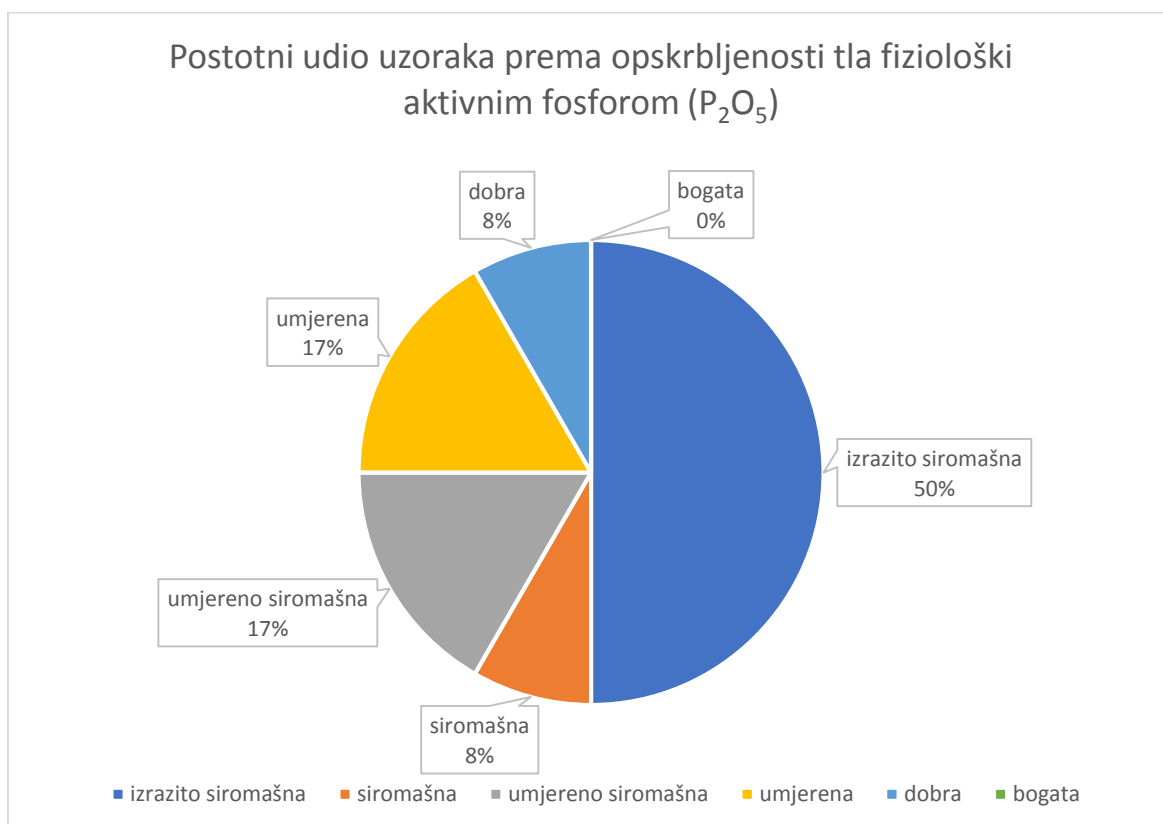
4.1.4 Koncentracija AL - pristupačnog fosfora i kalija

Koncentracija lakopristupačnog fosfora u analiziranim tlima kreće se od 1,33 mg/100 g do 23,30 mg/100 g, a prosjek je 8,24 mg/100 g. Koncentracija kalija u analiziranom tlu kreće se od 9,87 mg/100 g do 21,94/100 g, a prosjek je 15,25 /100 g. Prema podjeli tala u grupe opskrbljenosti čak polovina ispitivanih uzoraka pripada grupi izrazito siromašnih tala fosforom, dok je 8% siromašne opskrbljenosti. Niti jedan uzorak nema bogatu opskrbljenost, a samo 8% ima dobru opskrbljenost. Također, postotak umjereno siromašnih tala je 17 %, isto kao i umjerenih. (Grafikon 6)

Tablica 10. Koncentracije pristupačnog fosfora i kalija u istraživanim uzorcima

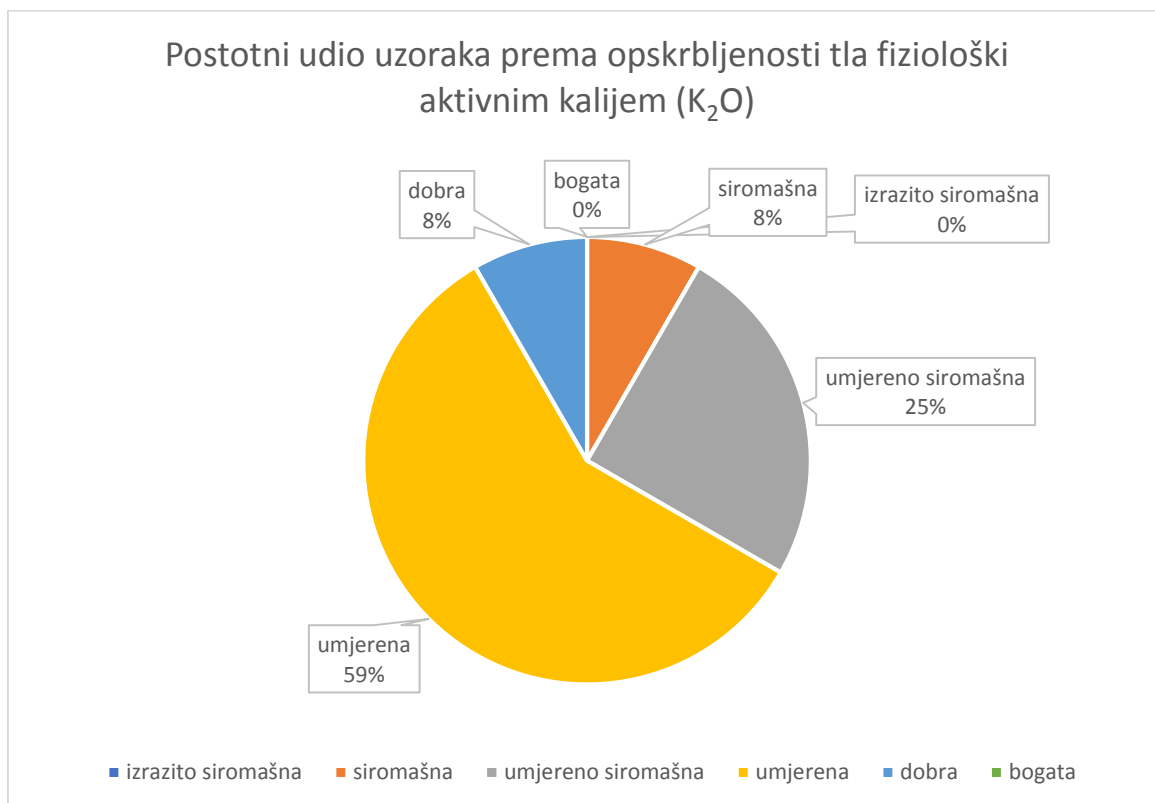
Lokalitet	P ₂ O ₅		K ₂ O	
	mg/100g	Ocjena opskrbljenosti	mg/100g	Ocjena opskrbljenosti
1	3,38	izrazito siromašno	14,39	umjereno siromašna
2	3,32	izrazito siromašno	16,47	umjerena
3	1,33	izrazito siromašno	21,94	dobra
4	1,98	izrazito siromašno	15,14	umjerena
5	1,35	izrazito siromašno	17,01	umjerena
6	1,39	izrazito siromašno	15,37	umjerena
7	15,77	umjerena	15,68	umjerena
8	15,16	umjerena	12,27	umjereno siromašna
9	12,86	umjereno siromašna	9,87	siromašno
10	23,30	dobra	18,47	umjerena
11	7,22	siromašno	15,79	umjerena
12	11,83	umjereno siromašna	10,64	umjereno siromašna

Važno je naglasiti da uzorci uzeti sa brežuljkasto brdskog lokaliteta imaju dosta manju opskrbljenost fiziološki aktivnim fosforom, s prosjekom od samo 2,13% dok tla iz doline rijeke imaju prosjek od 14,36%. (Tablica 10)



Grafikon 6. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom

Od ispitivanih uzoraka 59 % ima umjerenu opskrbljenost kalijem, a niti jedan uzorak nema bogatu opskrbljenost. Također, niti jedan uzorak nema izrazito siromašnu opskrbljenost, siromašnu ima samo 8% uzoraka, a umjereno siromašnu 25 % uzoraka. Dobru opskrbljenost ima 8% uzoraka. (Grafikon 7). Tla sa brežuljkasto brdskog lokaliteta imaju prosječnu opskrbljenost kalijem od 16,72 , dok iz doline rijeke imaju prosječnu opskrbljenost od 13,79%. (Tablica 10)



Grafikon 7. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem

4.1.5 Koncentracija teških metala

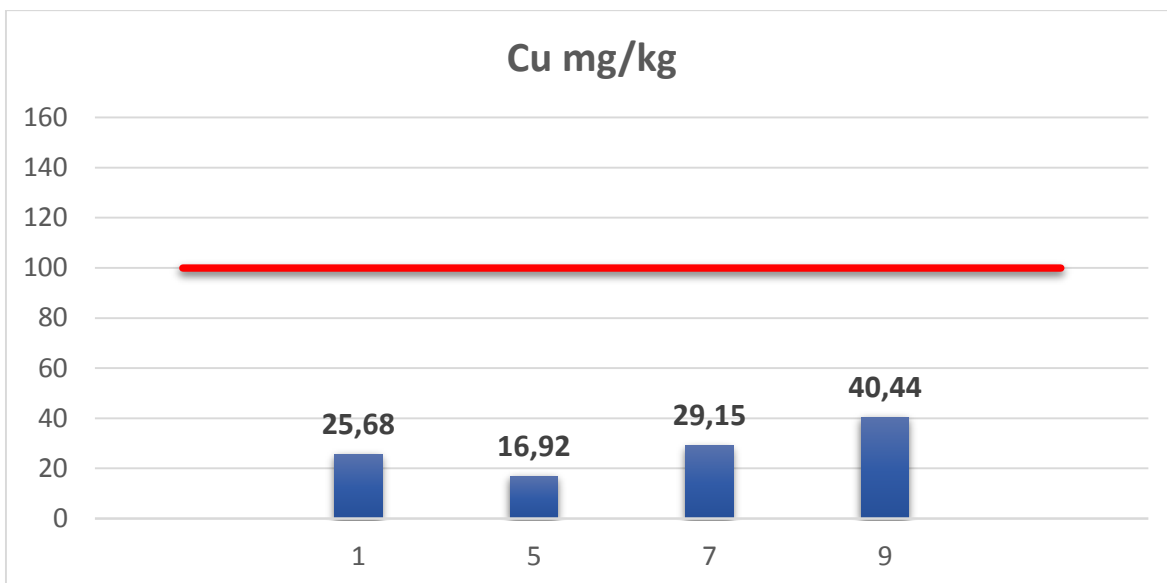
Usporedimo li granične vrijednosti iz tablice 2. sa dobivenim vrijednostima (Tablica 11) primijetit ćemo kako nikal i krom odstupaju, te su na nekim lokacijama daleko iznad dopuštenih vrijednosti. Ostali elementi su u granicama dopuštenih vrijednosti. Željezo i mangan su esencijalni elementi koji nemaju izraženo toksično djelovanje, te legislativom nije propisana maksimalna dopuštena koncentracija u tlu i gnojivima.

Tablica 11. Koncentracije teških metala na istraživanim lokalitetima

Lokalitet	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni	Cr	Cd
	mg/kg						
1	25,68	41140	1197	58,34	69,5	409,8	0,0923
5	16,92	33430	1126	65,33	63,2	97,3	0,1889
7	29,15	29800	1095	87,95	123,2	123,8	0,6129
9	40,44	34430	1120	122,3	131,7	135,9	0,6254
PROSJEK	28,04	34 700	1134,5	83,48	96,9	191,7	0,3798

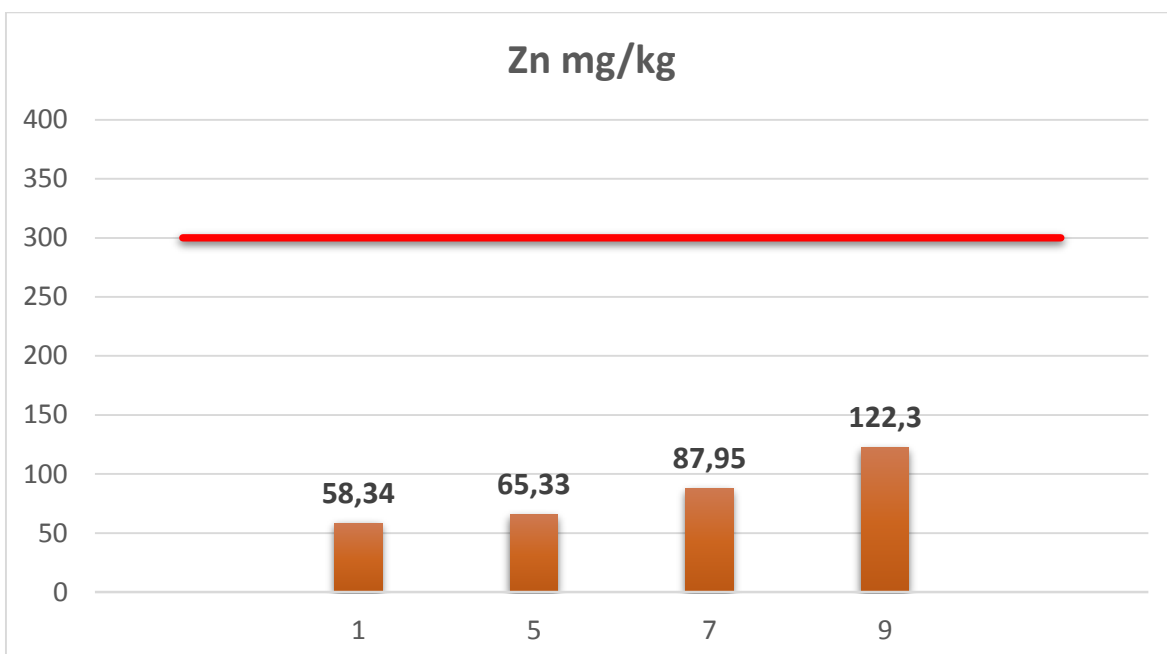
Koncentracija bakra kreće se od 16,92 do 40,44 mg/kg uz prosjek od 28,04 mg/kg što ga stavlja unutar granica dopuštenih vrijednosti. Cink i kadmij također se nalaze unutar granica dopuštenih vrijednosti. Koncentracija Zn kreće se od 58,34 do 122,3 mg/kg uz prosjek 83,48 mg/kg dok se koncentracija Cd kreće od 0,0923 do 0,6254 mg/kg uz prosjek od 0,3798 mg/kg. Koncentracija Fe kreće se od 29 800 do 41 140 mg/kg uz prosjek od 34 700 mg/kg te je veća od svih ostalih koncentracija teških metala. Koncentracija Mn je osjetno niža i kreće se od 1095 do 1197 mg/kg uz prosjek od 1134,5 mg/kg.

Kao što se vidi iz tablice 11., nikal i krom jedini su teški metali čija koncentracija prelazi dopuštene vrijednosti. Koncentracija nikla kreće se od 63,2 do 131,7 mg/kg uz prosjek od 96,9 mg/kg. Uzmemo li u obzir da je dopuštena vrijednost 50 mg/kg primjećujemo se je prosjek veći gotovo 2 puta. Koncentracija kroma kreće se od 97,3 do 409,8 mg/kg uz prosjek od 191,7 mg/kg.



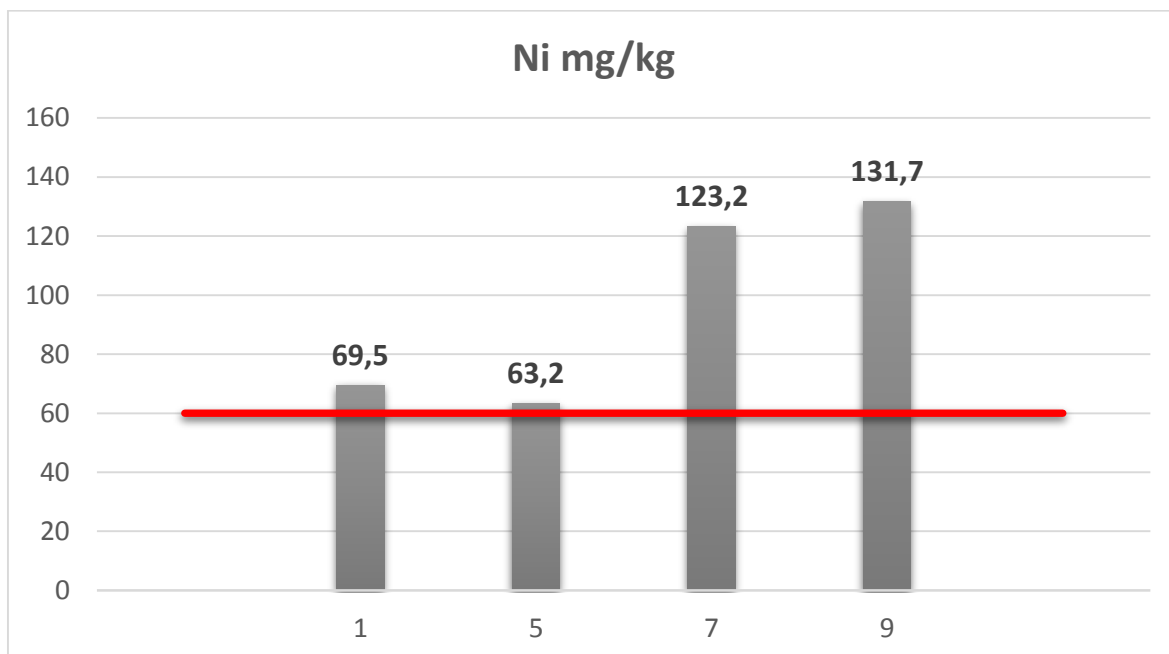
Grafikon 8. Koncentracije bakra na nasumično izabranim lokalitetima s graničnom vrijednošću

Prosječna koncentracija Cu (Tablica 11) u analiziranom tlu iznosi 28,04 mg/kg. Analizom po lokalitetima (Grafikon 8) utvrđeno je da sva nasumično odabrana tla općine Žepče imaju koncentraciju bakra, unutar maksimalno dopuštenih količina.



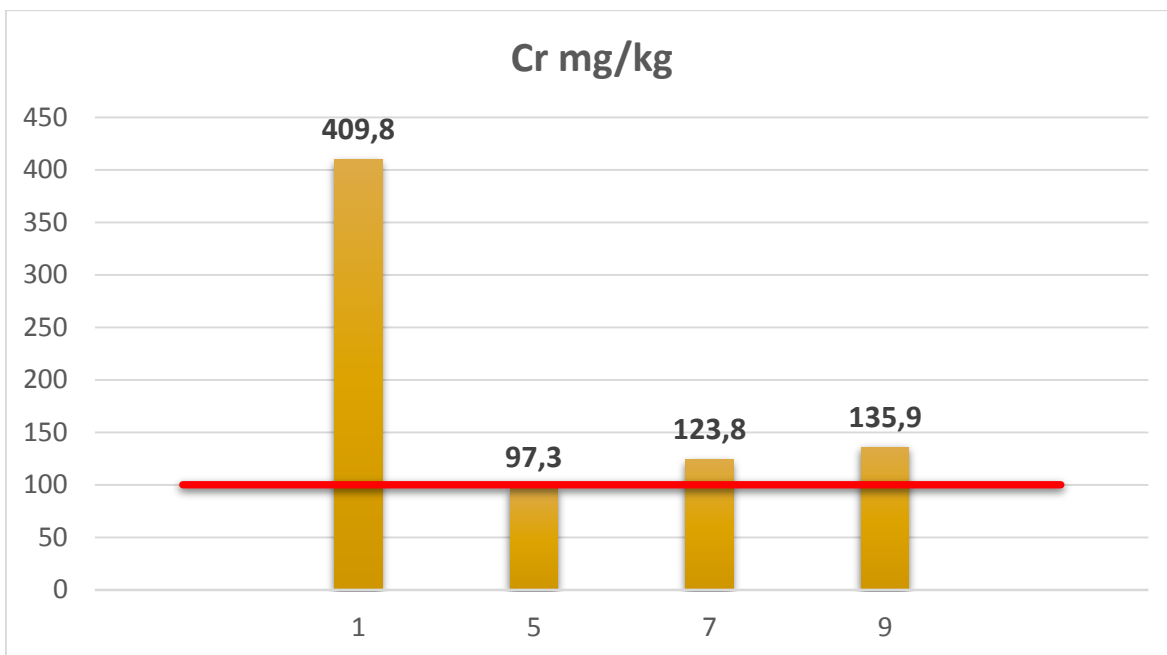
Grafikon 9. Koncentracije cinka na nasumično izabranim lokalitetima s graničnom vrijednošću

Prosječna koncentracija Zn (Tablica 11) u analiziranom tlu iznosi 83,48 mg/kg. Analizom po lokalitetima (Grafikon 9) utvrđeno je da sva nasumično odabrana tla općine Žepče imaju koncentraciju cinka, unutar maksimalno dopuštenih vrijednosti.



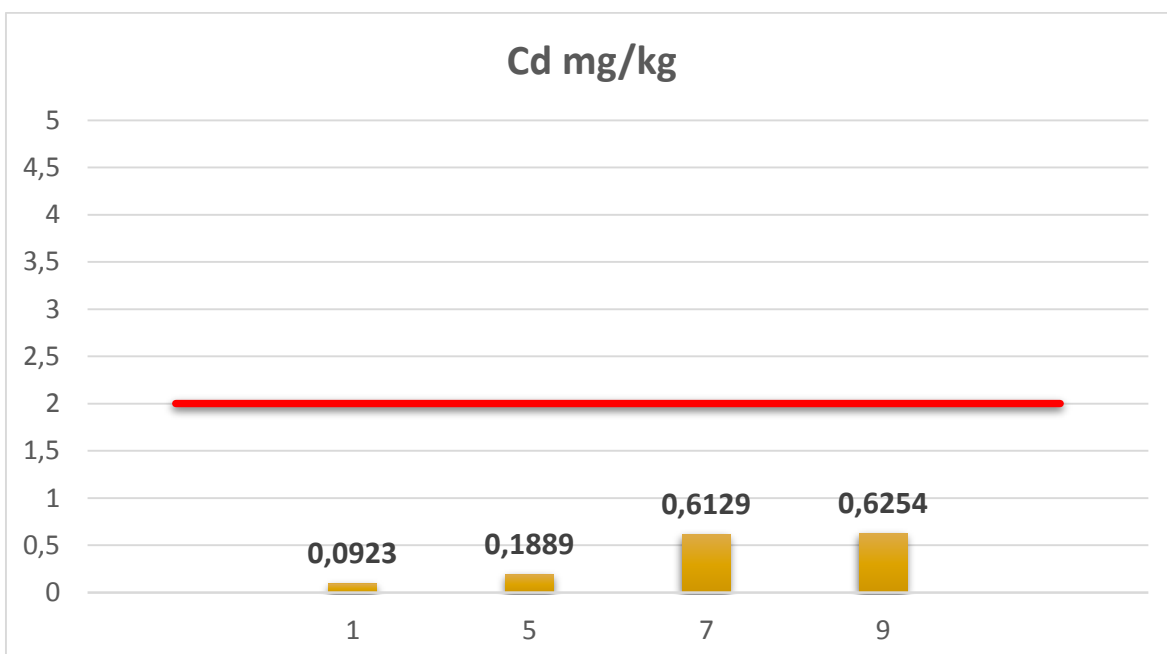
Grafikon 10. Koncentracije nikla na nasumično izabranim lokalitetima s graničnom vrijednošću

Prosječna koncentracija Ni (Tablica 11) u analiziranom tlu iznosi 253,4 mg/kg. Analizom po lokalitetima (Grafikon 10) utvrđeno je da tla na lokalitetima 1 i 5 (brežuljkasto brdski krajolik) imaju malo povišenu koncentraciju Ni. Tla na lokalitetima 7 i 9 zagađena su niklom.



Grafikon 11. Koncentracije kroma na nasumično izabranim lokalitetima s graničnom vrijednošću

Prosječna koncentracija Cr (Tablica 11) u analiziranom tlu iznosi 191,7 mg/kg. Analizom po lokalitetima (Grafikon 11) utvrđeno je da tla na lokalitetima 5,7 i 9 imaju malo povišenu koncentraciju Cr. Tlo na lokalitetu 1, zagađeno je kromom.



Grafikon 12. Koncentracije kadmija na nasumično izabranim lokalitetima sa graničnom vrijednošću

Prosječna koncentracija Cd (Tablica 11) u analiziranom tlu iznosi 0,3798 mg/kg. Analizom po lokalitetima (Grafikon 12) utvrđeno je da sva nasumično odabrana tla općine Žepče imaju koncentraciju kadmija, unutar maksimalno dopuštenih količina.

4.2 Analiza pedofizikalnih svojstava tla

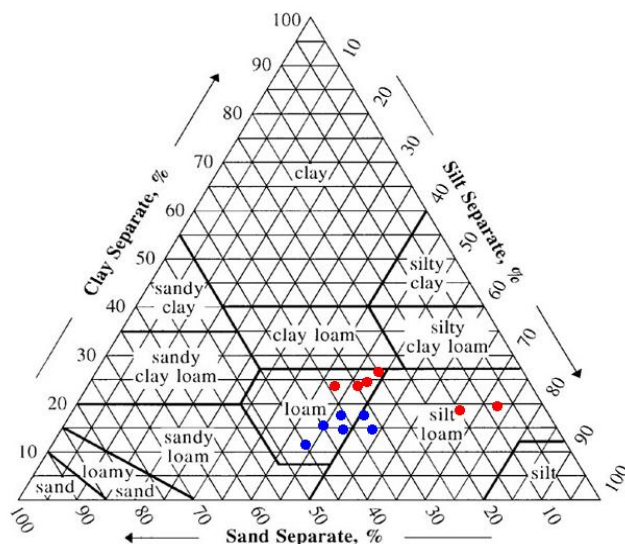
U ovom poglavlju prikazan je odnos pojedinih mehaničkih elemenata koji predstavlja teksturu, odnosno mehanički sastav tla. Svi uzorci raspoređeni su u dvije skupine (dolina rijeke i brežuljkasto brdski krajolik) te im je određen sadržaj mehaničkih čestica te teksturna oznaka. (Tablica 12)

Tablica 12. Tekstura tla oraničnih horizonata

Broj uzorka	Lokalitet	Sadržaj mehaničkih čestica (%)					Teksturna oznaka
		Krupni pijesak	Sitni pijesak	Krupni prah	Sitni prah	Glina	
1	Brežuljkasto brdski	17,4	14,5	16,3	28,2	23,6	Ilovača
2	Brežuljkasto brdski	17,5	17,8	16,2	25,1	23,5	Ilovača
3	Brežuljkasto brdski	11,4	14,8	16,2	30,7	26,9	Ilovača
4	Brežuljkasto brdski	7,3	8,7	22,1	43,7	18,2	Praškasta ilovača
5	Brežuljkasto brdski	4,7	4,7	26,0	45,6	19,0	Praškasta ilovača
6	Brežuljkasto brdski	12,5	16,5	16,1	30,7	24,1	Ilovača
7	Dolina rijeke	9,1	24,0	25,2	24,6	17,1	Praškasta ilovača
8	Dolina rijeke	15,1	26,1	21,5	22,1	15,2	Ilovača
9	Dolina rijeke	11,5	25,2	18,9	27,3	17,1	Ilovača
10	Dolina rijeke	12,0	20,6	24,7	28,2	14,5	Praškasta ilovača
11	Dolina rijeke	14,2	24,2	23,1	25,0	13,5	Ilovača
12	Dolina rijeke	17,1	28,6	19,7	23,3	11,2	Ilovača

Teksturane oznake određene su interpretacijom teksturnog trokuta (Grafikon 13) na kojem jasno vidimo crvene i plave točke. Ukupno ima 6 crvenih i 6 plavih, te one predstavljaju lokacije na 2 lokaliteta. Crvene točke označavaju brdovito brežuljkasti krajolik, a plave točke dolinu rijeke. Primjećujemo kako svih 12 uzoraka spada u granice dvaju teksturnih oznaka s tim da samo 2 lokacije (Tablica 12) blago odstupaju zbog smanjenog sadržaja pijeska. (lokacije 4 i 5) Ostalih 10 lokacija imaju jako slična pedofizikalna svojstva. (Grafikon 13) Minimalne vrijednosti pijeska za sveukupni uzorak kreću se od 4,7% za sitni te za krupni pijesak, do maksimalnih 17,1% za krupni te 28,6% za sitni pijesak. Minimalne vrijednosti praha za sveukupni uzorak kreću se od 16,1% za krupni prah te 22,1 za sitni prah do maksimalnih 25,2 za krupni prah te 28,2 za sitni prah. Minimalne vrijednosti gline za sveukupni uzorak kreću se od 11,2% do maksimalnih 17,1%. Prosječne vrijednosti

sveukupnog uzorka za krupni pijesak iznose 12,5%, za sitni pijesak 18,8%, za krupni prah 20,5%, za sitni prah 29,5% te za glinu 18,7%. (Tablica 13)



Grafikon 13. Teksturne oznake oraničnih horizonata istraživanih tala

Tablica 13. Minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti teksture tla

Lokalitet		Krupni pijesak	Sitni pijesak	Krupni prah	Sitni prah	Glina
Svi uzorci (n=12)	Minimum	4,7	4,7	16,1	22,1	11,2
	Maksimum	17,1	28,6	25,2	28,2	17,1
	Prosjek	12,5	18,8	20,5	29,5	18,7
Brežuljkasto brdski (n=6)	Minimum	4,7	4,7	16,1	25,1	18,2
	Maksimum	17,5	17,8	26,0	45,6	26,9
	Prosjek	11,8	12,8	18,8	34,0	22,5
Dolina rijeke (n=6)	Minimum	9,1	20,6	18,9	22,1	11,2
	Maksimum	17,1	28,6	25,2	28,2	17,1
	Prosjek	13,2	24,8	22,2	25,1	14,8

4.3 Pogodnost tala za ratarsku proizvodnju

4.3.1. Konceptija i kriteriji procjene

U prethodnom dijelu prikazane su osnovne značajke tla na istraživanim uzorcima, dok se u ovome dijelu prikazuju rezultati procjene pogodnosti tla za pojedine uzorke.

Procjena pogodnosti zemljišta izvršena je prema kriterijima i normativima danim u okviru FAO metode procjene zemljišta (FAO 1976). U sklopu procjene pogodnosti sistematske jedinice tla svrstane su **u redove, klase i potklase pogodnosti za navodnjavanje.**

Redovi određuju pogodnost (P) ili nepogodnost (N) tla odnosno zemljišta. **Klase** određuju stupanj pogodnosti odnosno P-1 su dobro pogodna tla za navodnjavanje, P-2 su umjereno pogodna a P-3 su ograničeno pogodna. N-1 su privremeno nepogodna, a N-2 trajno nepogodna tla za navodnjavanje. Za specifična privremeno nepogodna tla koristi se Klasa UP: uvjetno pogodna tla u slučajevima kada se u hidrološki povoljnim godinama i/ili vegetacijskom razdoblju ne javlja značajnije trajanje suvišnih voda u tlu.

Potklase pogodnosti i nepogodnosti određuju dominantne odnosno najvažnije vrste i intenzitete ograničenja tla za ratarsku proizvodnju, uvažavajući zahtjeve intenzivne poljoprivredne proizvodnje.

4.3.2. Procjena pogodnosti tla za uzgoj ratarskih kultura

Na temelju gore navedenih kriterija, te detaljnih značajki i svojstava pojedinih uzoraka tla navedenih u prethodnim poglavljima, izvršena je procjena njihove sadašnje pogodnosti za uzgoj ratarskih kultura koje se na tom području mogu uzgajati. Naime, sadašnja pogodnost utvrđena je na temelju dominantnih ograničenja, sukladno kojima su preporučene mjere popravke tla u vidu hidro i agromelioracija. Uz pretpostavku otklanjanja navedenih ograničenja utvrđena je i potencijalna pogodnost tla za uzgoj ratarskih kultura. Vrste ograničenja koja određuju potklase pogodnosti ili nepogodnosti tla prikazane su u tablici 14.

Tablica 14. Vrste ograničenja s intenzitetima i kriterijima, korištenim u procjeni pogodnosti zemljišta

<p>Ekološka dubina tla (du), cm du1 = vrlo plitka 0-15 du2 = plitka 15-30 du3 = srednje duboka 30-60 du4 = duboka 60-120 du5 = vrlo duboka >120</p>	<p>Dreniranost (dr) dr1 = vrlo slaba dr2 = slaba dr3 = nepotpuna dr4 = umjereno dobra dr5 = dobra dr6 = ponešto ekcesivna dr7 = ekcesivna</p>
<p>Reakcija tla u MKCl (a) a1 = jako kisela < 4,5 a2 = kisela 4,6-5,5 a3 = slabo kisela 5,6-6,5 a4 = praktički neutralna 6,6-7,2 a5 = bazična > 7,2</p>	<p>Sadržaj humusa (hu), % h1 = vrlo slabo humozno < 1% h2 = slabo humozno 1-3 % h3 = dobro humozno 3-5 % h4 = jako humozno 5-10% h5 = vrlo jako humozno > 10%</p>
<p>Režim vlažnosti v = povremeno stagniranje oborinske vode vv = dugotrajno stagniranje oborinske vode VV= razina podzemne vode u sloju 0-50 cm V= razina podzemne vode u sloju 50-100cm</p>	<p>Stabilnost agregata sa1 = potpuno nestabilni sa2 = nestabilni sa3 = stabilni</p>
<p>Vertičnost Vt1 = umjerena vertičnost Vt2 = jaka vertičnost</p>	<p>Troškovi održavanja plodnosti tla</p>
<p>Opskrbljenost fiziološko aktivnim hranivima, mg P₂O₅/100 g tla za oranične kulture (fo)</p> <p>fo1 = izrazito siromašna < 5 fo2 = siromašna 5-10 fo3 = umjereno siromašna 10-15 fo4 = osrednja 15-20 fo5 = dobra >20</p>	<p>Opskrbljenost fiziološko aktivnim kalijem mg K₂O/100 g tla za oranične kulture (ko)</p> <p>ko1 = izrazito siromašna < 5 ko2 = siromašna 5-10 ko3 = umjereno siromašna 10-15 ko4 = osrednja 15-20 ko5 = dobra >20</p>

Tablica 15. Sadašnja i potencijalna pogodnost tla te ograničenja za ratarsku proizvodnju uz potrebne mjere uređenja zemljišta

Lokalitet	Sadašnja pogodnost		Potrebne mjere uređenja zemljišta	Potencijalna pogodnost
	Klasa	Ograničenja		
1	P3	a ₃ ,h ₂ ,fo ₁ ,ko ₃ ,v,dr ₃	agromelioracije	P2
2	P3	a ₃ , h ₂ ,fo ₁ ,ko ₃ ,v,dr ₃	agromelioracije	P2
3	P3	a ₂ , h ₂ ,fo ₁ ,ko ₅ ,v,dr ₂	agromelioracije	P2
4	P3	a ₂ , h ₂ ,fo ₁ ,ko ₄ ,v,dr ₂	agromelioracije	P2
5	P3	a ₁ , h ₂ ,fo ₁ ,ko ₄ ,v,dr ₂	agromelioracije	P2
6	P3	a ₂ , h ₂ ,fo ₁ ,ko ₄ ,v,dr ₂	agromelioracije	P2
7	P3	a ₂ , h ₂ ,fo ₄ ,ko ₄ ,v,dr ₂	agromelioracije	P2
8	P2	a ₄ , h ₂ ,fo ₄ ,ko ₃ ,V,dr ₅	agromelioracije, hidromelioracije	P2
9	P2	a ₅ , h ₂ ,fo ₃ ,ko ₂ ,V,dr ₅	agromelioracije, hidromelioracije	P2
10	P2	a ₅ , h ₂ ,fo ₅ ,ko ₄ ,V,dr ₅	agromelioracije, hidromelioracije	P2
11	P2	a ₃ , h ₂ ,fo ₂ ,ko ₄ ,V,dr ₅	agromelioracije, hidromelioracije	P2
12	P2	a ₅ , h ₂ ,fo ₃ ,ko ₃ ,V,dr ₅	agromelioracije, hidromelioracije	P2

Općenito gledajući pogodnost tala i njihova ograničenja u ratarskoj proizvodnji, iz tablice 15. vidljivo je da su tla brežuljkasto brdskih područja kisele reakcije i slabe opskrbljenosti fiziološki aktivnim fosforom, te da imaju slabiju propusnost tla za vodu u podoraničnom horizontu. Stoga je neophodna agromelioracijska mjera kalcizacija i dubinsko rahljenje tla, podrivanjem ili rigolanjem. Također slaba opskrbljenost fiziološki aktivnim fosforom ukazuje na potrebu meliorativne gnojidbe fosforom ili pojačane gnojidbe fosforom gnojivima duži niz godina. Dolinska tla koja se nalaze uz rijeku Bosnu s obzirom na višu razinu podzemne vode u nepovoljnim hidrološkim uvjetima ne bi bilo loše hidromeliorirati iako su ova tla relativno dobrih svojstava. Sva tla imaju nizak sadržaj organske tvari te bi trebalo redovito provoditi organsku gnojidbu stajnjakom ili zelenu gnojidbu kako bi se postigla razina organske tvari u tlu na 3%.

5. RASPRAVA

Praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta zahtijeva obveznu kemijsku analizu tla na temelju koje možemo utvrditi plodnost tla te pogodnost za ratarsku proizvodnju ali i ukupnu poljoprivrednu proizvodnju. Osim osnovnih agrokemijskih analiza tla za kvalitetnu procjenu pogodnosti tala za poljoprivrednu proizvodnju potrebno je provesti i dodatne pedofizikalne analize tla kao i utvrditi koncentracije metala u tlu.

Nizak sadržaj organske tvari u istraživanim uzorcima na području općine Žeče ukazuje na nužnost povećanja sadržaja organske tvari u tlu. Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode kako se organska tvar tla ili humus može opisati i kao proizvod nepotpunog razlaganja biljnih i životinjskih ostataka pri čemu se oni djelomično posve mineraliziraju, dok se preostali dio pod utjecajem različitih mikroorganizama tla iznova sintetizira u više ili manje stabilne kemijske spojeve otporne prema daljnjem razlaganju.

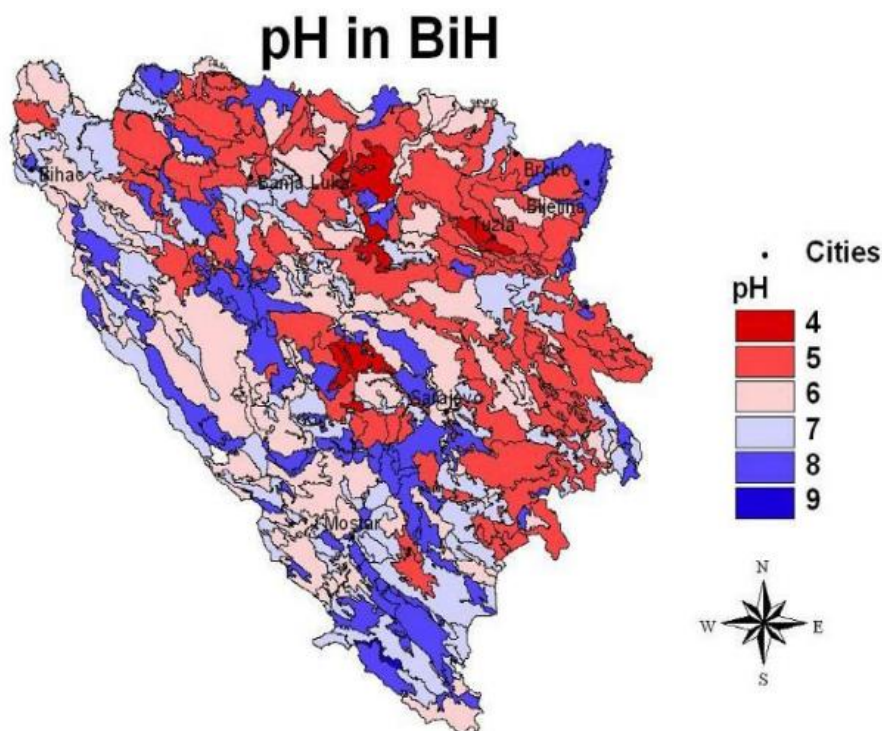
Jedna od uloga i značajki organske tvari je ta što ona svojom kvalitetom i kvantitetom poboljšava ili pogoršava fizikalna i kemijska svojstva tla. Ujedno, njen veći udio u tlu je preduvjet za plodnije tlo i efikasniju poljoprivrednu proizvodnju. Plodored ima bitnu ulogu u kvaliteti i količini organske tvari tla. Prema Liu i suradnicima (2006.) odgovarajući plodored može održati postojeći sadržaj organske tvari ili ga povećati uz poboljšanje fizikalno-kemijskih svojstava. Bukalo i suradnici (2013.) su monitoringom tala u Federaciji BiH, kojim je obuhvaćeno 260 lokacija utvrdili raspon sadržaja humusa u tlu od 0,57-7,39%, odnosno od slabe do jake humoznosti tla. Humizacija je obogaćivanje tla humusom. Premda mu je sadržaj u odnosu na mineralni dio tla znatno manji, zbog svojih brojnih značajki humus je izuzetno važan u tlu. Humizacija se vrši dodavanjem stajskog gnoja, zaoravanjem žetvenih ostataka, zelenom gnojdbom (sideracija), sjetvom djetelinsko-travnih smjesa i drugim zahvatima. Sadržaj humusa u tlu za uspješnu biljnu proizvodnju ne bi smio biti manji od 3%. Kako je kod preko 90% istraživanih uzoraka utvrđen niži sadržaj humusa, preporuča se podići njegov sadržaj u tlu te ga zatim održavati na povoljnoj razini

pH reakcija tla na području općine Žepče kreće se od alkalne do jako kisele reakcije. Bitno je istaknuti da su uzorci u dolini rijeke imali nižu pH reakciju od onih uzetih na brežuljkasto brdskom reljefu. pH je jako bitna za raspoloživost hraniva, a samim time na učinkovitost i primjenu gnojiva. U kiselim tlama doći će do nedovoljne raspoloživosti Ca, Mg i Mo, uz određenu kemijsku fiksaciju fosfora. Ukoliko je tlo previše vlažno, može doći do gubitka dušika denitrifikacijom, dok je ekstremna kiselost jako toksična za biljke zbog slobodnih

kiselih iona mangana i aluminija. U alkalanim tlima smanjena je raspoloživost Zn, Mn, Fe, Cu i B, te je ma takvim tlima veći rizik gubitka dušika volatilizacijom u obliku amonijaka. (Lončarić i sur. 2015.)

Količina biljci pristupačnih hranjiva usko je povezana s kemijskim svojstvima tla, a pri tome reakcija tla utječe na oblik hranjiva u tlu te na njegovu pristupačnost te istovremeno ima i velik utjecaj na efikasnost gnojidbe. Naime, odnos pojedinih oblika hranjiva u tlu ovisi prvenstveno o pH reakciji tla. S obzirom na očekivani veliki utjecaj pH reakcije tla na pristupačnost hranjiva u istraživanim tlima, utvrđena je aktualna i supstitucijska kiselost tala.

Prema analizama Poljoprivrednog zavoda općine Žepče, pH zemljišta u dolini rijeke se kreće od kiselog do neutralnog, dok je pH u brežuljkasto brdskom reljefu blago kisela, što je slično rezultatima ovog istraživanja.



Slika 6. pH reakcija tla u Bosni i hercegovini (FAO, 2011.)

S obzirom da analizirana tla pokazuju uglavnom neutralnu ili slabo kiselu reakciju nema potrebe za značajnijim agrotehničkim mjerama, osim na pojedinim lokalitetima uz dolinu rijeke Bosne, gdje bi kalcizacija poboljšala pH reakciju tla.

Kalcizacija je agrotehnička mjera koja može izazvati promjene u raspoloživosti hraniva, posebno fosfora i teških metala, pa se ona mora provoditi pažljivo. Poželjno je postupno

utjecati na promjenu pH tla, jer nagla promjena mijenja uvjete (biološko-fizičko-kemijska svojstva tla), što onda zahtjeva meliorativne doze mineralnih gnojiva, prvenstveno fosfora i mikroelemenata, te unošenje većih količina organskih gnojiva (humizacija). (Lončarić i sur., 2015).

Vukadinović i suradnici (2011.) su u svom radu „Analiza pogodnosti zemljišnih resursa istočne Hrvatske funkcijskim modelom“ ustanovili kako istočna Hrvatska ima postotak karbonatnosti od 13,39% tj. srednje karbonatna tla. Razina karbonatnosti tla usko je povezana s alkalnom reakcijom tla, a zbog sadržaja karbonata možemo očekivati i smanjene koncentracije izmjenjivog Ca. (Vukadinović i Lončarić, 1998.) Posljedica je kemijska fiksacija fosfora određenog intenziteta koji je obrnuto proporcionalan sadržaju humusa u tlu. Također, utvrđena karbonatnost može pridonijeti smanjenoj raspoloživosti mikroelemenata pa možemo očekivati nešto niže razine raspoloživih Fe, Mn i Zn. Posljedično, potrebno je osigurati veću raspoloživost mikroelemenata u tlu, što se može postići aplikacijom organskih gnojiva.

Grupe opskrbljenosti tala fosforom (P_2O_5) definiraju se često s aspekta kiselosti tla, s obzirom da je raspoloživost fosfora u tlu u velikoj mjeri određena pH reakcijom tla. Uvažavajući takvu interpretaciju rezultata ekstrakcije lakopristupačnog fosfora AL metodom, utvrđena je zbirna distribucija uzoraka unutar različitih kategorija opskrbljenosti, što je rezultiralo najvećim brojem izrazito siromašno opskrbljenih tala fosforom koji čine 50 % istraživanih tala, dok je grupama dobre i bogate opskrbljenosti tala fosforom pripadao svega 8% istraživanih tala. Dobiveni rezultati se neznatno razlikuju u odnosu na rezultate distribucije lako pristupačnog fosfora u tlima kontinentalne Hrvatske (Popović, 2009.).

Za razliku od lako pristupačnog fosfora, grupe opskrbljenosti tala kalijem definiraju se često s aspekta teksturnog sastava tla, s obzirom da je raspoloživost kalija u tlu u velikoj mjeri određena sadržajem čestica gline u tlu. Tako se granice opskrbljenosti tla kalijem povećavaju ako sadržaj čestica gline raste od lake (< 20 % gline), preko srednje (20-27 % gline) do teške (< 27 % gline) teksturne grupe. Uvažavajući takvu interpretaciju rezultata ekstrakcije lakopristupačnog kalija AL metodom, utvrđena je zbirna distribucija uzoraka unutar različitih kategorija opskrbljenosti uvažavajući teksturu tla kao kriterij graničnih vrijednosti. Približno 60 % istraživanih tala pripada grupi umjerene opskrbljenosti, dok 25 % istraživanih tala pripada grupi umjereno siromašne opskrbljenosti tla pristupačnim kalijem. U većini tih

tala kreću se količine AL kalija do 24 mg K₂O/100g (Janeković, 1971.), uz naglasak slabije opskrbljenosti lesiviranih tala.

Prema analizama iz 2012. koje je proveo Poljoprivredni zavod općine Žepče, na području doline rijeke sadržaj pristupačnog fosfora je siromašan do umjeren, a kalija umjeren do dobar. Prema analizama sa brežuljkasto brdskog područje, sadržaj pristupačnog fosfora je nizak, dok je sadržaj kalija optimalan. Vukadinović i suradnici (2011.) su u svom radu „Analiza pogodnosti zemljišnih resursa istočne Hrvatske funkcijskim modelom“ ustanovili kako istočna Hrvatska sa razinom fosfora od 19,27% te razinom kalija od 23,85% ima umjeren tla. U izrazito siromašna i umjeren tla potrebno je gnojidbom unijeti više fosfora nego što je odneseno prinosom i žetvenim ostacima jer će se tako postupno podići razina raspoloživosti fosfora do dobre opskrbljenosti (Lončarić i sur., 2015). Tlu siromašnom fosforom potrebna je gnojidba 100-150 % količine koja će biti odnesena ciljnim prinosom.

Izračun potrebne gnojidbe kalijem također slijedi obrazac usmjeren očuvanju plodnosti tla, tj. postizanju ili održavanju razine raspoloživosti kalija u klasi dobro opskrbljenih tala. U tla dobre opskrbljenosti dostatno je dodati količinu kalija koja je odnesena prinosom (100 % količine kalija u ostvarenom prinosu) jer će se tako održati ista razina raspoloživosti kalija. (Lončarić i sur., 2015.).

Za ishranu bilja je od izuzetnog značaja poznavanje sadržaja pojedinih čestica u tlu kako bi se mogao procijeniti puferni kapacitet za biljna hranjiva jer tla s većim sadržajem gline mogu vezati veću količinu hranjiva potrebnih za rast i razvoj, dok su kod teksturno lakših tala hranjiva podložna ispiranju. Prema Škoriću (1982.) tekstura je postotni maseni udio primarnih čestica u tlu klasificiranih prema veličini. Utjecaj teksture na pojedina svojstva tla ovisi o zastupljenosti pojedinih kategorija čestica, kao i o njihovom mineraloškom sastavu. Čestice gline su zbog velike aktivne vanjske i unutarnje površine, velikog kapaciteta adsorpcije i mineralnog sastava kojeg predstavljaju sekundarni alumosilikati najaktivnije čestice tla (Škorić, 1992.) te time imaju najznačajniji utjecaj na status i dinamiku hraniva u tlu. Laboratorijskim analizama određeno je pet frakcija čestica u tlu, korištenjem pipet metode: krupni pijesak (2,0-0,2 mm), sitni pijesak (0,2-0,063 mm), krupni prah (0,063-0,02 mm), sitni prah (0,02-0,002 mm) i glina (< 2 mm). Kao i u navodima drugih autora, (Martinović 2000.) (Husnjak, 2014.) rezultati su pokazali heterogenost za svaku istraživanu frakciju primarnih čestica sa širokim rasponom utvrđenih vrijednosti na pojedinom lokalitetu.

Analizom pedofizikalnih svojstava tla općine Žepče primjećujemo da bez obzira na lokaciju, tlo čine ilovača te praškasta ilovača. Svih 12 uzoraka spada u granice tih dvaju teksturnih oznaka bez većih oscilacija. Prema pedološkim istraživanjima na području sekcije Zenica, kojoj pripada i Žepče, iz 1950. godine. Napravljeno je detaljno kartiranje pedološke karte u omjeru 1 – 25 000. To je ujedno i jedino pedološko istraživanje koje zahvata općinu Žepče. Prema njemu, pedofizikalna svojstva tla u posljednjih 70 godina nisu se značajno promijenila.

U istraživanim tlima utvrđene su koncentracije Ni i Cr iznad maksimalno dopuštenih vrijednosti. Lončarić i sur., (2015.) navode kako se koncentracije Pb i Zn u tlu povećavaju uglavnom atmosferskom depozicijom, a Cd, As i Ni i značajnim utjecajem poljoprivrede odnosno gnojidbom, kondicioniranjem tala, aplikacijom pesticida i navodnjavanjem. Prirodnim fosfatima i od njih proizvedenih gnojiva u tlo se unose značajne ili zanemarive količine teških metala, ovisno o njihovom podrijetlu. Husejnović, i sur. (2017.) u svom radu o koncentraciji olova u dolini rijeke Spreče zaključili su da su tla u gornjim tokovima rijeke jako onečišćena dok je onečišćene u donjim tokovima umjerenije. Predlažu obustavljanje poljoprivredne proizvodnje dok se ne izvrše dodatna istraživanja. Bukalo i sur. su (2013.) započeli monitoring tala u Federaciji BiH te utvrdili da 10% ispitanih područja ima jako visok sadržaj teških metala.

U svom radu „Monitoring teških metala u tlu zeničke regije“ iz 2003. godine, dc. dr. Šefket Goletić navodi da su ekosistemi zeničke regije više desetljeća bili izloženi intenzivnom utjecaju teških metala, koji su emitirani iz metalurških postrojenja. Ova postrojenja proizvodila su oko 2 mil. t/g čelika i istovremeno su u atmosferu ispuštala 12 640 t/g prašine. Prašina je imala visok sadržaj teških metala. Goletić također navodi da iz prikazanih rezultata u tablici (Slika 4) uočava se da je sadržaj teških metala u tlu varirao u zavisnosti od položaja lokaliteta i njihove udaljenosti od izvora emisije i drugih ekoloških uvjeta. Najveći sadržaj teških metala, osim Cu, kao i ukupnog S, zabilježen je u tlu na lokalitetima bližim Željezari, koji su imali najveće opterećenje teškim metalima i drugim polutantima emitiranim iz metalurških i termoenergetskih postrojenja.

Centar za energiju i ekologiju Tuzle, 2015. godine napravio je istraživanje o „Prisustvu teških metala u zemljištu i lokalno proizvedenoj hrani u naseljima na području oko termoelektrane Tuzla“. Teške metale tražili su u zemljištu, sedimentu, biljnim i životinjskim

materijalima, vodi te u ljudskoj kosi. Analizom zemljišta došlo se do zaključka da Ni, Cr, Cd i As imaju povišene vrijednosti.

Fitoremedijacija je proces koji se temelji na sposobnosti zelenih biljaka da izluče i koncentriraju određene elemente u ekosistemu. Ovo je relativno nov proces čišćenja tla (primjena počela početkom 80-ih godina), no već je testiran na više od 200 lokacija diljem svijeta. Osim biljaka, organizmi koji sudjeluju u fitoremedijaciji su biljkama pridruženi mikrobi, te ponekad gljive.

Prednosti metode fitoremedijacije

- Trošak energije i posljedično ukupni financijski trošak fitoremedijacije je značajno niži od konvencionalnih procesa dekontaminacije.
- Biljke se mogu jednostavno nadgledati i pratiti promjene koncentracija otrovnih tvari.
- Postoji mogućnost "recikliranja" vrijednih metala iz pepela korištenih biljaka.
- Ovo je potencijalno najmanje štetna metoda jer koristi žive organizme (prirodu), a ne kemikalije pa ima najmanji utjecaj na okoliš.
- Biljni materijal koji je upio toksine se može obraditi: sušenjem i paljenjem.
- Krajnja količina proizvedenog toksičnog otpada nakon tretiranja je samo manji dio količine toksičnog otpada dobivenog korištenjem konvencionalnih metoda. (V. Mijat, 2014.)

Suvada Šaćiragić Borić i sur. su 2012. napravili istraživanje o „Ulozi biljaka pri sakupljanju otpada (teški metali) u procesu fitoremedijacije“. Zaključili su da sadržaj teških metala ovisi o vegetativnom dijelu biljke, istraživanom lokalitetu te o tipu tla i razini kontaminacije. Također su zaključili da maslačak pokazuje sposobnost dobre akumulacije i tolerancije na olovo.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja i utvrđenih rezultata može se zaključiti kako istraživana tla pokazuju ograničenja koja u velikoj mjeri određuju produktivnost tala za ratarsku proizvodnju na području općine Žepče. Stoga je potrebno provesti mjere agromelioracijskog uređenja kako bi se povećao proizvodni kapacitet ovih tala. Agromelioracijsko uređenje zemljišta općenito podrazumijeva skup agrotehničkih zahvata ili mjera u svrhu popravka lošijih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava s ciljem povećanja plodnosti i produktivnosti tla, a samim tim i povećanja pogodnosti tla za višenamjensko korištenje u poljoprivredi. Poboljšanje spomenutih svojstava moguće je postići melioracijskim zahvatima koji uključuju dubinsko rahljenje tla, gnojidbu organskim gnojivima odnosno humizaciju, kalcizaciju te meliorativnu gnojidbu fosforom i kalijem. Na pojedinim tlima potrebno je obaviti kalcizaciju uz obaveznu analizu tla za pojedine katastarske čestice kako bi se dobio uvid u reakciju tla te odredila optimalna doza vapna za kalcizaciju.

7. POPIS LITERATURE

1. Agencija za sigurnost hranu BiH, provjena rizika iz oblasti sigurnosti hrane, 2009. <http://www.msb.gov.ba/dokumenti/AB38734.pdf> 24.02.2019.
2. Bosna i Hercegovina-Republički zavod za statistiku, 1984., Socijalistička Republika Bosna i Hercegovina : osnovni pokazatelji razvoja, Sarajevo, 1984.
3. Bukalo i sur. (2013.): Monitoring tala u Federaciji BiH, 48. hrvatski i 8. međunarodni simpozij agronoma, Dubrovnik 2013. 65-69
4. Dunder L., Povijest poljoprivrede u općini Žepče, 01.05.2012. <http://www.opcina-zepce.com/index.php/news/poljoprivreda/14-o-opcini-zepce> 10.01.2019.
5. Dozić A., (Centar za energiju i ekologiju Tuzle): Prisustvo teških metala u zemljištu i lokalno proizvedenoj hrani u naseljima na području oko termoelektrane Tuzla, studeni 2015. <http://etnar.net/wp-content/uploads/2014/03/Prisustvo-teskih-metala-u-zemljistu.pdf>
6. Egner, H., H. Riehm, W.R. Domingo (1960.): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden II. Chemische Extraktionsmethoden zu Phosphor- und Kaliumbestimmung. K. Lantbr. Hogsk. Annlr. W.R. 26: 199-215
7. Food and Agriculture Organisation of United Nations (FAO) (2011.): Bosnia and Herzegovina, <http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=BIH> 25.02.2019.
8. Goletić Š., (2003.): Monitoring teških tala u tlu zeničke regije, 3. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "KVALITET 2003", Zenica 2003. 407-4012
9. Husnjak S., (2014.):Sistematika tala hrvatske, Hrvatska sveučilišna naknada, Zagreb 2014.
10. Janeković, Đ. (1971.): Pedološke karakteristike Slavonije i Baranje. Zbornik Radova Prvog znanstvenog sabora Slavonije i Baranje, 17-19. svibanj 1970.
11. JDPZ, (1967.): Metodika terenskog ispitivanja zemljišta i izrade pedoloških karata, Priručnik, Beograd
12. Liu, B., Raeth, T., Beuerle, T., Beerhues, L. (2010): A novel 4-hydroxycoumarin biosynthetic pathway, Plant Mol. Biol. 72, 17–25.
13. Lončarić, Z. (2014.): Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek 2014.

14. Lončarić, Z., Gross Bošković, A., Parađiković, N., Rozman, V., Kralik, Z., Baličević, R., Bursić, V., Miloš, S. (2015.): Utjecaj poljoprivrede na kakvoću hrane u pograničnome području. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek. 108.
15. Martinović, J. (2000.): Tla u Hrvatskoj : Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, 2000. Zagreb
16. Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine, Biljna proizvodnja, 05.02.2018., <http://www.mvteo.gov.ba/Content/Read/poljoprivreda-i-ruralni-razvoj-biljna-proizvodnja>, 22.2.2019.
17. Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine, Strateski plan ruralnog razvoja bosne i hercegovine, 2018., http://www.mvteo.gov.ba/data/Home/Dokumenti/Poljoprivreda/BOS_SPRR_2018-2021_-_korekcija.pdf, 23.02.2019.
18. Mijat V. (2014.): Fitoremedijacija: bilje spašava čovječanstvo, 30.06.2014. <https://www.agroklub.com/eko-proizvodnja/fitoremedijacija-bilje-spasava-covjecanstvo/14210/> 10.03.2019.
19. Naputak o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja“ izdatog 22. ožujka 1999. godine u Sarajevu (Narodne novine Federacije BiH, Broj 08-24-480-1/99)
20. Popović B., Lončarić Z., Pandurić, N., Karalić, K., Ragalyi, P., Csatho, P., Engler, M., Rastija, D., (2009.): Comparison of AL and AA-EDTA soil-P tests, Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Herman Otto ut 15, Hungary.
21. Razvojna agencija Žepče (RAŽ), Opći podaci o poljoprivrede o poljoprivredi općine, veljača 2017., <https://www.razepce.com/wp-content/uploads/2018/04/POLJOPRIVREDA-%C5%BDep%C4%8De-2018.pdf> 10.01.2019.
22. Radić Lakoš, Radačić, (2010.): Upotreba hiperakumulatora teških metala u remedijaciji onečišćenog tla, Fakultet za privrednu i tehničku logistiku Travnik, 2010. 335-342
23. Soil Survey Staff, (1951.) U.S. Dept. Agriculture Handbook No 18.
24. Šaćiragić Borić, (2012): Uloga biljaka u „sakupljanju otpada“ u procesu fitoremedijacije, Naučno-stručni skup sa međunarodnim sudjelovanjem

- “Upravljanje animalnim otpadom i održivi razvoj” Sarajevo, 26. strpanj 2011., 139-153
25. Šljivić Husejnović, i sur. (2017.): Sadržaj olova i ekotoksikološka procjena rizika poljoprivrednog tla u dolini rijeke Spreče, Četvrti naučno stručni simpozij „Poljoprivredna proizvodnja i zaštita okoliša u funkciji razvoja ruralnih područja“, Tuzla 2017.
 26. Škorić, A. (1982.): Pedologija (Svojstva i geneza tla). Interna skripta Sveučilište Zagreb, Zagreb 1982.
 27. Škorić, A., 1965: Pedološki praktikum (Pedology guide), Zagreb, 1965, pp. 18–23
 28. Škorić, A. (1992.): Priručnik za pedološka istraživanja. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti – Zagreb, Zagreb.
 29. Vrlec i sur. (1975.): Pedološka karta Jugoslavije, tla sekcije Zenica, Zavod za agropedologiju Sarajevo, 1975.
 30. Vukadinović, V., Bertić Blaženka (1989.): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 126 str.
 31. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
 32. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. 442.

8. SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi pogodnost tala za ratarsku proizvodnju na području općine Žepče, potrebne mjere popravka i gnojidbe te utjecaj kemijskih svojstava tla na raspoloživost teških metala u tlu. Analizirano je 12 uzoraka sa 2 različita lokaliteta. 6 uzoraka uzeto je sa brežuljkasto brdovitog krajolika, a drugih 6 uzoraka uzeto je iz doline rijeke Bosne. Provedena su terenska i laboratorijska istraživanja sa osnovnim kemijskim te pedofizikalnim analizama tla. Utvrđeno je da u istraživanim uzorcima na području općine Žepče imamo nizak sadržaj organske tvari te da je prosječna pH reakcija tla neutralna. Također je utvrđeno da su sva tla bezkarbonatna ili slabo karbonatna, a razina fosfora i kalija je niska do umjerena. Analizom pedofizikalnih svojstava tla utvrđeno je da tlo čine ilovača te praškasta ilovača. Zabilježene su značajno povišene koncentracije nikla i kroma, dok su ostali teški metali unutar dopuštenih granica.

Ključne riječi: Žepče, tlo, pH reakcija tla, raspoloživi fosfor, raspoloživi kalij, teški metali

9. SUMMARY

The aim of this study was to determine soil suitability for field production in the area of Žepče. Also, necessary repairs and fertilization measures and furthermore, the influence of the chemical properties of the soil on the availability of heavy metals. 12 samples were analyzed, taken on 2 different locations. Six samples were taken from a hilly landscape, and the other 6 samples were taken from the valley of the Bosna River. Field and laboratory studies were conducted with basic chemical and pedophysical soil analyzes.

It was determined in taken samples that there is a low content of organic matter and that the average pH of soil reaction is neutral. It has also been found that all soil is non-carbonated or poorly carbonated, and phosphorus and potassium levels are low to moderate. By analyzing the pedophysical properties of the soil it has been established that the soil is made of loam and powdery loam. Significantly higher concentrations of nickel and chromium were observed, while other heavy metals were within the limits allowed.

Key words: Žepče, Soil, pH reaction, Available Phosphorus, Available Potassium, Heavy Metals

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Laboratorijske analize teških metala.....	8
Tablica 2. Granične vrijednosti teških metala u ukupnom obliku (Narodne novine Federacije BiH, Broj 08-24-480-1/99).....	9
Tablica 3. Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu (Škorić, 1982.).....	12
Tablica 4. Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu (Škorić, 1982.).....	12
Tablica 5. Granične vrijednosti sadržaja karbonata u tlu (Škorić, 1982.).....	13
Tablica 6. Tablica 6. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom i kalijem.....	14
Tablica 7. Srednje vrijednosti pH prema istraživanim lokalitetima (dolina rijeke te brdsko brežuljkasti krajolik).....	20
Tablica 8. Postotak i ocjena humoznosti na istraživanim lokalitetima.....	21
Tablica 9. Sadržaj karbonata u istraživanim uzorcima i hidrolitička kiselost.....	22
Tablica 10. Koncentracije pristupačnog fosfora i kalija u istraživanim uzorcima.....	24
Tablica 11. Koncentracije teških metala na istraživanim lokalitetima.....	26
Tablica 12. Tekstura tla oraničnih horizonata.....	30
Tablica 13. Tablica 13. Minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti teksture tla.....	31
Tablica 14. Vrste ograničenja s intenzitetima i kriterijima, korištenim u procjeni pogodnosti tala.....	33
Tablica 15. Sadašnja i potencijalna pogodnost tla te ograničenja za ratarsku proizvodnju uz potrebne mjere uređenja zemljišta.....	34

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz zonalnosti poljoprivredne proizvodnje općine Žepče (Poljoprivredni zavod općine Žepče, 2012.).....	1
Slika 2. Pedološka karta dijela općine Žepče (Pedološke karte BiH tla, sekcija Zenica- Zavod za agropedologiju Sarajevo 1975.).....	4
Slika 3. Uvećani prikaz slike 2. sa naglaskom na istraživano područje (Pedološke karte BiH tla, sekcija Zenica- Zavod za agropedologiju Sarajevo 1975.).....	5
Slika 4. Sadržaj teških metala i sumpora u tlu zeničke regije.....	8
Slika 5. Teksturni trokut (Soil Survey Staff, 1951.).....	18
Slika 6. PH reakcija tla u Bosni i hercegovini (FAO, 2011.)	33

12.POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Ukupno poljoprivredno zemljište općine Žepče (Raž , 2017.).....	2
Grafikon 2. Aktualna (pH H ₂ O) i supstitucijska kiselost (pH KCl) istraživanih uzoraka....	19
Grafikon 3. Zastupljenost uzoraka prema supstitucijskoj kiselosti tla.....	20
Grafikon 4.Zastupljenost uzoraka prema klasama humoznosti tla.....	22
Grafikon 5. Postotni udio uzoraka prema karbonatnosti.....	23
Grafikon 6. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom.....	25
Grafikon 7. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim kalijem.....	26
Grafikon 8.Koncentracije bakra na nasumično izabranim lokalitetima sa graničnom vrijednošću.....	27
Grafikon 9. Koncentracije cinka na nasumično izabranim lokalitetima sa graničnom vrijednošću.....	28
Grafikon 10. Koncentracije nikla na nasumično izabranim lokalitetima sa graničnom vrijednošću.....	29
Grafikon 11. Koncentracije kroma na nasumično izabranim lokalitetima sa graničnom vrijednošću.....	29
Grafikon 12. Koncentracije kadmija na nasumično izabranim lokalitetima sa graničnom vrijednošću.....	30
Grafikon 13. Teksturane oznake oraničnih horizonata istraživanih tala.....	32

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, Biljna proizvodnja

Diplomski rad

Procjena pogodnosti tala za ratarsku proizvodnju na području općine Žepče Nikica Grubešić

Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi pogodnost tala za ratarsku proizvodnju na području općine Žepče, potrebne mjere popravka i gnojidbe te utjecaj kemijskih svojstava tla na raspoloživost teških metala u tlu. Analizirano je 12 uzoraka sa 2 različita lokaliteta. 6 uzoraka uzeto je sa brežuljkasto brdovitog krajolika, a drugih 6 uzoraka uzeto je iz doline rijeke Bosne. Provedena su terenska i laboratorijska istraživanja sa osnovnim kemijskim te pedofizikalnim analizama tla. Utvrđeno je da u istraživanim uzorcima na području općine Žepče imamo nizak sadržaj organske tvari te da je prosječna pH reakcija tla neutralna. Također je utvrđeno da su sva tla bezkarbonatna ili slabo karbonatna, a razina fosfora i kalija je niska do umjerena. Analizom pedofizikalnih svojstava tla utvrđeno je da tlo čine ilovača te praškasta ilovača. Zabilježene su značajno povišene koncentracije nikla i kroma, dok su ostali teški metali unutar dopuštenih granica.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: prof. dr.sc. Domagoj Rastija

Broj stranica: 49

Broj grafikona i slika: 19

Broj tablica: 15

Broj literaturnih navoda: 32

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: Žepče, tlo, pH reakcija tla, raspoloživi fosfor, raspoloživi kalij, teški metali

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

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

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Graduate Studies, Plant production

Graduate thesis

Evaluation of soil convenience for agricultural production in the area of Žepče

Nikica Grubešić

Abstract

The aim of this study was to determine soil suitability for field production in the area of Žepče. Also, necessary repairs and fertilization measures and furthermore, the influence of the chemical properties of the soil on the availability of heavy metals. 12 samples were analyzed, taken on 2 different locations. Six samples were taken from a hilly landscape, and the other 6 samples were taken from the valley of the Bosna River. Field and laboratory studies were conducted with basic chemical and pedophysical soil analyzes. It was determined in taken samples that there is a low content of organic matter and that the average pH of soil reaction is neutral. It has also been found that all soil is non-carbonated or poorly carbonated, and phosphorus and potassium levels are low to moderate. By analyzing the pedophysical properties of the soil it has been established that the soil is made of loam and powdery loam. Significantly higher concentrations of nickel and chromium were observed, while other heavy metals were within the limits allowed.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Domagoj Rastija

Number of pages:49

Number of figures:19

Number of tables:15

Number of references:32

Number of appendices:0

Original in: Croatian

Key words: : Žepče, Soil, pH reaction, Available Phosphorus, Available Potassium, Heavy Metals

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. PhD Vladimir Zebec, president
2. PhD Domagoj Rastija, mentor
3. PhD. Mirta Rastija, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.