

AGROEKOTEH

„Optimizacija gospodarenja tlom i prilagodba
agroekosustava i agrotehničkih mjera klimatskim promjenama“

ELABORAT



AGROEKOTEH

„Optimizacija gospodarenja tlom prilagodbom agroekosustava i agrotehničkih mjera klimatskim promjenama“

SPECIFIČNI CILJ 1:

Praćenje stanja plodnosti tla i usporedbu agrokemijskih pokazatelja za period 2005-2020. i 2006.-2021.

SPECIFIČNI CILJ 2.:

Trajno praćenje fizikalnih i kemijskih procesa u tlu na postojećim monitoring postajama nakon ciklusa od 9 godina. :

SPECIFIČNI CILJ 3:

Ispitivanja agronomske učinkovitosti agrotehničkih mjera prilagodbe i optimizacije organske i mineralne gnojidbe i navodnjavanja

SPECIFIČNI CILJ 4:

Istraživanje utjecaja agrotehničkih mjera na obogaćivanje tla organskom tvari (humusom).

Članovi tima:

Hrvoje Hefer, mag.ing. – voditelj projekta
prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, istraživač
prof. dr. sc. Domagoj Rastija, istraživač
dr.sc. Daniel Rašić, dipl.ing – istraživač
Milena Andrišić, dipl.ing – istraživač

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj.

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu i Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.



Sadržaj

Uvod	1
Provedba.....	3
1. Praćenje stanja plodnosti tla i usporedba agrokemijskih pokazatelja za period 2005-2020. i 2006.-2021.	3
1.1. Reakcija tla (pH _{KCl}).....	11
1.2. Sadržaj humusa	13
1.2.1. Utjecaj sadržaja humusa u tlu na razinu pristupačnog fosfora.....	13
1.2.2. Utjecaj sadržaja humusa u tlu na razinu pristupačnog kalija	14
1.2.3. Promjene sadržaja humusa na oranicama i trajnim nasadima	16
1.3. Fosfor.....	18
1.4. Kalij	19
2. Trajno praćenje fizikalnih i kemijskih procesa u tlu na postojećim monitoring postajama nakon ciklusa od 9 godina.....	22
2.1. Trajno praćenje fizikalnih i kemijskih procesa u tlu na postojećim monitoring postajama nakon ciklusa od 9 godina	23
2.2. Tla istraživanog područja	25
2.2.1. Černozem na lesu	25
2.2.2. Černozem na lesu, izluženi, duboki	26
2.2.3. Černozem na lesu, plitki	27
2.2.4. Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo	28
2.2.5. Fluvijalno livadsko tlo.....	29
2.3. Osnovne klimatske značajke istraživanog područja	30
2.4. Rad u laboratoriju, rezultati i komentari analiza	44
3. Ispitivanja agronomske učinkovitosti agrotehničkih mjera prilagodbe i optimizacije organske i mineralne gnojidbe i navodnjavanja	55
3.1. Istraživanje učinkovitosti organo-mineralne gnojidbe (poljski pokusi)	55
3.1.1. Učinkovitost organo-mineralne gnojidbe u uzgoju suncokreta.....	55
3.1.2. Učinkovitost organo-mineralne gnojidbe u uzgoju kukuruza.....	58
3.2. Istraživanje učinkovitosti kalcizacije (pokusi u kontroliranim uvjetima)....	61
3.2.1. Utjecaj kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu kukuruza šećerca61	
3.2.2. Utjecaj kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu krastavca.....	63
3.2.3. Utjecaj kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu rotkvice.....	64
3.3. Prilagodba klimatskim promjenama optimizacijom gnojidbe fosforom	68
3.3.1. Osnovni principi optimizacije gnojidbe fosforom	68
3.3.2. Degradacija raspoloživosti fosfora u tlima u Hrvatskoj	70
3.3.3. Praktične preporuke u gnojidbi fosforom	73

3.4. Prilagodba klimatskim promjenama neutralizacijom suvišne kiselosti tla	74
3.4.1. Praktične posljedice ekstremnih (neodgovarajućih) pH vrijednosti tla	74
3.4.2. Kada je tlo prekiselo za uzgoj usjeva?	74
3.4.3. Kiselost tala u Hrvatskoj i razlozi suvišne kiselosti tala	75
3.4.4. Sredstva za kalcizaciju	76
3.4.6. Izračunavanje potrebe u kalcizaciji	77
3.4.7. Učinak kalcizacije	78
3.4.8. Praktične preporuke u gospodarenju kiselim tlima	79
3.5. Analiza klimatskih podataka lokaliteta provedbe pokusa na pokušalištu Tenja	80
3.6. Istraživanje potrebe navodnjavanja u kontroliranim uvjetima	88
4. Istraživanje utjecaja agrotehničkih mjera na obogaćivanje tla organskom tvari (humusom)	95
4.1. Prilagodba klimatskim promjenama povećanjem humoznosti tala	95
4.1.1. Humus i plodnost tala	95
4.1.2. Degradacija humoznosti tala u Hrvatskoj	96
4.1.3. Prilagodba klimatskim promjenama optimizacijom gnojidbe dušikom	96
4.1.4. Plan gnojidbe dušikom	100
4.1.5. Smanjenje upotrebe mineralnih dušičnih gnojiva	101
4.1.6. Praktične preporuke u gnojidbi dušikom	102
4.2. Istraživanje učinkovitosti humizacije (pokusi u kontroliranim uvjetima)	103
4.2.1. Utjecaj humizacije kompostom i kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu kukuruza šećerca	103
4.2.2. Utjecaj humizacije vermikompostom i kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu krastavca	104
4.2.3. Utjecaj humizacije kompostom i kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu rotkvice	106
4.2.4. Utjecaj humizacije i kalcizacije na raspoloživost mikroelemenata u tlu	108
5. Zaključak	112
6. Literatura:	114

UVOD

Poljoprivreda je stoljećima u Republici Hrvatskoj bila glavna djelatnost. Ona je zahvaljujući raznolikosti klime, reljefa i tala, vrlo raznovrsna. Nekada je Republika Hrvatska imala 3,15 milijuna ha poljoprivrednog zemljišta, a u 2018. godini, prema podacima Državnog zavoda za statistiku, 1.485.645 hektara intenzivno korištenih poljoprivrednih površina od čega su 54% sačinjavale oranice, 41% trajni travnjaci (livade i pašnjaci), po 4,1% voćnjaci, vinogradi i maslinici. Poljoprivreda je vrlo ranjiva na klimatske promjene. Intenzitet fizikalnih, kemijskih i bioloških procesa koji se odvijaju u tlu, biljkama i domaćim životinjama, uvelike su određeni raspoloživom vodom i temperaturom. Kad je riječ o vodi, na poljoprivredu negativno djeluju i suša i velika količina oborina (koja nerijetko uzrokuje poplave). Manjak vlage u tlu otežava ili posve sprječava nicanje zasijanih poljoprivrednih kultura, odnosno u kasnijim fenološkim fazama, njihov razvoj i dozrijevanje. Prema nekim predviđanjima poljoprivreda je sektor koji će pretrpjeti najveće štete od posljedica klimatskih promjena. Očekuje se da će se zbog klimatskih promjena do 2050. godine prinos trenutnih poljoprivrednih kultura u Republici Hrvatskoj smanjiti za 3 – 8 %. Sve dulja i češća sušna razdoblja, kao i sve veća ugroženost poljoprivrednih kultura od toplinskog stresa tijekom posljednjih desetljeća jasan su signal, prije svega ratarima, voćarima, maslinarima i vinogradarima, da počnu s provedbom mjera prilagodbe klimatskim promjenama. Postojeća istraživanja ukazuju na učestali manjak vode u hrvatskim poljoprivrednim tlima, a klimatski modeli ukazuju da će ovaj problem u budućnosti postati još izraženiji. Određene poljoprivredne površine karakterizira slaba propusnost za vodu zbog zbijenosti tla. Pri obilnijim oborinama na ovakvim tlima dolazi do saturacije vodom, stagnacije vode, površinskog otjecanja i erozije, što izravno degradira plodnost tla i razvoj poljoprivrednih kultura.

Prijetnje prema tlu, predstavljaju se odvojeno, ali su međusobno povezane. Kada više prijetnji djeluje istovremeno, njihov učinak se povećava. Za svaku prijetnju mjere se određeni specifični parametri tla:

1. smanjenje organske tvari i biološke raznolikosti – sadržaj ukupnog ugljika, sadržaj ukupnog dušika, sadržaj organskog ugljika, C:N odnos, volumna gustoća tla, mikrobiološki parametri
2. erozija tla – volumna gustoća tla, gustoća čvrste faze, ukupna poroznost, propusnost tla za vodu, sadržaj ukupnog i organskog ugljika
3. onečišćenje tla – ukupan i pristupačan sadržaj teških metala i potencijalno toksičnih elemenata – Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Zn, te postojanih organskih onečišćenja – ukupnih ugljikovodika, PAH, PCB, triazinskih herbicida i organoklornih pesticida
4. zbijenost tla – volumna gustoća tla, gustoća čvrste faze, mehanički sastav, kapacitet tla za zrak, kapacitet tla za vodu, struktura, propusnost tla za vodu, sadržaj ukupnog ugljika, mjerenje otpora tla
5. zaslanjivanje tla – pH, EC, sadržaj soli, kationski izmjenjivački kompleks, zamjenjivi kationi, propusnost tla za vodu, vodržnost – pF, kapacitet tla za vodu, kemijski sastav procjedne vode, sadržaj ukupnog ugljika,
6. klizišta – mehanički sastav, struktura, propusnost tla za vodu.

U nacrtu Strategije prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu među mjerama prilagodbe za smanjenje visoke ranjivosti su:

- povećanje prihvatnog kapaciteta tla za vodu na poljoprivrednom zemljištu
- konverzijska obrada tla

Imajući u vidu da je suša (koja je uvelike potencirana smanjenjem prihvatnog kapaciteta tla za vodu) daleko najveći problem za hrvatsku poljoprivredu, je izuzetno važno poticati sve mjere koje doprinose povećanju sadržaja humusa u tlu.

Većina poljoprivrednih tala, uključujući i ona najplodnija – u Slavoniji – izložena su degradaciji humoznosti, vrlo često i uz nizak sadržaj humusa (prosjek za Osječko-baranjsku županiju je 1.97 %, što je više nego li dvostruko manje u odnosu na prije 50-tak godina). Humus, osim što je izvor biljnih hranjiva, „nositelj“ je apsorpcijske i puferne sposobnosti tla, neophodan za optimalne vodozračne odnose i sve mikrobiološke aktivnosti. Ovisno o vrsti, 1 kg humusa može pohraniti 3-10 litara vode. Agrotehničke mjere koje izgrađuju humus jesu redovita primjena kvalitetnih (zrelih i stabilnih) stajskih gnojiva, komposta i ostalih organskih gnojiva, primjena zelene gnojidbe, uzgoj višegodišnjih leguminoza, uvođenje postrnih usjeva u plodored i dr. Istraživanja kojima se uspoređuju konvencionalni i ostali (alternativni) vidovi održive poljoprivrede (ekološka poljoprivreda, integrirani održivi sustavi proizvodnje i sl.), pokazuju da je primjenom odgovarajuće agrotehlike moguće povećati sadržaj humusa u tlu i održati rastresitost tla i stabilnost strukturnih agregata sa značajnim učinkom na optimizaciju gospodarenja vodom i očuvanja plodnosti tla. Ovakvi pristupi, ugrađeni u sustavnu edukaciju i programe razvoja, zahtijevaju velike dodatne troškove i razmjeno jednostavno se usvajaju, pa bi ih bilo važno promovirati u savjetovanju, a u optimalnoj varijanti i dodatno subvencionirati. Vrlo je značajan i optimalan izbor vrste usjeva, i kultura kao važna mjera prilagodbe na klimatske promjene. Navedene mjere zahtijevaju progres u planiranju poljoprivredne proizvodnje i razvoj osviještenosti o izazovima koje klimatske promjene donose. No, one se istovremeno i naslanjaju na principe očuvanja ruralnog prostora i ruralnog razvoja i mogu poslužiti u ublažavanju ranjivosti poljoprivrede, naročito malih poljoprivrednih gospodarstava koja su izuzetno ranjiva na klimatske promjene.

Na koji način povećati prilagodljivost i smanjiti ranjivost hrvatske poljoprivrede vezano uz utjecaj klimatskih promjena na plodnost i kvalitetu tla, vrlo je težak i kompleksan zadatak, a istraživači HAPIH-a i FAZOS-a kroz provedbu nekoliko specifičnih ciljeva donijet će zaključke i prijedloge agro-tehničkih mjera te koje će omogućiti jačanje kapaciteta za prilagodbu na području Istočno panonske i Središnje panonske podregije te pozitivno utjecati na minimaliziranje šteta u poljoprivredi uvjetovanih klimatskim promjenama i povećanje elastičnosti agroekosustava, tj. sposobnosti oporavka od negativnih učinaka klimatskih promjena. S druge strane klimatske promjene moramo gledati i kao izazov za iskorištavanje potencijalno pozitivnih utjecaja.

PROVEDBA

Specifični cilj 1.

1. PRAĆENJE STANJA PLODNOSTI TLA I USPOREDBA AGROKEMIJSKIH POKAZATELJA ZA PERIOD 2005-2020. I 2006.-2021.

Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu - Centar za tlo provodi aktivnosti zaštite poljoprivrednog zemljišta kao strateškog resursa i značajne sastavnice okoliša, sukladno Zakonu o poljoprivrednom zemljištu (NN [20/18](#), [115/18](#), [98/19](#), [57/22](#)) i Pravilniku o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta (NN br. 47/19). Zakonom o poljoprivrednom zemljištu propisano je: a) trajno praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta (monitoring); b) praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta (ispitivanje plodnosti tla) i c) razvoj informacijskog sustava za zaštitu poljoprivrednog zemljišta koji će omogućiti povezivanje svih podataka o tlu. Informacijski će sustav osim podataka koji se prate kroz monitoring tla i ispitivanje plodnosti tla sadržavati i sve druge podatke koji proizlaze iz projekata koje provode različite znanstvene i stručne institucije i drugi dionici.

Klimatske promjene su jedan od značajnijih izazova današnje poljoprivredne proizvodnje. Količinaa stakleničkih plinova u atmosferi je sve veća zbog tehnološkog razvoja, globalne sve veće proizvodnje koja proizlazi iz gospodarskih djelatnosti.



Slika 1.1: Tlo, zemljište i klimatske promjene

Gospodarske djelatnosti proizvode sve veće količine stakleničkih plinova, odnosno količine značajno veće od prirodnog ciklusa, što dovodi do povećanja koncentracije ugljika u atmosferi. Ukupna količina ugljika u tlu mnogostruko je veća od količine ugljika u nadzemnoj biomasi. Tlo kao rezervar ugljika ima značajnu ulogu u klimatskim promjenama te može značajno smanjiti količine ugljika u atmosferi.

Tlo je najznačajniji resurs poljoprivredne proizvodnje koji se sastoji od krute, tekuće i plinovite faze. Informacije o kličinama hraniva u tlu kao i karakteristikama tla mogu utjecati na povećanje prinosa poljoprivrednih kultura, smanjenje ekološkog opterećenja uporabom smanjenih količina mineralnog gnojiva te zaštititi tla od onečišćenja. Potrebno je dobro poznavati kvalitetu tla kao jednu vrijednost te na osnovu toga utvrditi nedostatke u sustavu upravljanja i korištenja tla. Korištenje tla mora se sagledati kroz više aspekata i multidisciplinarni pristup sa ciljem očuvanja funkcija tla kao najznačajnijeg resursa za proizvodnju hrane.

Klimatske promjene sagledavamo kao problem koji nam se javlja sada i koji će imati značajan utjecaj u budućnosti na poljoprivrednu proizvodnju i osiguravanje hrane za svjetsko stanovništvo. Klimatske promjene značajno utječu na prinose poljoprivrednih kultura te mogućnosti adaptacije biljnih vrsta na nove agroekološke uvjete proizvodnje. Za rast i razvoj biljnih vrsta osim raspoloživih hraniva u tlu, značajn utjecaj imaju fizikalna i biološka svojstva tla, vlaga u tlu, količina vode u tlu, temperatura tla i atmosfere, pojava kasnih mrazeva, insolacija, raspored oborina u godini kao i količina oborina. Stručnim pristupom u gospodarenju poljoprivrednim zemljištem kroz pravovremenu i optimalnu obradu tla, balansiranu gnojidbu te navodnjavanjem s točnim obrocima može se presudno utjecati na kvalitetu i kvantitetu prinosa biljnih vrsta kao i na emisiju CO₂ iz tla te optimalan C/N odnos u tlu.

Jedan od primarnih zadataka HAPIH- Centra za tlo je inventarizacija tala RH, korištenjem podataka ispitivanja plodnosti tlate izrada predikcijskih karata pogodnosti tala za poljoprivrednu proizvodnju. Kontrola plodnosti tla rješava probleme poljoprivredne proizvodnje te zaštite okoliša kroz ostvarenje viših i stabilnijih prinosa. Osim toga pridonosi i balansiranju hraniva u tlu, uklanjanju limitirajućih čimbenika poljoprivredne proizvodnje, popravcima tla kroz fizikalno-kemijska i biološka svojstva tla, smanjenjenju rizika od zagađenja tla i voda, optimalnoj upotrebi mineralnih gnojiva te većoj upotrebi organskih gnojiva što u konačnici dovodi do ekonomičnije i racionalnije poljoprivredne proizvodnje.

Ispitivanje plodnosti tla sastoji se od većeg broja postupaka: uzorkovanja tla, označavanja lokacija uzoraka tla (prostorna referenca), laboratorijskih analiza te interpretacije rezultata.

Za potrebe provedbe specifičnog cilja 1. uzorkovanje tla provedeno je od strane Centara za tlo. Metodologija uzorkovanja određena je na osnovu veličine proizvodno-tehnološke parcele. Uzimanja uzoraka tla s pojedinih tehnoloških cjelina (proizvodnih parcela) uzorkivači su odredili metodologiju ovisno o njenom obliku, homogenosti, površini i načinu korištenja. Na tehnološkim cjelinama površine do 10 ha uzorkovanje je vršeno metodom slučajnog rasporeda, a 1 prosječni uzorak je nastao objedinjavanjem i ujednačavanjem svih 25 poduzoraka.

Ako je masa svih poduzoraka veća od potrebne smanjuje se četvrtanjem. Prostorna referenca odnosno geografska pozicija utvrđena je u središtu parcele učitavanjem koordinata s GPS uređajem Garmin uz horizontalnu preciznost do 3 m.



Slika 1.2: Uzorkovanje tla



Slika 1.3: GPS uređaj

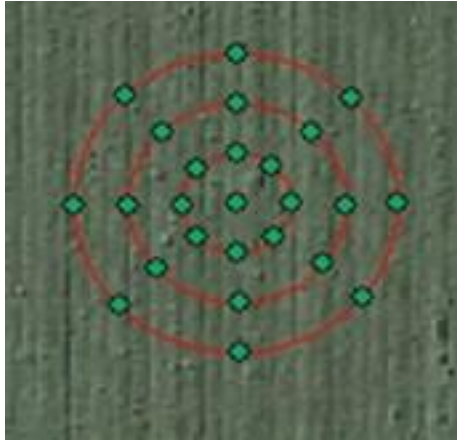


Slika 1.4: Metoda uzorkovanja tla



Slika 1.5: Četvrtanje uzorka tla

Poljoprivredna proizvodnja zasniva se na velikim poljoprivrednim površinama. Površine se kreću od 10 do 150 ha, a poljoprivredna mehanizacija prilagođena je radu u takvim sustavima. Za uzorkovanje tla na takvim proizvodnim parcelama koje su površinom veće od 10 hektara korištena je metoda referentnog uzorka ili kontrolnih ploha. Na homogenim površinama prema zadanoj shemi uzorkovan je 1 prosječan uzorak na 10 ha, a njihov broj na cjelokupnoj parceli ovisi o njejoj veličini. U središtu kruga označena je koordinata GPS uređajem. Na taj način dobivena je referentna točka sa svrhom uspostave kontinuiranog praćenja poljoprivrednih površina.



Slika 1.6: Uzorkovanje tla kontrolna ploha



Slika 1.7: Prikaz kontrolnih ploha na parceli



Slika 1.8: Prikaz kontrolnih ploha na parceli



Slika 1.9: Prikaz alata za uzorkovanje tla

Uzorkovanje na terenu prati „Obrazac o uzorku tla“, koji sadrži podatke o predusjevu, usjevu, očekivanom prinosu, gnojidbi i poduzetim agrotehničkim mjerama. Obrazac sadrži sve informacije o proizvodno-tehnološkoj cjelini unazad pet godina. Na terenu se prvo popunjava obrazac, označava vrećica, kartica, a zatim se locira parcela na GPS uređaju, skicira se plan uzorkovanja te navede sve specifičnosti proizvodne površine (depresije, uzvisine, kanali, odlagalište stajnjaka, odlagališta karbokalka, itd.). Obrazac prati uzorke tla i prilikom ulaska u laboratorij.

BROJ UZORKA			
Lokalna samouprava (općina):		Županija:	
1) MIBPG:			
2) Prezime i ime:			
3) Mjesto i pošt. broj.:			
4) Ulica i broj:			
5) Oznaka čestice (ID arkad):		6) Površina parcele (ha):	
7) Koordinate parcele (decim.): N _____ ° E _____ °			
8) Planirani usjev:		9) Planirani prinos (t/ha):	
10) Starost nasada god. _____	Broj stabala, čokota/ha _____	Način uzgoja novog nasada: Klasični (zaokružiti) plantažni	
11) Predusjev i prinos predusjeva:	Predusjev: _____	0) Izrazito niza k 1) Ispod očekivanja 2) Očekivan	3) Visok 4) Vrlo visok
12) Žetveni ostaci:	0) zaorano: _____ (t/ha)	1) o dnešeno	2)
13) Organska gnojidba (t/ha):	spaljeno		
14) Vrsta organskog gnoja:			
15) Godina primjene org. gnoja:	prva	druga	treća četvrta
16) Ekspozicija i nagib: (procjena uzorkivača)	0) bez nagiba 1) <5%, pretežno južno 2) <5%, istok ili zapad 3) <5%, pretežno sjeverno 4) 5-10%, pretežno južno	5) 5-10%, istok ili zapad 6) 5-10%, pretežno sjeverno 7) >10%, pretežno južno 8) >10%, istok ili zapad 9) >10%; pretežno sjeverno	
17) Navodnjavanje:	0) suho ratarenje pojava suše	1) prema proračunu	2) Samo kod pojave suše
18) Uređenost zemljišta (procjena vlasnika parcele)	<u>Neuređeno:</u> 0) nikad ne leži voda <u>Otvorena kanaska mreža:</u> 3) nikad ne leži voda <u>Drenaža:</u> 6) nikad ne leži voda		
	1) ponekad leži voda	2) često leži voda	
	4) ponekad leži voda	5) često leži voda	
	7) ponekad leži voda	8) često leži voda	
19) Biogenost tla (procjena)	<u>Razgradnja žetvenih ostataka:</u> 0) dobra 1) osrednja 2) loša		
20) Tekstura tla (procjena uzork., Feel test)	0) Lako pjeskovito 1) Lako ilovasto 2) ilovasto	3) Glinasta ilovača 4) Srednje teška glina 5) Vrlo teška glina	
21) Agrotehnika: (procjena vlasnika parcele)	0) Osnovna gnojidba i duboka obrada (>=30 cm) 1) Osnovna gnojidba i srednje duboka obrada (20-30 cm) 2) Osnovna gnojidba i oranje plitko (<=20 cm) 3) Osnovna gnojidba i proljetno oranje 4) Osnovna gnojidba i tanjuranje 5) "No till" i direktna sjetva: (a. NPK b. gnojidba N)		
22) Zaštita: (procjena vlasnika parcele)	0) Bez kemijskih sredstava 1) Integrovalna (ako treba i kemijska) 2) Kemijska - samo kurativna 3) Kemijska - preventivna i kurativna		
23) Osnovna gnojidba: (procjena vlasnika parcele)	0) prema preporuci	1) reducirana	2) samo N

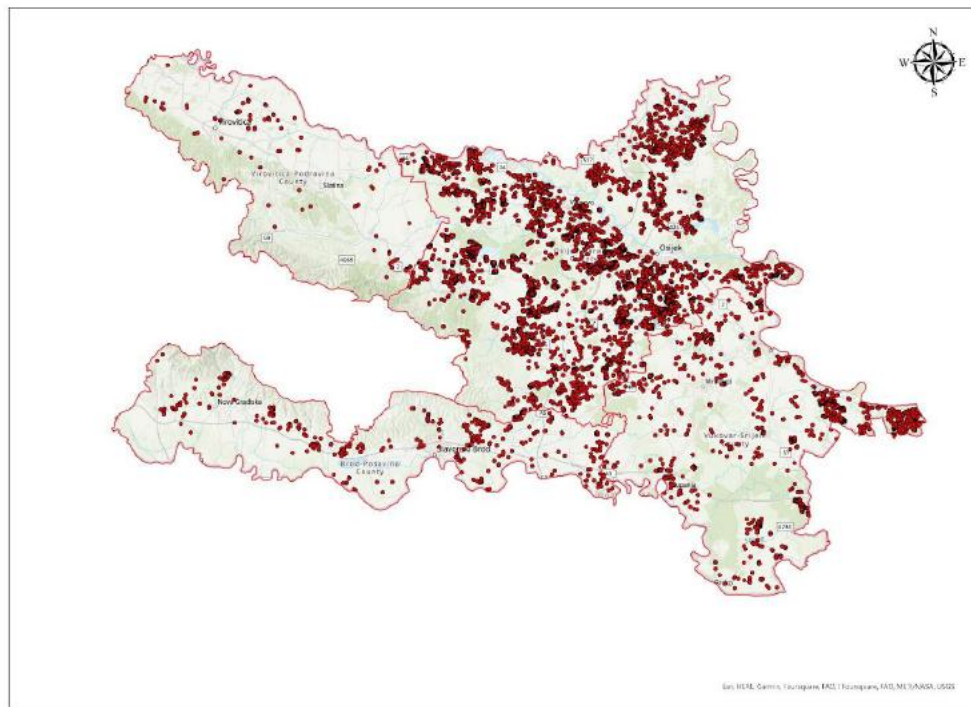
Slika 1.10: Obrazac o uzorku tla

Uzorci tla dostavljeni laboratoriju Centra za tlo, pripremljeni su standardnim procedurama. Uzorci tla prvo su očišćeni zatim stavljeni na sušenje u elektronički sušionik na 40 °C te nakon sušenja usitnjeni u mlinu te prosijani na situ otvora 2 mm. Pripremljeni uzorci tla analizirani su na laboratorijske analize:

- 1.) aktualna reakcija tla (pH-H₂O), prema HRN ISO 10390:2005;
- 2.) izmjenjiva reakcija tla (pH-KCl), prema HRN ISO 10390:2005;
- 3.) sadržaj karbonata (CaCO₃), prema ISO 10693:1995;
- 4.) sadržaj biljkama raspoloživog fosfora (P₂O₅) i kalija (K₂O) AL-metodom po EgnerRiehm-Domingu (Egner i sur., 1960.);
- 5.) sadržaj humusa, bikromatnom metodom;
- 6.) hidrolitička kiselost, modificiranom metodom po Kappenu;
- 7.) procjena mehaničkog sastava tla;

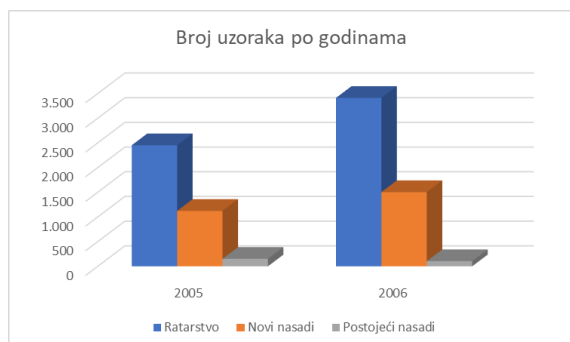
Provedeno istraživanje uključivalo je uredski rad i odabir 1.000 uzoraka tla koji su odabrani na osnovu optimalnog prostornog rasporeda, a kao podloga poslužili su podaci ispitivanja plodnosti tla provedeni 2005. i 2006. godine. Istraživanje se provelo na poljoprivrednim površinama koje su uzorkovane od strane Centra za tlo 2005. i 2006. godine gdje je uzorak

tla označenom GPS kordinatom, sa vremenskim odmakom od 15 godina. Uzorci tla u ovom projektu uzeti sa dubine od 0 do 30 cm. Projekt se provodio sa zainteresiranim korisnicima na način da su korisnici u suradnji sa lokalnom samoupravom, odrađivali prvi kontakt, a zatim je lokalna samouprava kontaktirala i organizirala korisnike prema Centru za tlo koji je izvršio uzorkovanje tla i agrokemijsku analizu tla.

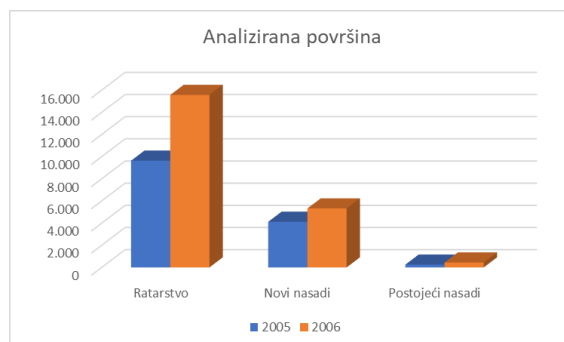


Slika 1.11: Prikaz uzoraka tla 2005. i 2006. godine

U prvoj godini projekta 2005. godini ukupno je analizirano 3.729 proizvodno-tehnoloških cjelina, od toga za jednogodišnje usjeve analizirano je 2.453 uzorka tla dok za višegodišnje usjeve analizirano je 2.552 uzorka tla. U drugoj godini projekta 2006. ukupno je analizirano 5.020 proizvodno-tehnoloških cjelina, od toga za jednogodišnje usjeve analizirano je 3.412 uzorka tla dok za višegodišnje usjeve analizirano je 3.216 uzorka tla.



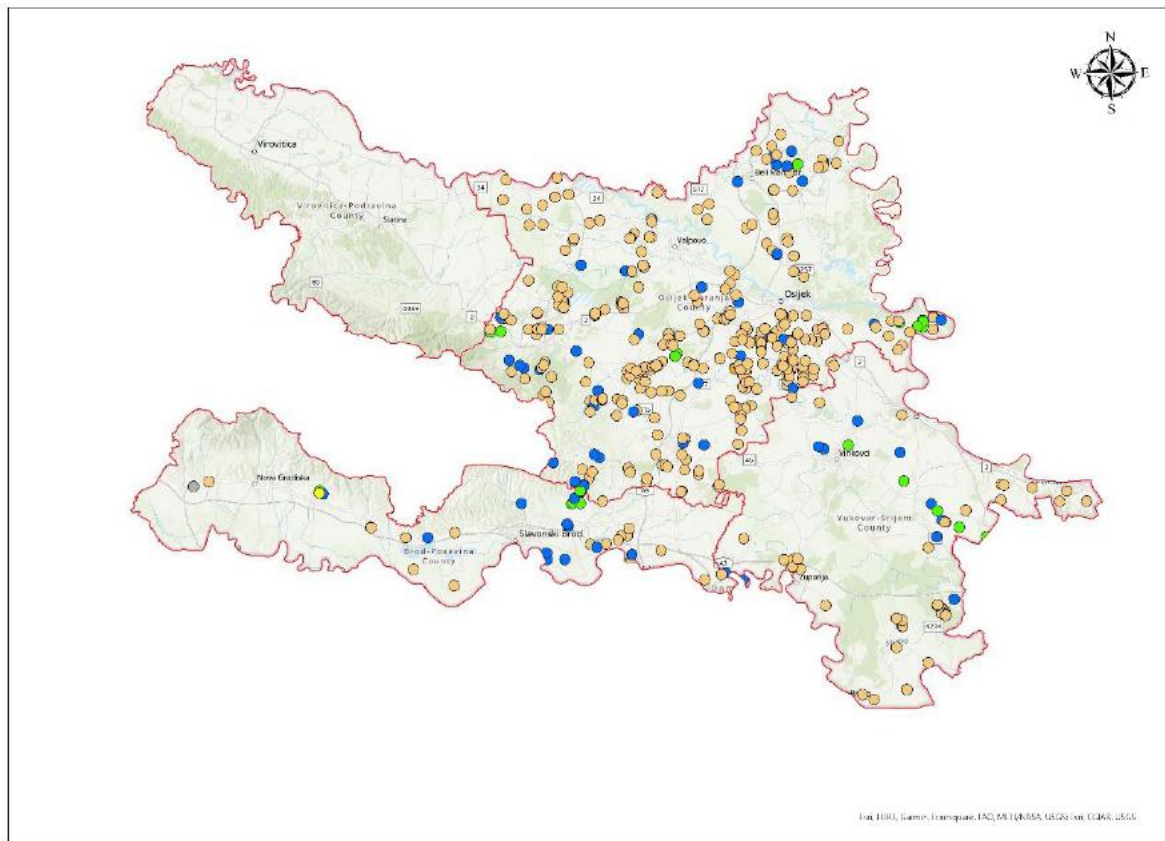
Grafikon 1.1. Broj uzoraka tla 2005. i 2006.



Grafikon 1.2. Analizirana površina 2005. i 2006.

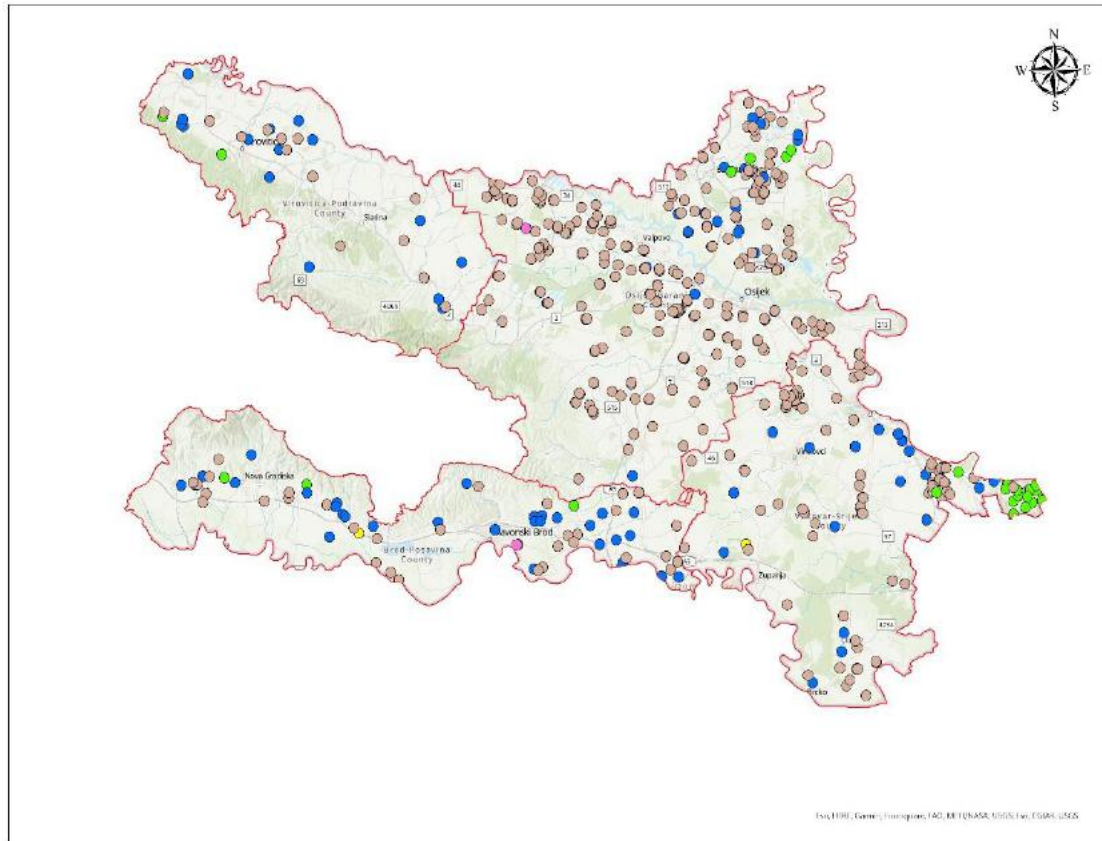
Za potrebe projekta Agrekoteh, specifični cilj 1. odabirane su lokacije iz 2005., i 2006., a za usporedbu rezultati analiza iz 2005. i 2006. godine.

Na osnovu prethodnog odabira u 2020. godini uzorkovano je na 500 lokacija, a 2021. dodatnih 500 uzoraka tla na dubini od 0 - 30 cm. Uzorci tla, uzeti su sondom na istim GPS lokacijama gdje je provedeno uzorkovanje tla 2005. i 2006. godine.

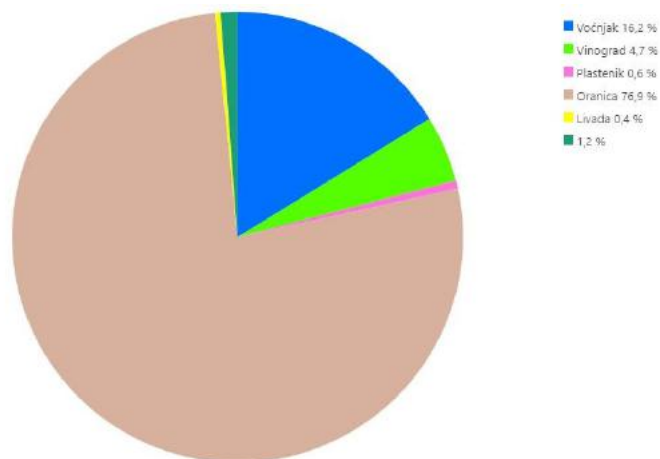


Slika 1.12: Prikaz lokacija uzoraka tla 2005./2020. godine

U 2021. godini uzorkovano je na 500 lokacija na dubinu od 0 do 30 centimetara. Uzorci tla uzorkovani su sondom na istim GPS lokacijama gdje je provedeno uzorkovanje tla 2006. godine.



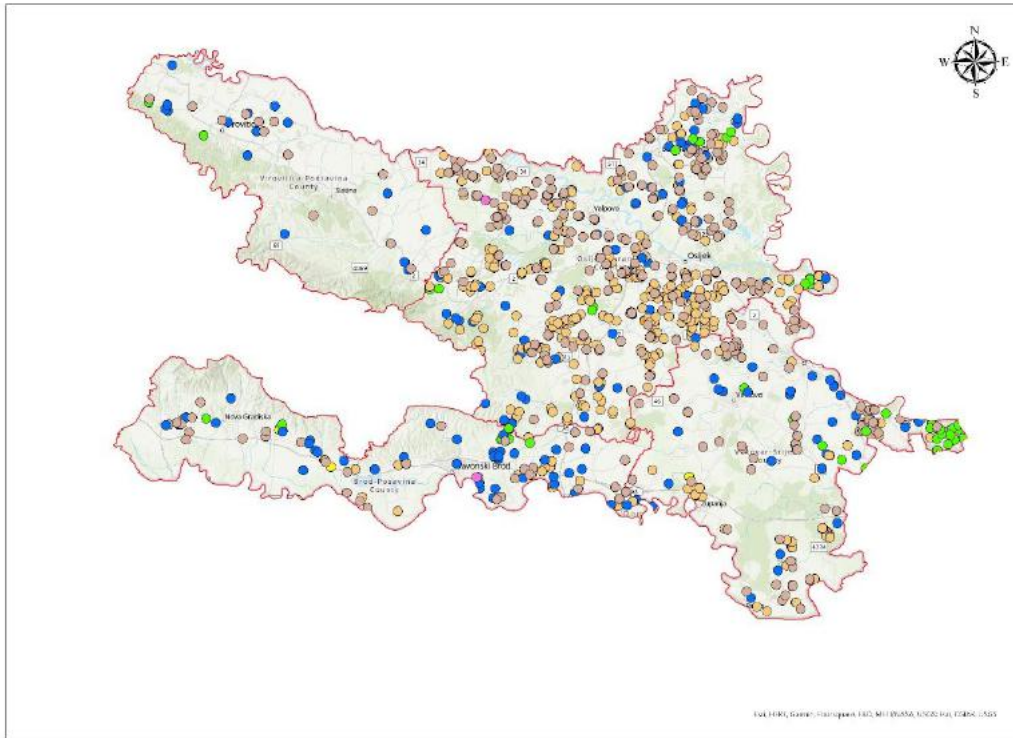
Slika 1.13: Prikaz lokacija uzoraka tla 2006./2021. godine



Grafikon 1.3. Odabrane parcele prema načinu korištenja u 2006./2021.

Ukupno je kroz projekt uzorkovano 1.000 lokacija na dubinu od 0 do 30 centimetara, to su lokacije koje su ranije uzorkovane u 2005. i 2006. godini. Prosječan uzorak sastoji se od 20 – 25 pojedinačnih uzoraka tla ravnomjerno raspoređenih po ARKOD parceli. Pojedinačni uzorci se dobro izmiješaju te se dobije homogeniziran prosječni uzorak, težine od 1,5 kilograma. Parametri za ispitivanje plodnosti tla su: reakcija tla (pH KCl i H₂O), sadržaj

humusa, sadržaj ukupnog N (samo kod trajnih nasada), sadržaj fiziološki aktivnih hranjiva P_2O_5 i K_2O , hidrolitska kiselost ili sadržaj ukupnih karbonata.



Slika 1.14. Prikaz lokacija uzoraka tla

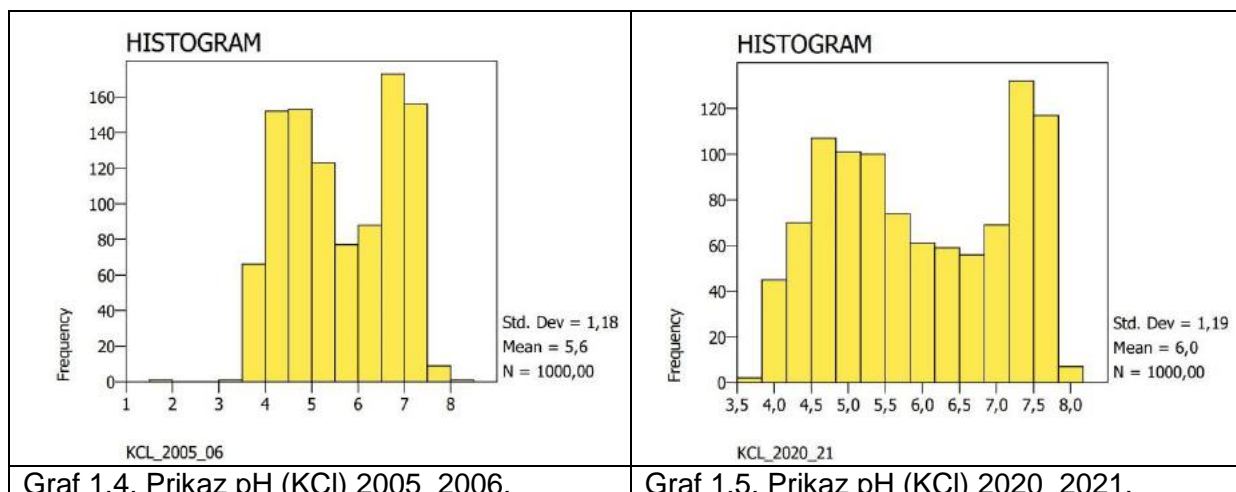
Rezultati istraživanja dobiveni praćenjem ukazuju na problem degradacije tla što predstavlja veliki izazov u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji, posebice u uvjetima značajnih klimatskih promjena. Pretpostavka je da način korištenja tla značajno utječe na promjene svojstava tla, uključujući i sadržaj organske tvari. Stoga je provedeno istraživanje uključivalo usporedbu dvije najzastupljenije namjene korištenja i to na oranicama i višegodišnjim nasadima (voćnjacima i vinogradima) u razdoblju od 15 godina.

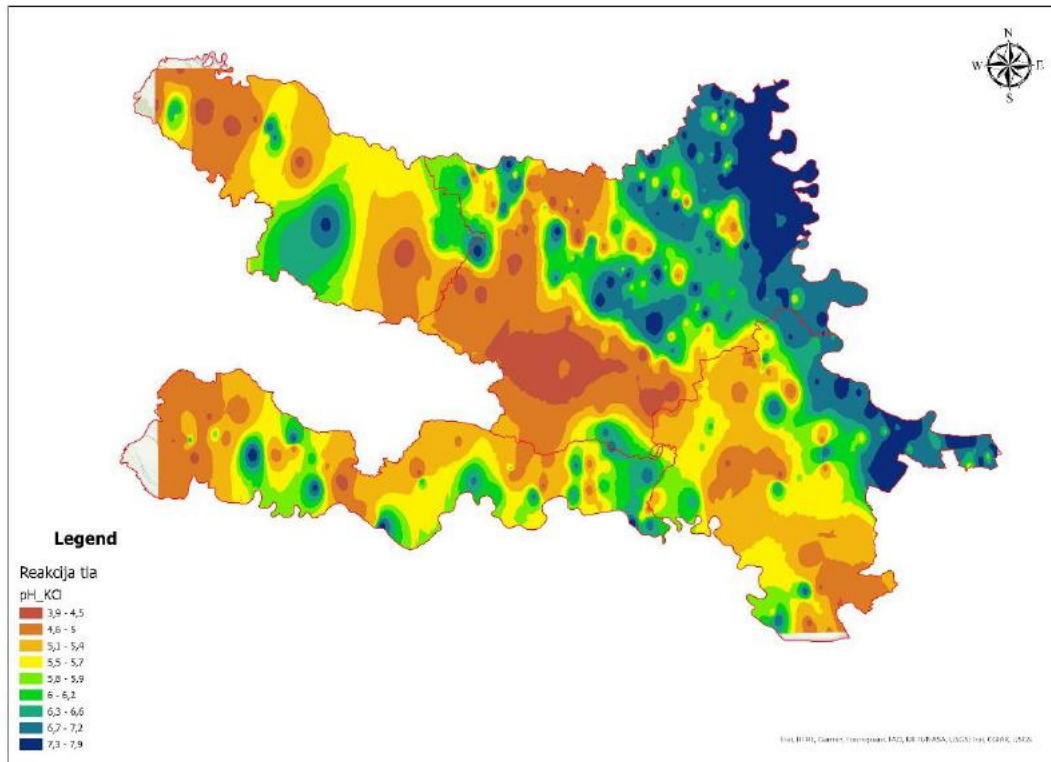
1.1. Reakcija tla (pH_{KCl})

Klimatske promjene mogu imati veliki utjecaj na pH reakciju tla. pH reakcija tla je mjera kiselosti ili alkalnosti tla i izražava se na skali od 0 do 14. Klimatske promjene, poput povećanja temperature, smanjenja količine oborina i povećanja atmosferske koncentracije CO_2 , mogu utjecati na kemijska svojstva tla, uključujući pH reakciju tla. Povećanje atmosferske koncentracije CO_2 može dovesti do smanjenja pH vrijednosti tla jer više CO_2 u zraku može reagirati s vodom u tlu i stvarati ugljičnu kiselinu koja smanjuje pH tla. Povećanje temperature i smanjenje oborina može dovesti do povećanja pH vrijednosti tla jer se hranjive tvari u tlu mogu brže razgraditi, što dovodi do stvaranja više alkalnih tvari. Važno je napomenuti da ovi utjecaji na pH reakciju tla mogu varirati ovisno o vrsti tla i drugim lokalnim uvjetima, pa se uvijek treba provoditi detaljnije istraživanje utjecaja klimatskih promjena na pH tla.

Tla uzorkovana 2005. i 2006. bila su jako kisela do alkalna (pHKCl 3,54-8,33; pHH₂O 4,14-8,56).

Rezultati ukazuju da je najniža prosječna vrijednost u 2005. i 2006. godini izmjenjive kiselosti tla iznosila pH 3,90 dok najviša vrijednost pH 8,33 dok u 2020. i 2021. najniža vrijednost iznosi pH 3,77 te najviša vrijednost pH 7,90, minimum i maksimum su korisni za dobivanje informacija o rasponu vrijednosti koje se mogu pojaviti u uzorku i za procjenu opsega varijacija. Prosječna pH vrijednost tla u uzorcima iznosi 5,63 u 2005. i 2006. g. dok u 2020. i 2021. iznosi pH 5,84 gdje je srednja vrijednost je dobivena zbrajanjem svih pojedinačnih pH vrijednosti u uzorku i dijeljenjem tog zbroja s ukupnim brojem pH vrijednosti u uzorku. Medijan predstavlja središnju vrijednost skupa podataka, što znači da polovina pH vrijednosti u uzorku ima vrijednost manju od 5,52 u predhodnom istraživanju, a sada je ta vrijednost 5,84, medijan prikazuje simetričnost podataka te raspored podataka. Standardna devijacija u 2005.i 2006.g. iznosi 1,18 te se u 2022. i 2021.g. nije značajno promjenila te iznosi 1,19. Standardna devijacija je mjera rasipanja podataka oko srednje vrijednosti. Što je veća standardna devijacija, to je veći raspon varijacija pH vrijednosti u uzorku. U ovom slučaju, vrijednost standardne devijacije ukazuje na to da su pH vrijednosti u uzorku relativno raznolike i rasprostranjene. Na temelju vrijednosti pH reakcije ukupni zaključak može se sagledati da nije došlo do značajne promjene pH reakcije u tlu kroz period od 15 godina.





Slika 1.15: Prikaz predikcije pH vrijednosti tla

1.2. Sadržaj humusa

Humus je važan sastojak tla koji ima ključnu ulogu u održavanju njegove plodnosti i kvalitete. Humus se sastoji od organskih ostataka koji su podvrgnuti procesima raspadanja i pretvorbe u stabilan organski materijal. Osim što poboljšava strukturu tla, humus također ima veliki utjecaj na dostupnost hranjivih tvari za biljke.

1.2.1. Utjecaj sadržaja humusa u tlu na razinu pristupačnog fosfora

Fosfor je ključni element u prehrani biljaka jer je neophodan za rast korijena, cvatnju i plodonošenje. Međutim, veliki dio fosfora prisutan u tlu nije pristupačan biljkama jer se nalazi u obliku koji nije topiv u vodi. Humus je prirodno bogat organskim kiselinama koje mogu pomoći u dekompoziciji fosfora u tlu. Organske kiseline koje su prisutne u humusu stvaraju komplekse s fosforom, što ga čini dostupnijim biljkama. Također, humus je bogat mikroorganizmima koji proizvode enzime koji mogu omogućiti transformacijom fosfor pristupačan biljci. Ovi enzimi razgrađuju organske tvari u tlu i oslobađaju fosfor koji se zatim može koristiti za rast biljaka. Studije ukazuju da povećanje sadržaja humusa u tlu može povećati dostupnost fosfora biljkama. Na primjer, istraživanja su pokazala da korištenje organskih gnojiva koja povećavaju sadržaj humusa u tlu može značajno poboljšati pristupačnost fosfora.

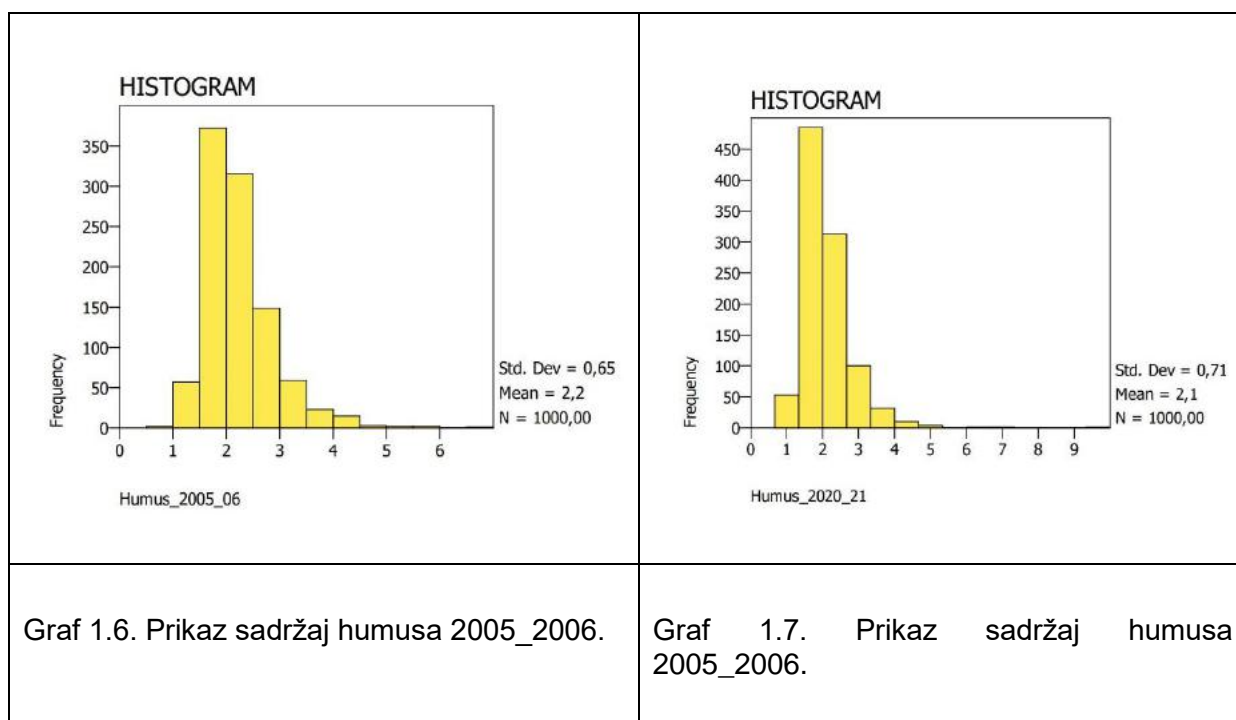
1.2.2. Utjecaj sadržaja humusa u tlu na razinu pristupačnog kalija

Kalij je također važan element u prehrani biljaka jer utječe na niz bioloških procesa koji su važni za njihov rast i razvoj. Međutim, veliki dio kalija u tlu nije pristupačan biljkama jer se nalazi u obliku koji nije topiv u vodi. Humus također može pomoći u pretvaranju neprozirnog kalija u pristupačni oblik. Organske kiseline prisutne u humusu mogu pomoći u rastvaranju kalija u tlu. Kao i kod fosfora, humus stvara komplekse s kalijem koji ga čine dostupnijim biljkama. Tako

Raspon sadržaja SOM u oranicama bio je 1,06-5,48%, au uzorcima voćnjaka 0,98-4,30%. U istim tlima nakon 15 godina sadržaj SOM-a smanjio se u prosjeku s 2,21% na 2,08% (3,75% smanjenje SOM-a).

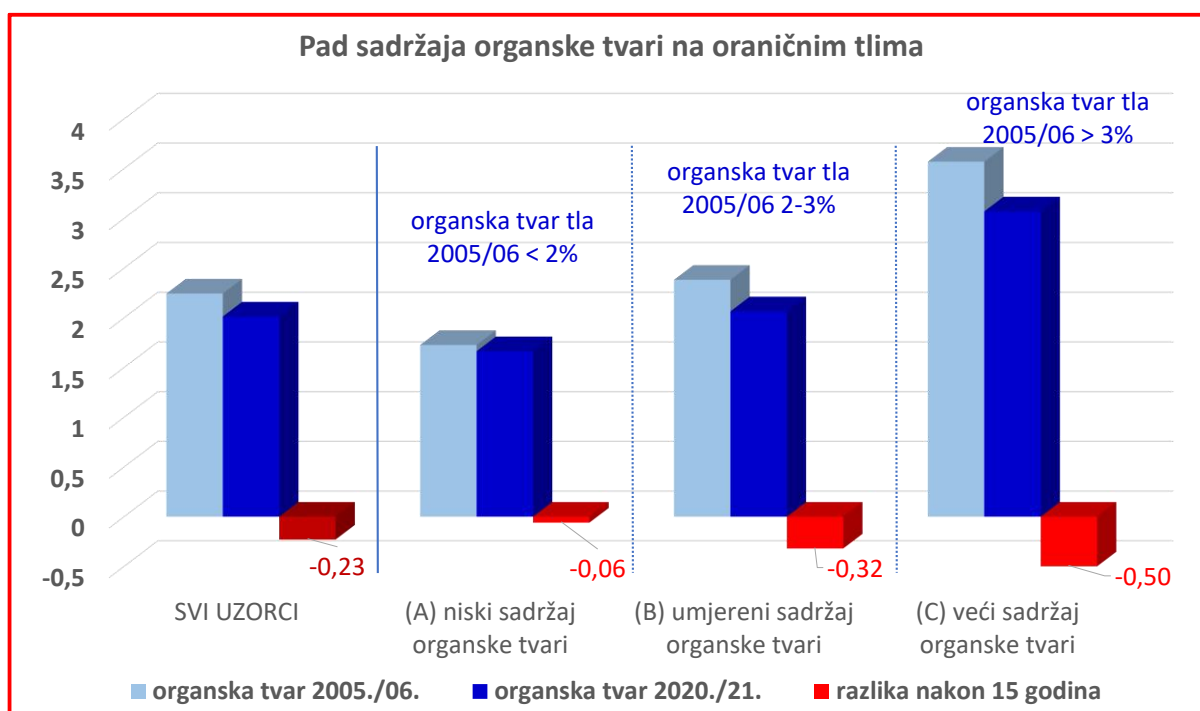
Statistics

	Humus_2005_06	Humus_2020_21
N Valid	1000	1000
Missing	0	0
Mean	2,22	2,09
Median	2,07	1,94
Mode	.	2,03
Std Dev	,65	,71
Minimum	,98	,83
Maximum	6,58	9,84



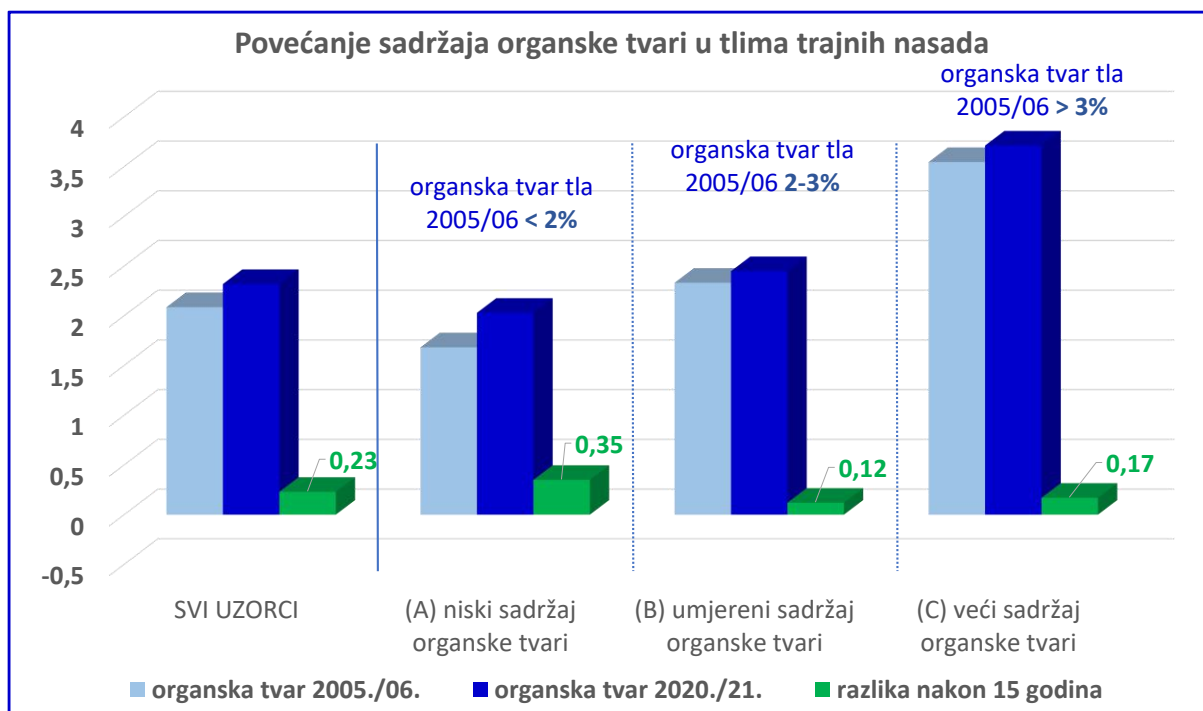
1.2.3. Promjene sadržaja humusa na oranicama i trajnim nasadima

Rezultati istraživanja pokazuju da se na istim proizvodnim površinama nakon perioda od 15 godina sadržaj humusa u prosjeku smanjio sa 2,21 do 2,08 što predstavlja smanjenje od 3,75 % početne količine organske tvari tla. Postoje značajne razlike između oranica (grafikon 1.8.) i stalnih nasada (grafikon 1.9.) jer je u tlima vinograda i voćnjaka nakon 15 godina utvrđeno povećanje sadržaja humusa s početnih 2,09 % do 2,32 % (porast od 13,8 %). S druge strane, nakon 15 godina uzgoja usjeva na oranicama (grafikon 1.8.), prosječni sadržaj humusa smanjio se s početnih 2,24% na 2,01% (smanjenje sadržaja organske tvari za 8,78%). Međutim, na pojedinim je oranicama također utvrđeno povećanje sadržaja organske tvari (24,7 % oranica), dok je pad sadržaja organske tvari (grafikon 1.10) utvrđen i u dijelu trajnih nasada (30,2 %).

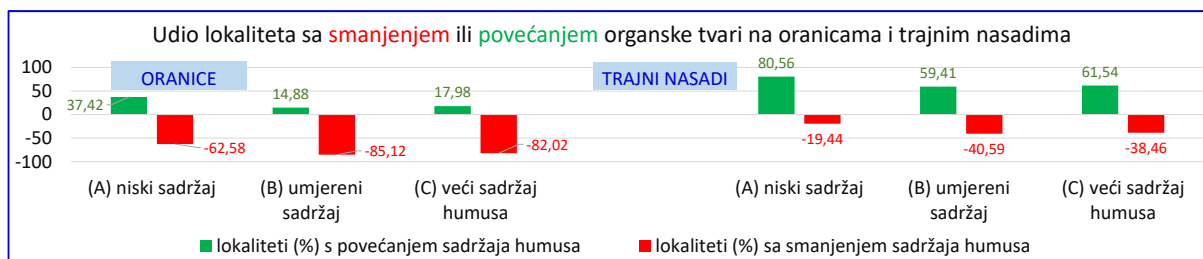


Grafikon 1.8. Smanjenje sadržaja humusa na oranicama različitih klasa tla

Uspoređujući klase tla prema sadržaju humusa, najveće smanjenje humusa na 3,07% s početnih 3,57 % zabilježeno je na oranicama s najvećim početnim sadržajem humusa (površine s > 3 % humusa), a najveće povećanje na 2,03 s početnih 1,68 % bilo je na trajnim nasadima s najnižim početnim sadržajem humusa (< 2 % humusa). Rezultati nedvojbeno upućuju na zaključak da je uzgoj usjeva na oranicama rezultirao smanjenjem sadržaja organske tvari tla (humusa), dok se u trajnim nasadima udio humusa povećao.



Grafikon 1.9. Povećanje sadržaja humusa kod višegodišnjih usjeva različitih klasa tla



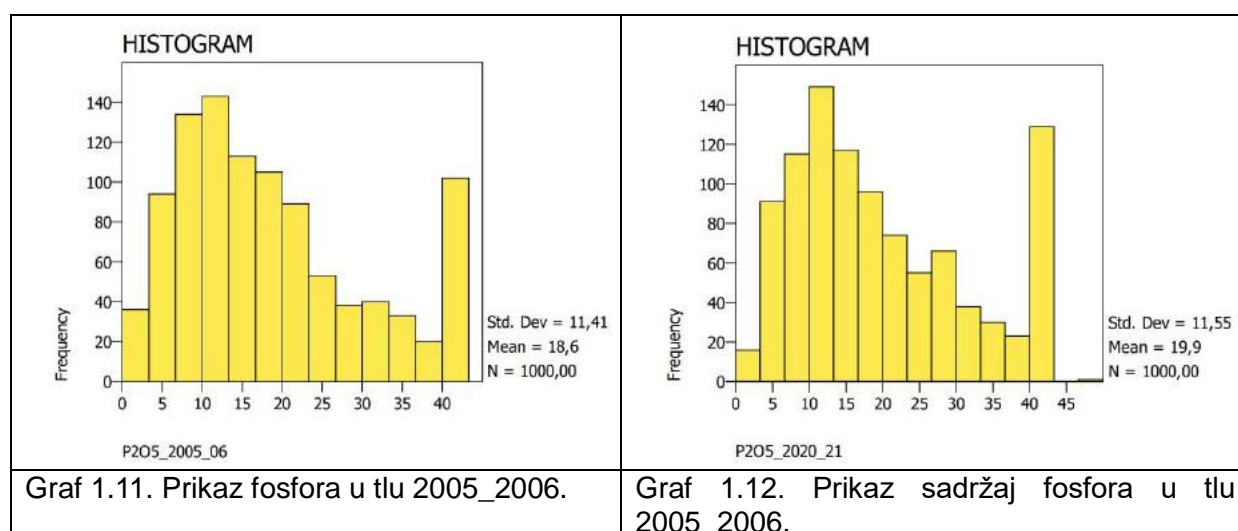
Grafikon 1.10. Raspodjela rastućeg i padajućeg sadržaja humusa po razredima u odnosu na početni sadržaj humusa

1.3. Fosfor

Klimatske promjene mogu imati negativan utjecaj na kvalitetu tla i njegovu sposobnost da osigura optimalan rast i razvoj biljkama. Na primjer, porast temperature i sušnih razdoblja mogu dovesti do degradacije tla i gubitka hranjiva, uključujući fosfor. Fosfor je esencijalni element za rast biljaka, a njegova nedostatnost može ograničiti prinos usjeva. Međutim, istovremeno, klimatske promjene mogu utjecati na pristupačnost fosfora u tlu. Povećanje temperatura i promjene u količini oborina mogu utjecati na pH vrijednost tla, koja ima značajnu ulogu u pristupačnosti fosfora za biljke. Niska ili visoka pH vrijednost može dovesti do vezivanja fosfora u obliku koji nije dostupan biljkama. Kako bi se očuvao kvalitet tla i osiguralo da biljke imaju dovoljno pristupačnog fosfora u tlu, važno je pratiti promjene u okolišu i primijeniti održive poljoprivredne prakse. To uključuje primjenu gnojiva koja sadrže fosfor na način koji je prilagođen uvjetima tla i vremenskim uvjetima, kao i primjenu mjera koje pomažu u očuvanju kvalitete tla, poput plodoreda, smanjenja obrade tla i korištenja organskih gnojiva.

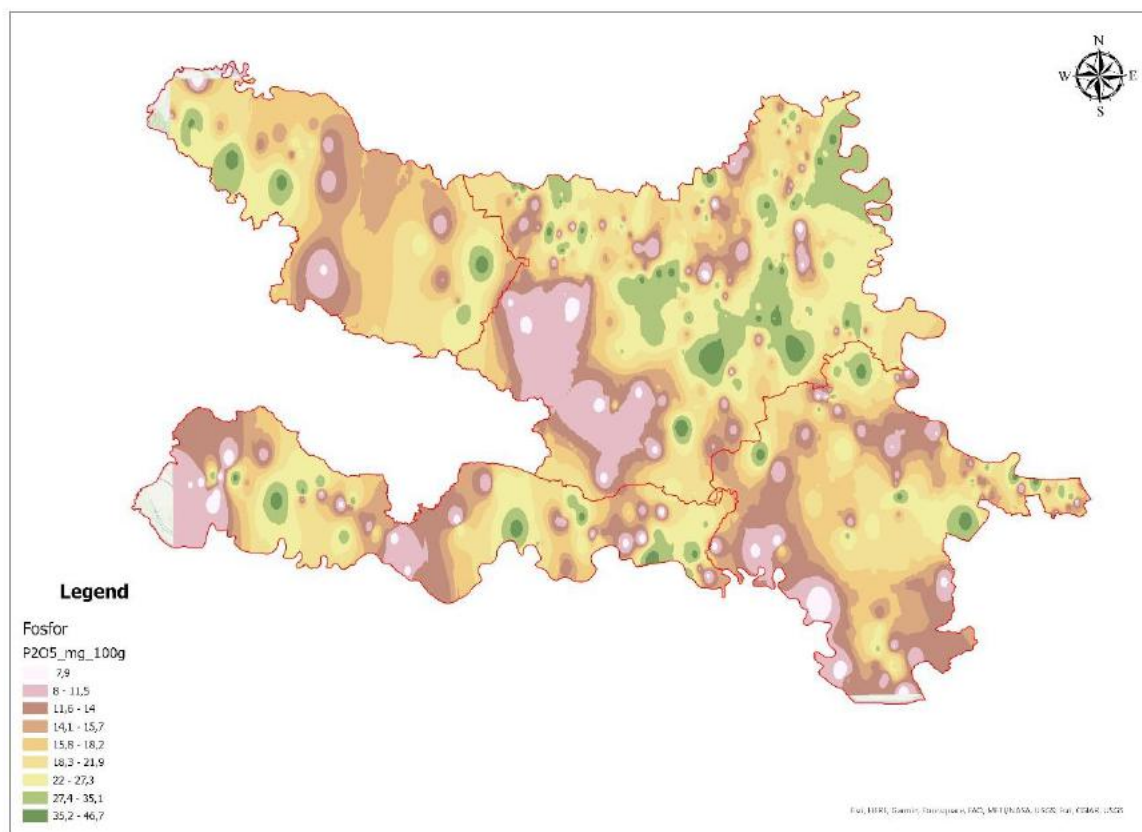
Statistics

	P205_2005_06	P205_2020_21
N Valid	1000	1000
Missing	0	0
Mean	18,61	19,87
Std Dev	11,41	11,55
Minimum	,20	1,80
Maximum	42,90	47,10



Statistički podaci o sadržaju fosfora u tlu u periodu od 15 godina pokazuju male promjene gdje je srednja vrijednost fosfora u tlu porasla s 18,61 mg/100g u početnom razdoblju na 19,87 mg/100g nakon 15 godina. Ovo povećanje može ukazivati na promjene u količini ili dostupnosti fosfora u tlu tijekom vremena. Standardna devijacija mjeri raspršenost podataka oko srednje vrijednosti. U početnom razdoblju, standardna devijacija fosfora u tlu iznosila je

11,41, dok je nakon 15 godina porasla na 11,55. Ova promjena pokazuje manju varijabilnost u sadržaju fosfora tijekom vremena. Statistički podaci sugeriraju da je tijekom 15-godišnjeg razdoblja došlo do vrlo male promjena u sadržaju fosfora u tlu gdje sa aspekta plodnosti tla i graničnih vrijednosti nema promjena unutar klasa opskrbljenosti tla. Srednja vrijednost se povećala, a varijabilnost se donekle povećala.



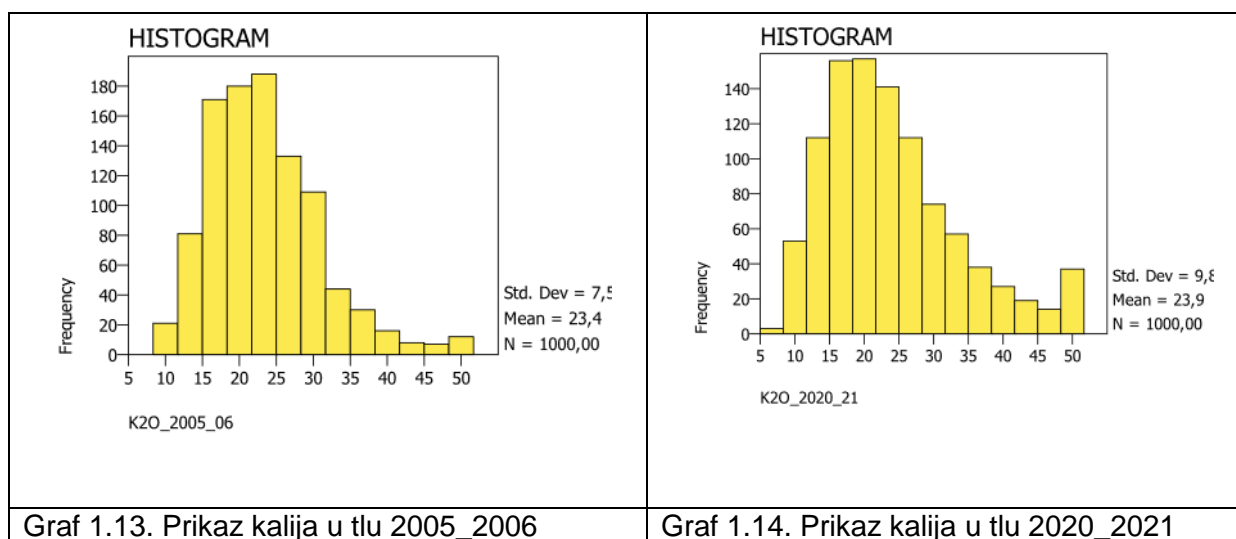
Slika 1.17: Prikaz predikcije sadržaja fosfora

1.4. Kalij

Kalij je važan mineralni nutrijent za rast biljaka, koji se nalazi u tlu u obliku kationa (K^+). On pomaže biljkama u procesima poput fotosinteze, regulacije vode i održavanja ravnoteže iona u stanicama. Nedostatak kalija u tlu može dovesti do slabijeg rasta biljaka, smanjenja prinosa i osjetljivosti na stres. Klimatske promjene utječu na dostupnost kalija u tlu na nekoliko načina. Povećanje temperature i sušnog razdoblja može povećati gubitak vode iz tla, što može smanjiti dostupnost kalija za biljke. Klimatske promjene utječu na sastav tla i mikroorganizama koji održavaju plodnost tla. Povećanje temperature može ubrzati razgradnju organske tvari u tlu, što može smanjiti zalihe hranjiva u tlu, uključujući i kalij. Također, promjene u temperaturi i vlažnosti mogu utjecati na mikroorganizme u tlu, što može utjecati na njihovu sposobnost da pomažu biljkama u dobivanju hranjiva. Stoga, klimatske promjene mogu imati negativan utjecaj na plodnost tla i dostupnost kalija za biljke. Potrebno je održati plodnost tla i uključiti nove spoznaje o primjeni održive poljoprivredne prakse što može biti ključno u očuvanju plodnosti tla i osiguranju dostupnosti kalija za biljke.

Statistics

	K2O_2005_06	K2O_2020_21
N Valid	1000	1000
Missing	0	0
Mean	23,39	23,88
Std Dev	7,51	9,83
Minimum	8,44	7,10
Maximum	51,00	50,80



Statistički podaci sadržaja kalija u tlu u periodu od 15 godina mogu se analizirati na temelju sljedećih parametara: srednja vrijednost, standardna devijacija, minimum i maksimum. U periodu od 15 godina, srednja vrijednost sadržaja kalija u tlu ostala je ista te iznosi 23 mg/100g što ukazuje da nije došlo do nikakve promjene u sadržaju kalija u tlu već nalazi u istom prosjeku. Standardna devijacija mjeri raspršenost podataka u odnosu na srednju vrijednost. U periodu od 15 godina, standardna devijacija sadržaja kalija u tlu iznosila je 7,51 dok je nakon 15 godina iznosila 9,83, povećanje standardne devijacije ukazuje na veću varijabilnost sadržaja kalija u tlu nakon 15 godišnjeg perioda. Analizirajući ove podatke, primjećujemo sljedeće promjene u sadržaju kalija u tlu tijekom 15 godina, srednja vrijednost se blago povećala 23,39 na 23,88, što ukazuje na približno iste prosječne koncentracije kalija u tlu. Standardna devijacija se povećala s 7,51 na 9,83, što ukazuje na veću varijabilnost sadržaja kalija dok minimum se smanjio s 8,44 mg/100g na 7,10 mg/100g što znači da je najniža koncentracija kalija u tlu nalazi u okviru laboratorijske greške. Ove promjene mogu biti rezultat različitih čimbenika, međutim sadržaj kalija u tlu najviše zavisi od korištenje gnojiva. Rezultati projekta ne ukazuju na promjene sadržaja kalija u tlu u 15 godišnjem razdoblju.

Specifični cilj 2.

2. TRAJNO PRAĆENJE FIZIKALNIH I KEMIJSKIH PROCESA U TLU NA POSTOJEĆIM MONITORING POSTAJAMA NAKON CIKLUSA OD 9 GODINA

Tlo se općenito definira kao površinski sloj zemljine kore sačinjen od mineralnih čestica, organske tvari, vode, zraka i živih organizama. Tlo povezuje zemlju, zrak i vodu te udomijuje veći dio biosfere. Zbog izrazito sporog procesa nastanka smatra se neobnovljivim ili u najboljem slučaju uvjetno obnovljivim resursom. Tlo je nositelj brojnih funkcija neophodnih za život na Zemlji, osigurava hranu, biomasu, sirovine, staništa i rezerve gena, tlo skladišti, filtrira i izmjenjuje hranjive tvari, vodu i ugljik. Izrazito je složen i kompleksan medij podložan procesima degradacije i prijetnjama koje u kratkom vremenskom razdoblju mogu ozbiljno ugroziti i onesposobiti njegove funkcije. Posljedice se očituju kroz smanjenje plodnosti tla, biološke raznolikosti, kakvoće zraka i vode, te klimatske promjene. Tlo je neobnovljivo dobro i mora se koristiti održivo uz očuvanje njegovih funkcija. Nepovoljni učinci na tlo moraju se izbjegavati u najvećoj mogućoj mjeri. Zaštita tla obuhvaća očuvanje zdravlja i funkcija tla, sprječavanje oštećenja tla, praćenje stanja i promjena kakvoća tla te saniranje i obnavljanje oštećenih tala i lokacija. Onečišćenje odnosno oštećenje tla smatra se štetnim utjecajem na okoliš, a utvrđivanje prihvatljivih graničnih vrijednosti kakvoće tla provodi se na temelju posebnih propisa. Prijetnje prema tlu su složene i premda nejednako rasprostranjene, prisutne su na širem području europskog kontinenta. Zbog jednostavnosti predstavljaju se odvojeno, no u stvarnosti su međusobno povezane. Kada više prijetnji djeluje istovremeno, njihov učinak se povećava. U konačnici, ako se ne spriječe mogu dovesti do degradacije tla. Pojedini procesi degradacije tla imaju prirodne uzroke, ali se njihovo napredovanje ubrzava ljudskom djelatnošću. Podaci o svojstvima tla, mjereni i promatrani u međusobnoj interakciji u prostoru i vremenu kvantificiraju određene prijetnje prema tlu i njegovim funkcijama.

Smanjenje organske tvari i biološke raznolikosti – ocjenjuje se sadržajem ukupnog ugljika, odnosu ugljika i dušika, te volumnom gustoćom tla.

Erozija tla – ovisi o volumnoj gustoći tla, gustoći čvrste faze, ukupnoj poroznosti, propusnosti tla za vodu i sadržaju ukupnog ugljika.

Onečišćenje tla – promatra ukupan i pristupačan sadržaj teških metala i potencijalno toksičnih elemenata te postojanih organskih onečišćivača (PAH, PCB, triazinski herbicidi, organoklorni pesticidi).

Zbijenost tla – definiraju volumna gustoća tla, mehanički sastav, kapacitet tla za zrak, kapacitet tla za vodu, struktura, propusnost tla za vodu, sadržaj ukupnog ugljika.

Zaslanjivanje tla – ovisi o kiselosti tla, električnoj vodljivosti, sadržaju soli, kapacitetu zamjene kationa, propusnosti tla za vodu, kapacitetu tla za vodu, kemijskom sastavu procijene vode i sadržaju ukupnog ugljika. Klizišta – ovise o mehaničkom sastavu, strukturi te propusnosti tla za vodu.

Prvi korak u zaštiti tla i očuvanju prirodnih funkcija tla te sprečavanju degradacijskih procesa je praćenje stanja i promjena svojstava tla. Stoga motrenje tala podrazumijeva kontinuirano praćenje određenih parametara tla sa svrhom prikupljanja informacija o promjenama stanja i karakteristikama tla te identifikaciji oblika i intenziteta degradacije tla. Bez razvoja sustava kojim bi se trajno periodično prikupljale informacije o negativnim promjenama u tlu, ne mogu postojati ni pravovremene reakcije kojima bi se te promjene sprečavale ili ublažavale.

2.1. Trajno praćenje fizikalnih i kemijskih procesa u tlu na postojećim monitoring postajama nakon ciklusa od 9 godina

Trajno praćenje poljoprivrednog zemljišta zakonski je regulirano u RH, a HAPIH-ov Centar za tlo, obavlja poslove praćenja stanja poljoprivrednog zemljišta. Slijedom toga Centar za tlo uključio se u traženje odgovora kako optimizirati gospodarenje tlom te kako prilagoditi agroekosustav i agrotehničke mjere klimatskim promjenama. Nakon 9. godina uspostavljen je novi ciklus praćenje na ranije uspostavljenim monitoring postajama koji je uključivao istraživanja na poljoprivrednim površinama koje su u sustavu intenzivne ratarske proizvodnje, tj. na njima se primjenjuju intenzivne agrotehničke mjere, koriste zaštitna sredstva i gnojidba mineralnim gnojivima i stajnjakom.

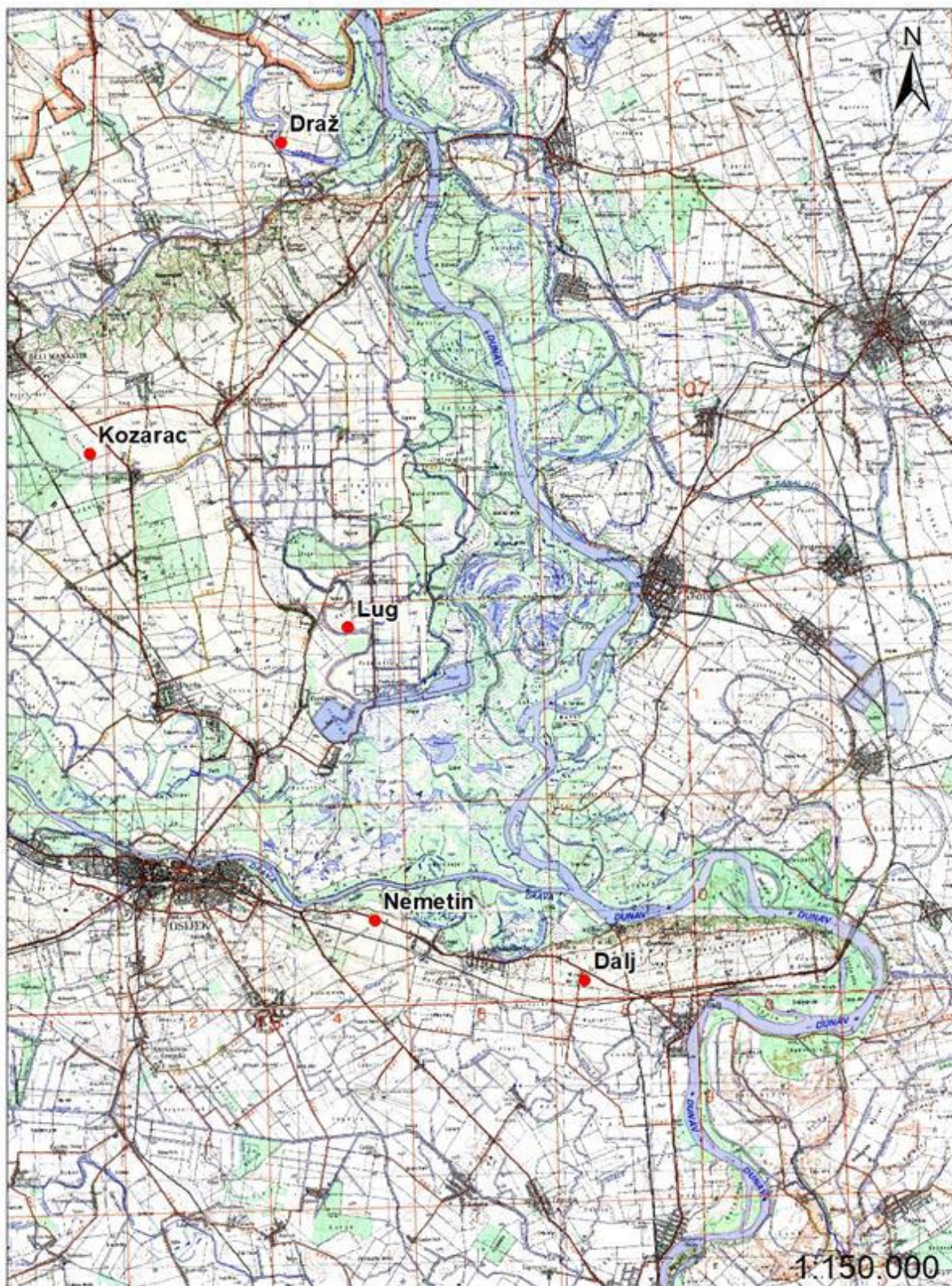
- prva točka monitoringa nalazi se na području grada Osijeka na poljoprivrednim površinama k.o. Sarvaš, k.č. 1119.
- druga točka monitoringa nalazi se na području općine Erdut na poljoprivrednim površinama k.o. Dalj, k.č. 5498.
- treća točka monitoringa nalazi se na području općine Kneževi Vinogradi na poljoprivrednim površinama k.o. Karanac, k.č. 1178/4.
- četvrta točka monitoringa nalazi se na području općine Draž na poljoprivrednim površinama k.o. Draž, k.č. 152.
- peta točka monitoringa nalazi se na području općine Bilje na poljoprivrednim površinama k.o. Lug, k.č. 1994/7.

Na odabranim lokacijama 2013. godine sklopu projekta CHAIN, financiranog EU sredstvima iz programa IPA prekogranična suradnja Hrvatska-Srbija utvrđeno je nulto stanje. Kako bi utvrdili do kakvih je promjena došlo u periodu 2013./2022. uspostavljen je novi ciklus praćenja.

Prije same provedbe monitoringa prethodile su uredske pripreme koje su uključivale analizu nultog stanja rezultata dobivenih 2013. godine, konaktiranje vlasnika, prikupljanje podataka vezanih uz stanje usjeva na poljoprivrednim površinama te definiranje datuma izlaska na monitoring lokacije. Nakon prikupljanja općih podataka te informativnog razgovora sa vlasnicima proizvodnih parcela krenulo se u terensku provedbu.

Terenski radovi uključivali su postavljanje monitoring ploha oblika kvadrata površine 750 m² (27,39×27,39 m), na istim mjestima na kojima su postavljane 2013. godine, korištenjem GPS uređaja, određena su četiti kuta postaje i centralna točka plohe te je nakon toga slijedilo postavljanje mreže za uzimanje pojedinačnih uzoraka tla i utvrđivanje mjesta za otvaranje pedološke jame. Slijedilo je kopanje pedološke jame i uređivanje lica profila. Postavljena je mjerna vrpca od površine do dna profila, profil je fotografiran kao i krajolik postaje te su uzeti uzorci tla u porušenom i neporušenom stanju, sukladno monitoring proceduri. Nakon utvrđivanja i opisivanja horizonata uslijedilo je uzorkovanje horizonata profila pri čemu su uzeti uzorci u porušenom stanju (u obilježene vrećice) i uzorci u neporušenom stanju poznatog volumena cilindrima po Kopeckom s ciljem ispitivanja fizikalnih svojstava tla. Nakon uzimanja uzoraka u profilu uzeti su prosječni uzorci tla sa plohe kvadratnog oblika površine 750 m² na čijim dijagonalama su postavljene točke za uzimanje pojedinačnih uzoraka tla. Uzorkovanje i ponovljivost uzorkovanja u skladu su s normom ISO 10381-1:2002. Uzorci su uzeti ergonomskom sondom nakon što su u profilu definirane dubine uzorkovanja.

AGROEKOTEH



2.2. Tla istraživanog područja


2.2.1. Černozem na lesu

Prva poljoprivredna površina nalazi se u katastarskoj općini Sarvaš, kčbr. 1119, ukupne površine od 22,03 hektara. Površina je sa tri strane obrubljena kanalskom mrežom. Ova pedosistematska jedinica se nalazi na relativno ravnom reljefu (90 – 91 m.n.v.), bez nagiba, kao takva sačinjava jednu cijelinu. Utvrđeni tip tla je černozem na lesu koji pripada odjelu automorfni tala čiji razvoj karakterizira vlaženje isključivo oborinama bez dopunskog vlaženja. U profilu tla do dubine od 42 cm vidljiv je potpuno razvijeni humusno-akumulativni horizont koji je karakterističan za klasu humusno-akumulativnih tala. Prijelazni AC horizont nalazi se ispod Ap horizonta i sadrži pedo tvorevine u vidu pseudomicelija koje su karakteristični dijagnostički elementi černozema zbog izražene biološke aktivnosti u ovom tipu tla, zatim dolazi matični supstrat koji sadrži specifične pedo tvorevine u vidu nakupina kongrecija kalcijevog karbonata koji se razvio na lesu. Mehanički sastav černozema je vrlo povoljan zbog praškasto ilovaste teksture, a mrvičasta struktura tla omogućava veću ukupnu poroznost što dovodi do dobrog kapaciteta tla za vodu i zrak. Shodno svim navedenim svojstvima černozem je propusno tlo, dobre prirodne drenaže, aerirano, dobrog toplinskog režima te izražene biološke aktivnosti koji zadovoljava potrebe biljaka za normalan rast i razvoj.

Profil 1: Černozem na lesu

Stratigrafska građa pedosistematske jedinice može se prikazati u obliku:

Slika 2.1. Profil P-1

	Ap	cm 0-42	Boja tla: (4/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: krupno mrvičasta
	AC	42-59	Boja tla: (6/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta Pedodinamske tvorevine:pseudomicelije
	C	59-99	Boja tla: (8/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta Pedodinamske tvorevine: kongrecije CaCO ₃
	C,ca	> 99	Boja tla: (8/6 10YR) Tekstura: praškasto Pedodinamske tvorevine: kongrecije CaCO ₃


2.2.2. Černozem na lesu, izluženi, duboki

Druga poljoprivredna površina nalazi se u katastarskoj općini Dalj, katastarske čestice broj 5498, ukupne površine od 34,38 hektara. Ova pedosistematska jedinica nalazi se na relativno ravnom reljefu (109 – 112 m.n.v.), sa blagim nagibom prema jugu, kao takva sačinjava jednu cijelinu. Unutar ove pedosistematske jedinice otvoren je jedan pedološki profil P-2. Otvaranjem profila tla na lokalitetu Dalj determiniran je tip tla černozem na lesu, izluženi, plitki, koji pripada u odjel automorfni tala čiji razvoj karakterizira vlaženje isključivo oborinama bez dopunskog vlaženja. Ono što je karakteristično za ovaj varijetet černozema ogleda se u izluživanju odnosno ispiranju karbonata iz humusno-akumulativnog horizonta u dublje slojeve što dovodi do toga da je humusno-akumulativan horizont beskarbonatan, a karbonati se počinju javljati od prijelaznog AC horizonta. Mehanički sastav černozema je vrlo povoljan zbog praškasto ilovaste teksture, a mrvičasta struktura tla omogućava veću ukupnu poroznost što dovodi do dobrog kapaciteta tla za vodu i zrak. Shodno svim navedenim svojstvima černozem je propusno tlo, dobre prirodne drenaže, aerirano, dobrog toplinskog režima te izražene biološke aktivnosti što omogućava zadovoljavanje svih fiziološki neophodnih parametara za normalan rast i razvoj biljnih kultura.

Profil 2: Černozem na lesu, izluženi plitki

Stratigrafska građa pedosistematske jedinice može se prikazati u obliku:

Slika 2.2. Profil P-2.

	Ap	cm 0-40	Boja tla: (5/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: mrvičasta
	C,ca	40-77	Boja tla: (6/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: zrnasta Pedodinamske tvorevine:pseudomicelije
	C,ca	77-114	Boja tla: (7/1 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: bestrukturna Pedodinamske tvorevine: pseudomicelije, sitne kongrecije CaCO ₃
	a/Gso	> 114	Boja tla: (8/4 2,5Y) Tekstura: praskasto Struktura: bestrukturna Pedodinamske tvorevine: kongrecije CaCO ₃


2.2.3. Černoziem na lesu, plitki

Treća poljoprivredna površina nalazi se u katastarskoj općini Karanac, katastarske čestice broj 1178/4, ukupne površine od 19,36 hektara. Ova pedosistematska jedinica se nalazi na relativno ravnom reljefu (93 – 94 m.n.v.), kao takva sačinjava jednu cijelinu. Unutar ove pedosistematske jedinice otvoren je jedan pedološki profil P-3, spada u odjel automorfnih tala.

Profil 3: III Černoziem na lesu, plitki P3

Stratigrafska građa pedosistematske jedinice može se prikazati u obliku:

Slika 2.3. Profil P-3.

	A	cm 0-38	Boja tla: (4/3 10YR) Tekstura: praškasto glinasto ilovasto Struktura: krupno mrvičasta Pedodinamske tvorevine: sitne konkrecije mangana
	AC	38-57	Boja tla: (6/4 2.5Y) Tekstura: praškasto glinasto ilovasto Struktura: krupno mrvičasta
	C	57-89	Boja tla: (6/6 2.5Y) Tekstura: praškasto glinasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta Pedodinamske tvorevine: puno sitnih konkrecija mangana
	C,ca	> 89	Boja tla: (8/2 2.5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Pedodinamske tvorevine: konkrecije kalcijevog karbonata

2.2.4. Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo

Četvrta poljoprivredna površina nalazi se u katastarskoj općini Draž, katastarske čestice broj 152 ukupne površine od 2,25 hektara. Ova pedosistematska jedinica se nalazi na relativno ravnom reljefu (83,8 – 85,5 m.n.v.), sa blagim nagibom prema jugu, te kao takva sačinjava jednu cijelinu. Unutar ove pedosistematske jedinice otvoren je jedan pedološki profil P-4. Determinirano tlo pripada u odjel hidromorfni tala, a s obzirom na mladu genezu tla svrstano je u klasu nerazvijenih hidromorfni tala. Odjel hidromorfni tala obuhvaća sva tla koja imaju izražene znakove povremenog ili stalnog prekomjernog vlaženja dijela profila ili čitavog soluma. Aluvijalno tlo predstavlja recentne riječne i jezerske nanose sa slojevima čiji su procesi pedogeneze slabo izraženi zbog mladog karaktera nanosa pa zbog toga pedogenezu prevladava sedimentacija. Kod aluvijalnih tala koji su razvili humusno-akumulativni horizont i koji imaju glejni horizont ekološki su prihvatljiviji za biljnu proizvodnju. Podtip aluvijalnog tla koji se karakterizira kao karbonatno oglejeni pokazuje prisudstvo karbonata i znakova oglejavanja unutar 150 cm profila.

Profil 4: IV Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo

Stratigrafska građa pedosistematske jedinice može se prikazati u obliku:

Slika 2.4. Profil P- 4.

	A(p)	0-21	Boja tla: (4/3 2,5Y) Tekstura: praškasto glinasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta
	AG	21-42	Boja tla: (5/4 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno zrnasta
	Gso	42-71	Boja tla: (5/3 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: krupno zrnasta
	Gr	71-109	Boja tla: (6/4 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: krupno zrnasta
	CGr	109-126	Boja tla: (6/2 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: bestrukturno
	Gr	126-139	Boja tla: (6/3 5Y) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: slabo strukturno
	CGr	> 139	Boja tla: (7/2 5Y) Tekstura: ilovasto pjeskovite Struktura: bestrukturno


2.2.5. Fluvijalno livadsko tlo

Peta poljoprivredna površina nalazi se u katastarskoj općini Lug, katastarske čestice broj 1994/7 ukupne površine od 37,52 hektara. Ova pedosistematska jedinica se nalazi na relativno ravnom reljefu (82 m.n.v.) relativno ravna te kao takva sačinjava jednu cijelinu. Unutar ove pedosistematske jedinice otvoren je jedan pedološki profil P-5. Determinirano fluvijalno livadsko tlo pripada u odjel hidromorfni tala. Za razliku od pseudogleja u kojem stagnira zaustavna voda pa uzrokuje hidromorfizam semiglej je karakteriziran podzemnom vodom i to dubokom koja izaziva zaglejavanje u nižem dijelu profila obično dublje od 1m. Kod fluvijalnog livadnog tla podzemna voda nema utjecaj u gornjem dijelu profila. Gornji dio profila kod fluvijalnog livadnog tla je pod utjecajem oborinske vode i njegova pedogeneza teče u uvjetima normalnog vlaženja dok u profilu tla podzemna voda ima utjecaj i stvara zaglejavanje. U kemijskom pogledu to su dobra tla karbonatna, dobro- slabo zasićena bazama, neutralne reakcije i dobro opskrbljena hranivima. Zbog glinenastih formi koje se stvaraju u dubljim horizontima manje su ekološki povoljni, ali su im fizikalne, kemijske i biološke osobine izrazito povoljne za razvoj poljoprivrednih kultura i prirodnih zajednica. Prednost fluvijalnih livadnih tala ogleda se u tome što njihova opskrbljenost vodom ne ovisi samo od oborina jer postoji mogućnost kapilarnog uspona vode u područje korijena pa kulture na ovakvih tlima bolje podnose sušnija razdoblja.

Profil 5: V Fluvijalno livadsko tlo

Stratigrafska građa pedosistematske jedinice može se prikazati u obliku:

Slika 2.5. Profil P- 5.

	A(p)	0-24	Boja tla: (4/1 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: krupno orašasta
	A	24-35	Boja tla: (5/1 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta
	AC	35-44	Boja tla: miješani Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: sitno mrvičasta
	C	44-50	Boja tla: (6/1 10YR) Tekstura: ilovasto pjeskovito Struktura: bestrukturano
	I Gso	50-61	Boja tla: (7/3 10YR) Tekstura: praškasto ilovasto Struktura: bestrukturano Pedodinamske tvorevine: rđaste mazotine,
	II Gso	>61	Boja tla: (6/1 10YR) Tekstura: pijesak Struktura: bestrukturano

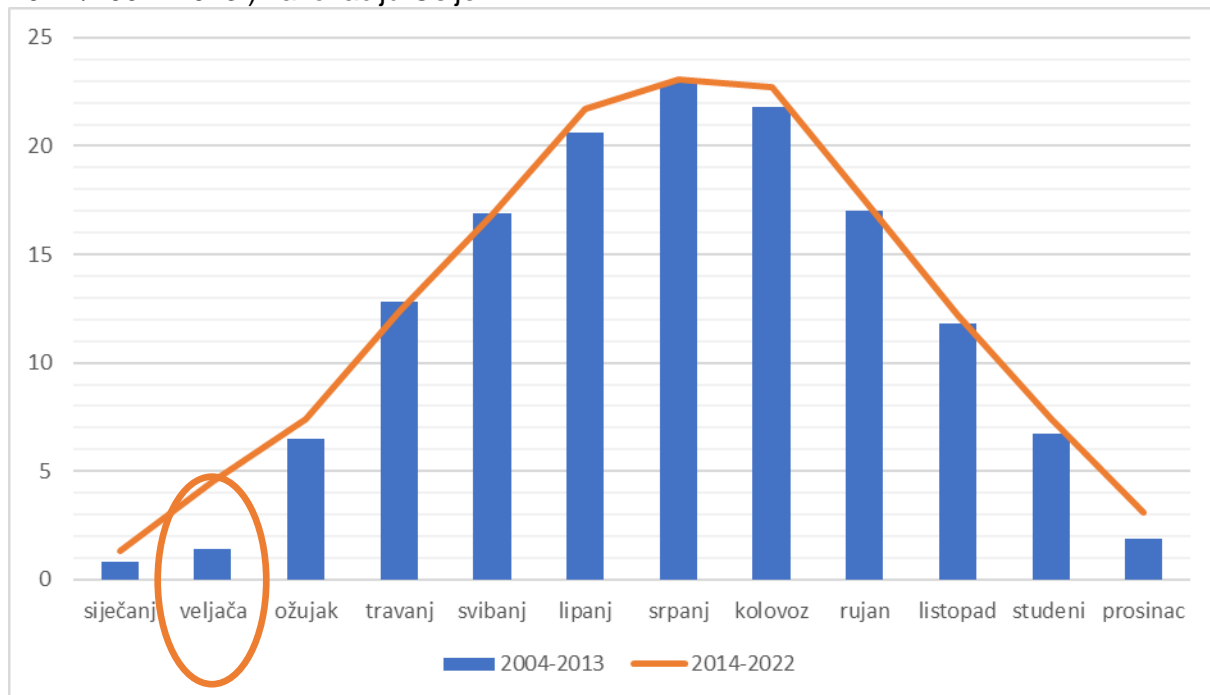
2.3. Osnovne klimatske značajke istraživanog područja

Za potrebe analize klimatskih podataka državnog hidrometeorološkog zavoda zatraženi su klimatski podaci mjesečnih i godišnjih temperatura zraka za period 2004.-2013. i 2014. - 2022. te mjesečnih i godišnjih količina oborina za isti vremenski period. Za lokaciju Sarvaš prikupljeni su podatci osječkog klimatološkog centra, za lokaciju Dalj klimatološke stanice Klisa, za treći i četvrti lokalitet, Kozarac i Draž prikupljeni su podatci klimatološkog centra Beli Manastir, za peti lokalitet Lug, podaci sa mjernog mjesta u Grabovcu.

Tablica 2.1. Osijek, srednje mjesečne i godišnje temperature zraka za razdoblje od 2004.-2013. i 2014.-2022. godine

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
2004-2013	0,8	1,4	6,5	12,8	16,9	20,6	22,9	21,8	17	11,8	6,7	1,9
2014-2022	1,3	4,5	7,4	12,4	16,8	21,7	23,1	22,7	17,5	12,2	7,4	3,1

Grafikon 2.1. Srednje mjesečne temperature po mjesecima za višegodišnje razdoblje (2014-2022./2004.-2013.) za lokaciju Osijek

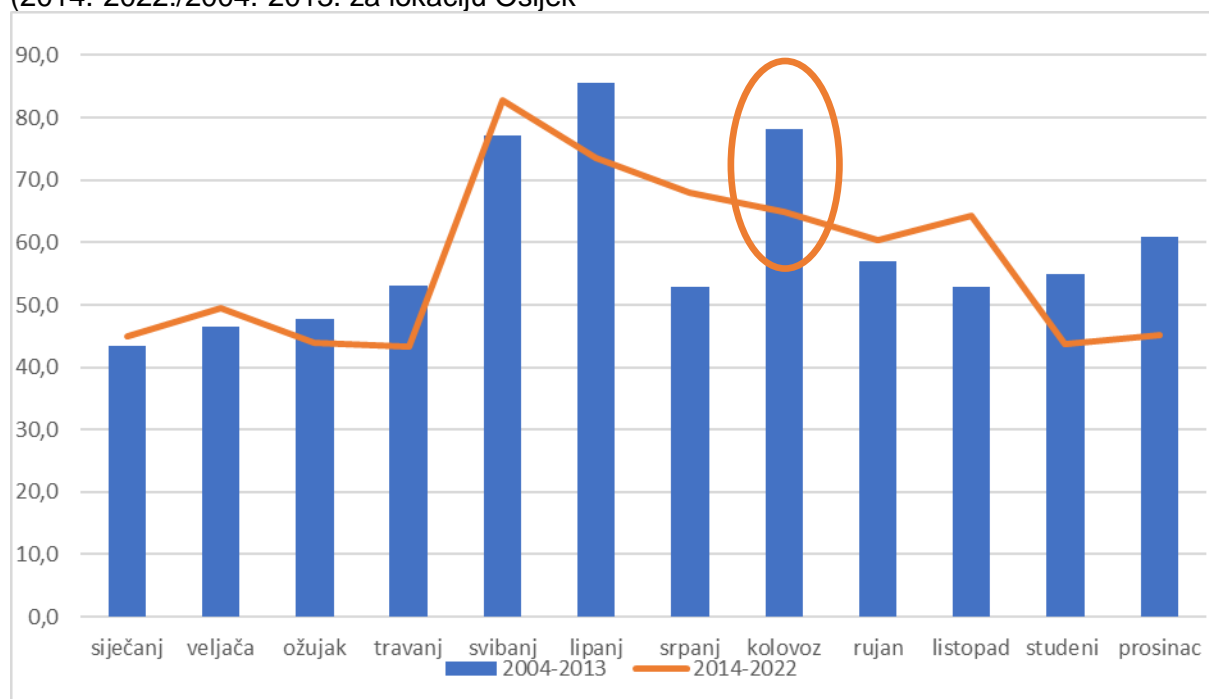


Usporedbom višegodišnjih prosjeka dva vremenska intervala 2004.-2013. u odnosu na 2014.-2022., možemo nedvojbeno zaključiti da je temperatura porasla za gotovo jedan stupanj (0,75 °C), u odnosu na prethodno razdoblje. Najveće povećanje srednje mjesečne temperature zabilježeno je u mjesecu veljači za 3,1°C u odnosu na razdoblje 2004.-2013. godina. Trend povećanja temperatura zimskog perioda je vidljiv za sve mjesece od prosinca-ožujka.

Tablica 2.2. Srednje mjesečne i godišnje količine oborina (mm/m²) za razdoblje od 2004.-2013./2014.-2022. godine za lokaciju Osijek

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	suma
2004-2013	43,4	46,5	47,7	53,0	77,1	85,6	52,8	78,2	57,0	52,8	54,9	60,9	709,8
2014-2022	45,0	49,5	44,0	43,3	82,8	73,5	68,0	64,9	60,4	64,3	43,8	45,1	684,6

Grafikon 2.2. Srednje mjesečne količine oborina po mjesecima za višegodišnje razdoblje (2014.-2022./2004.-2013. za lokaciju Osijek



Usporedbom višegodišnjih prosjeka dva vremenska intervala, 2004.-2013. u odnosu na 2014.-2022., a gledano na razini srednjih mjesečnih količina oborina možemo zaključiti da je količina oborina na lokaciji Osijek manja za 45 mm/m². Najveće smanjenje oborina je izmjereno za mjesec kolovoz 18,2 mm/m² i prosinac 13,9 mm/m², međutim sa agronomske strane možda najzabrinjavajući manjak oborina događa se u mjesecu travnju i lipnju koji su u ratarskoj proizvodnji itekako važni i direktno utječu na kvantitet i kvalitet proizvodnje kao i drugi čimbenici npr. plodnosti tla, izbor sorte, agrotehnika i drugo.

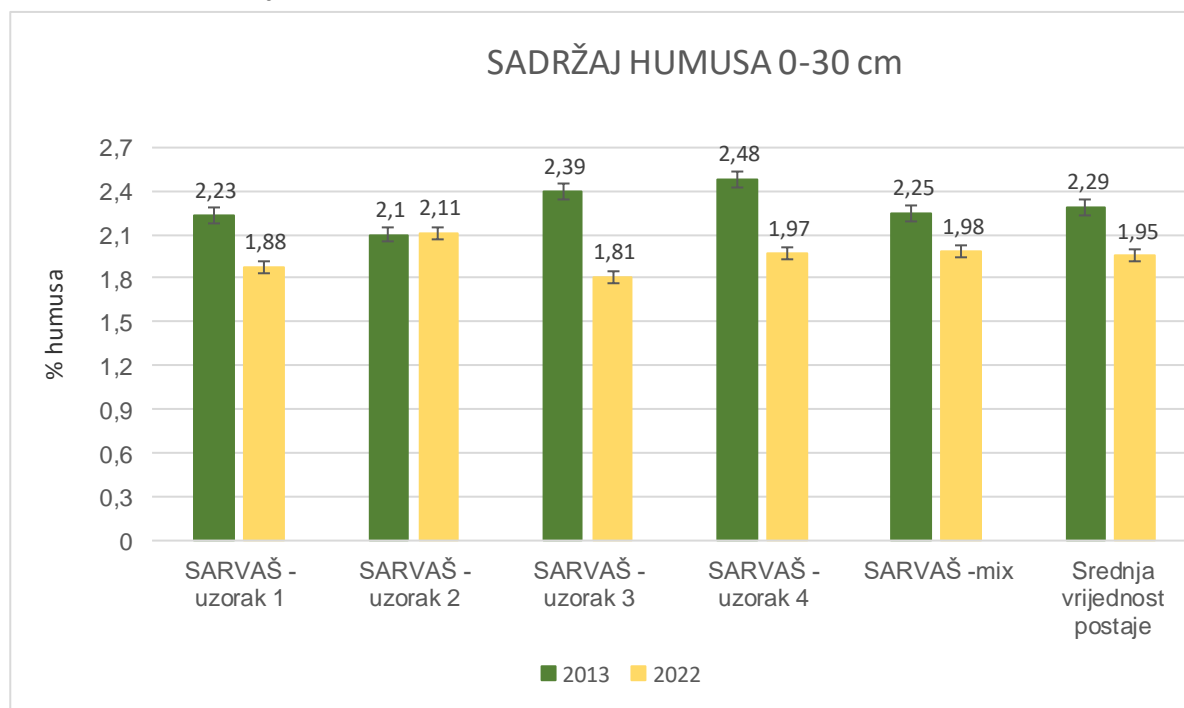
Tablica 2.3. Sadržaj humusa lokacija Sarvaš 2013.-2022.

LOKACIJA SARVAŠ	2013	2022	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2	
Sarvaš-uzorak 1	2,23	1,88	0,00176388	2,29	1,95	0,15	0,113358	
Sarvaš-uzorak 2	2,10	2,11						
Sarvaš-uzorak 3	2,39	1,81	Razlike u % humusa su stat značajne					
Sarvaš-uzorak 4	2,48	1,97	p<0,05					
Sarvaš- mix	2,25	1,98						

Tablica 2.4. Statistika sadržaj humusa Sarvaš

	2013	2022
Mean	2,29	1,95
Variance	0,02185	0,00292
Observations	5	5
Pooled Variance	0,012385	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	-	
P(T<=t) one-tail	2,528960238	
t Critical one-tail	0,017656282	
P(T<=t) two-tail	1,859548038	
t Critical two-tail	0,035312565	
	2,306004135	

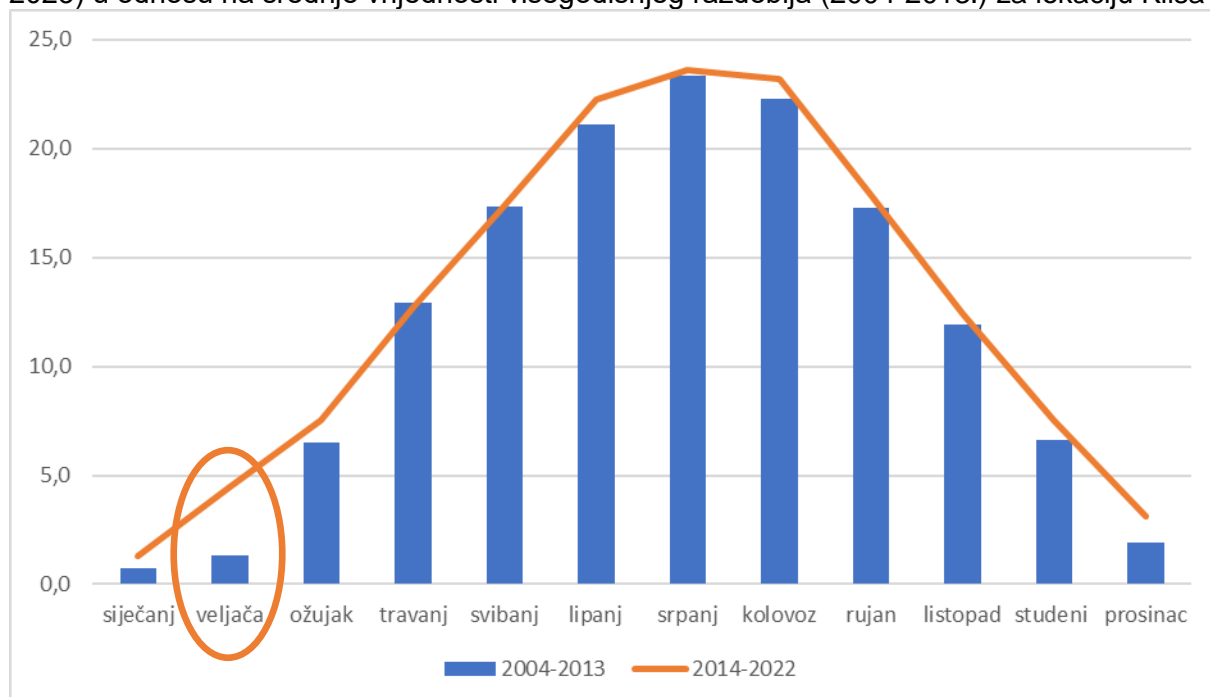
Grafikon 2.3: Sadržaj humusa, Sarvaš



Tablica 2.5. Klisa, srednje mjesečne i godišnje temperature zraka za razdoblje od 2004.-2013. i 2014.-2022. godine.

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
2004-2013	0,7	1,3	6,5	12,9	17,4	21,1	23,3	22,3	17,3	11,9	6,6	1,9
2014-2022	1,3	4,5	7,6	12,7	17,4	22,3	23,6	23,2	17,9	12,4	7,5	3,1

Grafikon 2.4. Srednje mjesečne temperature po mjesecima za višegodišnje razdoblje (2014-2023) u odnosu na srednje vrijednosti višegodišnjeg razdoblja (2004-2013.) za lokaciju Klisa

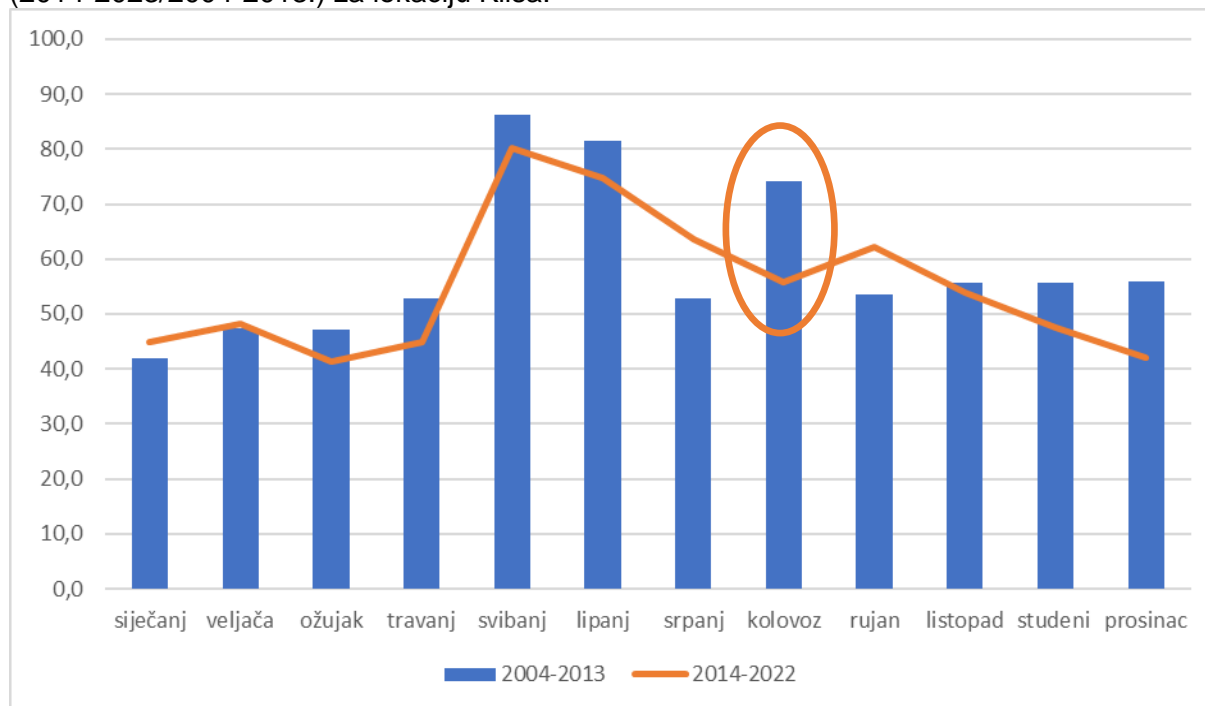


Usporedbom višegodišnjih prosjeka dva vremenska intervala 2004.-2013. u odnosu na 2014.-2022. vidljivo je povećanje srednje mjesečne temperature po svi mjesecima. Najveće povećanje srednje mjesečne temperature zabilježeno je u mjesecu veljači i to za čak 3,2 °C, u odnosu na prethodo razdoblje. Također možemo zamjetiti trend povećanje srednje mjesečne temperature kroz čitav zimski period.

Tablica 2.6. Klisa, srednje mjesečne i godišnje količine oborina za razdoblje od 2004.-2013. i 2014.-2022. godine (mm/m²)

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studenj	prosinac	suma
2004-2013	42,0	47,3	47,2	52,9	86,1	81,4	52,8	74,1	53,6	55,6	55,7	55,9	704,5
2014-2022	44,8	48,1	41,4	45,0	80,3	74,7	63,7	55,8	62,1	53,8	47,5	41,9	659,2

Grafikon 2.5. Srednje mjesečne količine oborina po mjesecima za višegodišnje razdoblje (2014-2023/2004-2013.) za lokaciju Klisa.



Usporedbom višegodišnjih prosjeka dva vremenska intervala, 2004.-2013. u odnosu na 2014.-2022., a gledano na razini srednjih mjesečnih količina oborina možemo zaključiti da je količina oborina na lokaciji Klisa manja i to najveće smanjenje oborina je izmjereno za mjesec kolovoz 18,3 mm/m² i prosinac 14,00 mm/m². Sa agronomske strane nedostatak oborina u proljetnom i ljetnom periodu predstavlja veliki problem, zbog manjka oborina i visokih temperatura koje se poklapaju s cvjetanjem uzgajanih kultura i nalijevanjem zrna žitarica dolazi do značajnih smanjenja prinosa uzgajanih kultura.

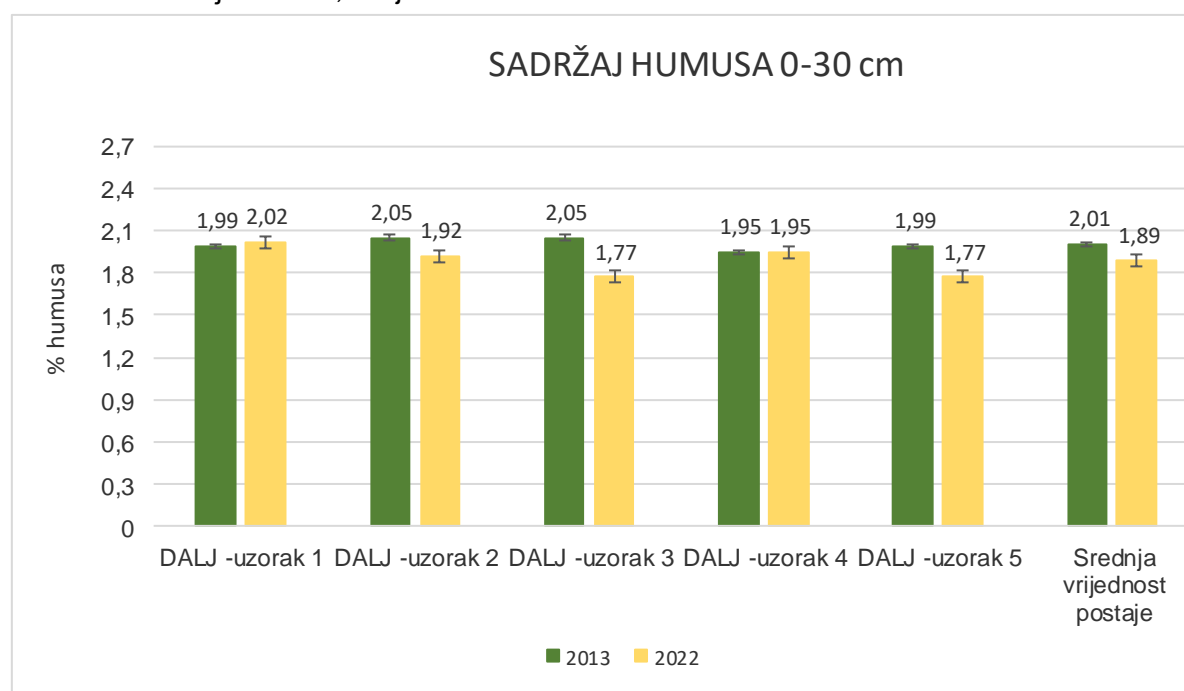
Tablica 2.7. Sadržaj humusa 2013.-2022. Dalj

LOKACIJA DALJ	2013	2022						
	% humusa	% humusa	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2	
IPA-DALJ-uzorak 1	1,99	2,02	0,02792	2,01	1,89	0,04336	0,11194	
IPA-DALJ-uzorak 2	2,05	1,92						
IPA-DALJ-uzorak 3	2,05	1,77	Razlike u % humusa su stat značajne					
IPA-DALJ-uzorak 4	1,95	1,95	p<0,05					
IPA-DALJ-uzorak mix 1	1,99	1,77						

Tablica 2.8. Statistika sadržaj humusa DALJ 2013/2022

	2013	2022
Mean	2,01	1,89
Variance	0,00188	0,01253
Observations	5	5
Pooled Variance	0,007205	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	2,235291969	
P(T<=t) one-tail	0,027917044	
t Critical one-tail	1,859548038	
P(T<=t) two-tail	0,055834089	
t Critical two-tail	2,306004135	

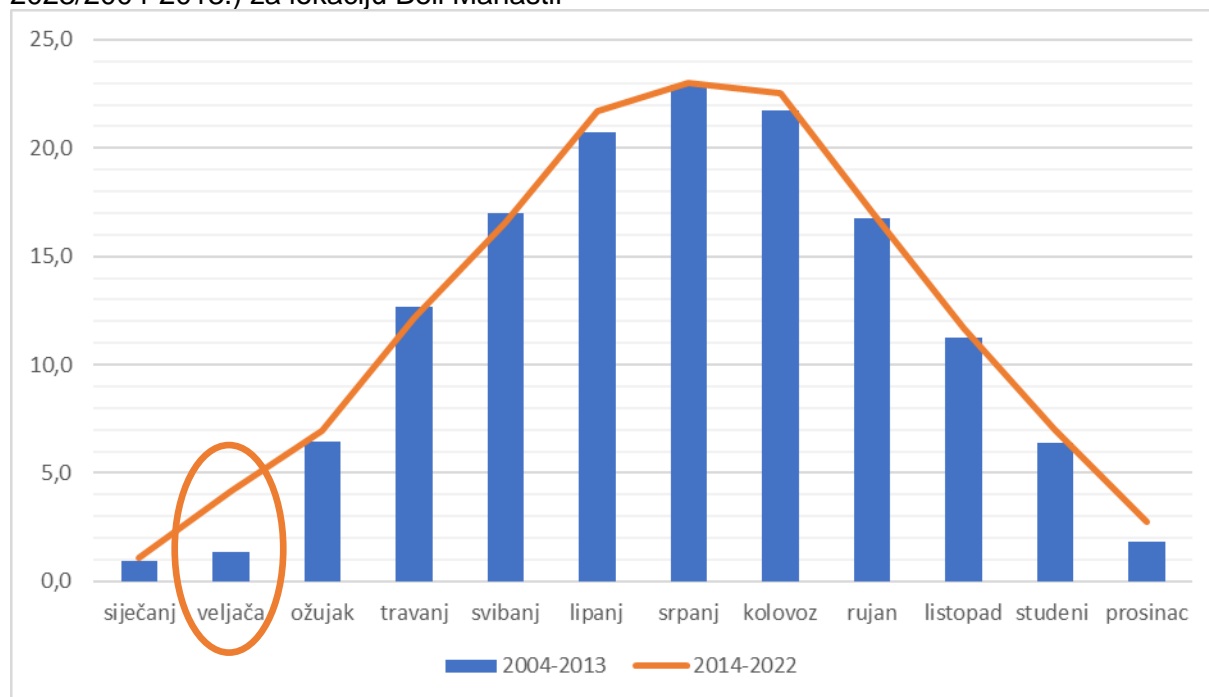
Graf 2.6. Sadržaj humusa, Dalj



Tablica 2.9. Beli Manastir, srednje mjesečne i godišnje temperature zraka za razdoblje od 2004.-2013. i 2014.-2022. godine

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
2004-2013	0,9	1,3	6,4	12,7	17,0	20,7	22,9	21,7	16,8	11,3	6,4	1,8
2014-2022	1,1	4,2	6,9	12,2	16,6	21,7	23,0	22,6	17,1	11,7	7,0	2,8

Grafikon 2.7. Srednje mjesečne temperature po mjesecima za višegodišnje razdoblje(2014-2023/2004-2013.) za lokaciju Beli Manastir

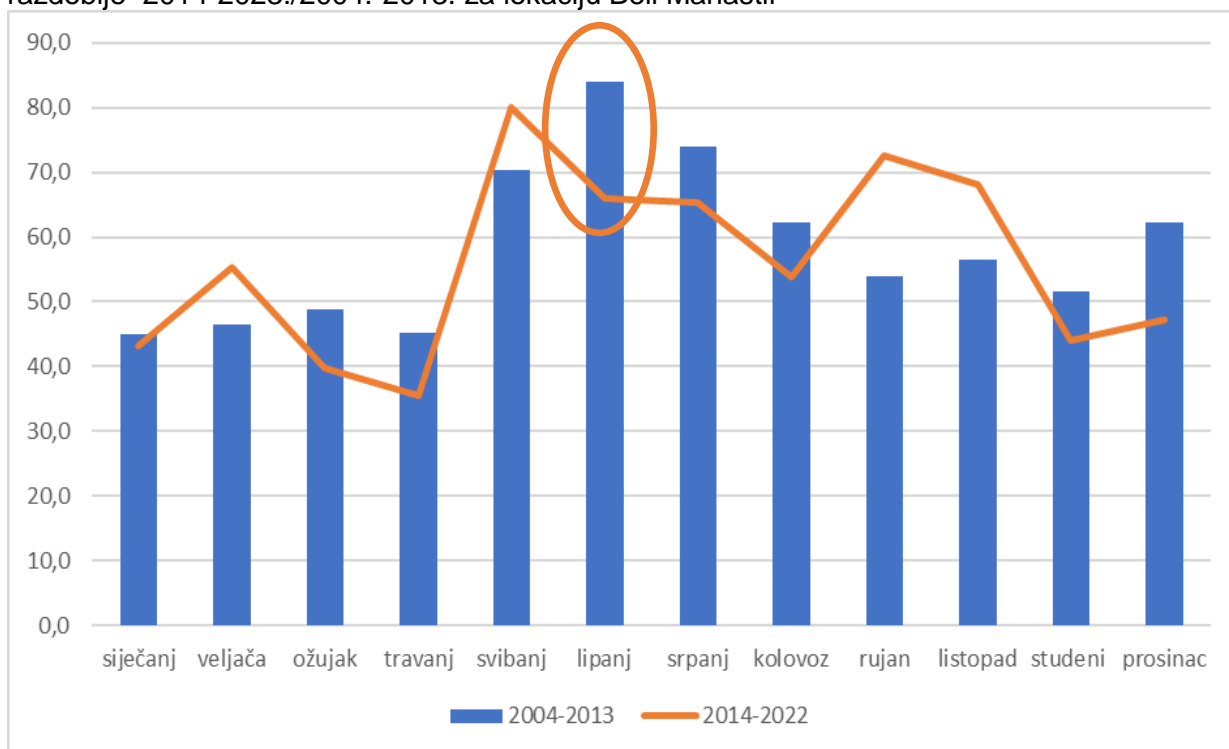


Usporedbom višegodišnjih prosjeka dva vremenska intervala 2004.-2013. u odnosu na 2014.-2022. i dalje je vidljiv trend porasta srednje mjesečne temperature gdje je i na lokalitetu Belog Manastira uočena najveća razlika u mjesecu veljači od čak 2,9°C u odnosu na prethodno razdoblje. Iz podataka je vidljivo da je temperatura zraka veća u zimskom periodu, čega smo svjedoci zadnjih 10- ak godina.

Tablica 2.10. Beli Manastir, srednje mjesečne i godišnje količine oborina za razdoblje od 2004.-2013./ 2014.-2022. godine (mm/m²)

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	suma
2004-2013	44,9	46,5	48,7	45,1	70,4	84,1	74,1	62,3	54,0	56,5	51,6	62,2	700,3
2014-2022	43,2	55,3	39,8	35,6	80,0	66,0	65,3	53,9	72,6	68,1	43,9	47,3	671,0

Grafikon 2.8. Srednje mjesečne količine oborina mm/m² po mjesecima za višegodišnje razdoblje 2014-2023./2004.-2013. za lokaciju Beli Manastir



Usporedbom višegodišnjih prosjeka dva vremenska intervala, 2004.-2013. u odnosu na 2014.-2022., a gledano na razini srednjih mjesečnih količina oborina možemo zaključiti da je količina oborina na lokaciji Beli Manastir manja i to najveće smanjenje oborina je izmjereno za mjesec lipnju 18,0 mm/m² i prosincu 14,9 mm/m². Sa agronomske strane nedostatak oborina u proljetnom i ljetnom periodu predstavlja veliki problem jer narušava kvantitet i kvalitet konačnog produkta proizvodnje što dovodi do konačnog smanjenja produktivnosti i prinosa.

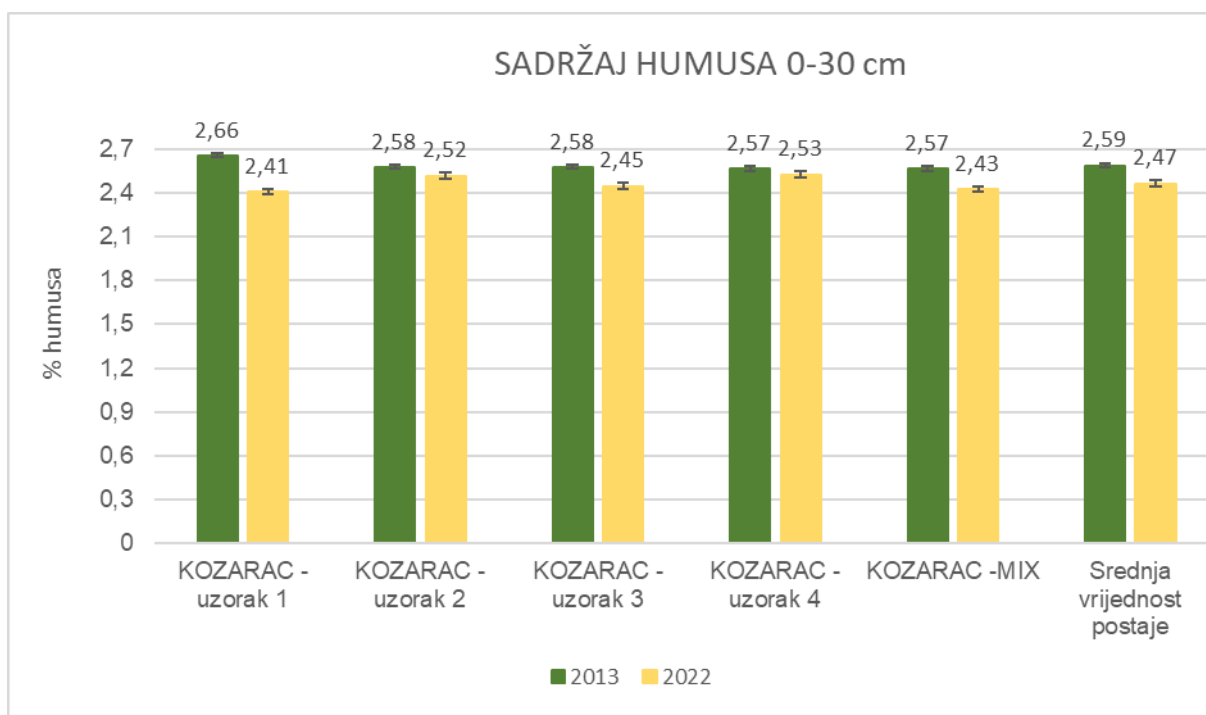
Tablica 2.11. Sadržaj humusa 2013.-2022 Kozarac

LOKACIJA KOZARAC	2013	2022					
	% humusa	% humusa	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2
KOZARAC uzorak 1	2,66	2,41	0,00153	2,59	2,47	0,03834	0,05404
KOZARAC uzorak 2	2,58	2,52					
KOZARAC uzorak 3	2,58	2,45	Razlike u % humusa su stat značajne				
KOZARAC uzorak 4	2,57	2,53	p<0,05				
KOZARAC uzorak mix 1	2,57	2,43					

Tablica 2.12. Statistika sadržaj humusa Kozarac 2013/2022

	2013	2022
Mean	2,59	2,47
Variance	0,00147	0,00292
Observations	5	5
Pooled Variance	0,002195	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	4,184797304	
P(T<=t) one-tail	0,00152973	
t Critical one-tail	1,859548038	
P(T<=t) two-tail	0,003059461	
t Critical two-tail	2,306004135	

Graf 2:9. Sadržaj humusa, Kozarac



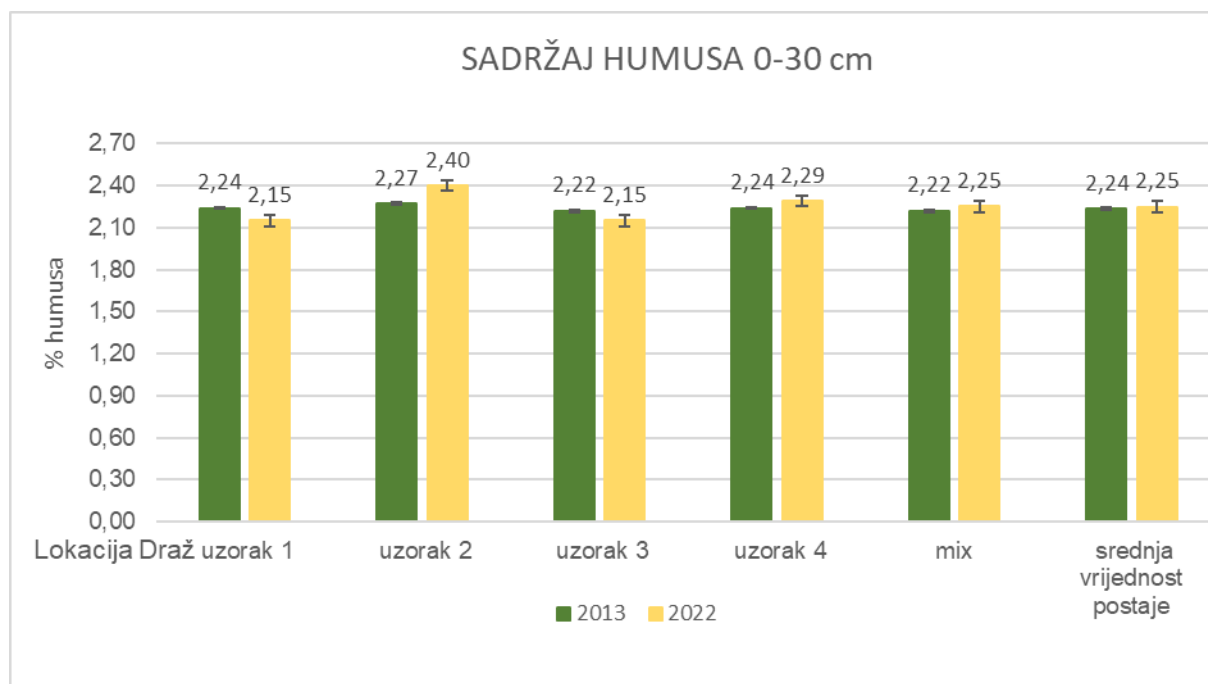
Tablica 2.13. Sadržaj humusa 2013.-2022. Draž

LOKACIJA DRAŽ	2013	2022	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2
DRAŽ uzorak 1	2,24	2,15	0,421963143	2,24	2,25	0,020494	0,104976
DRAŽ uzorak 2	2,27	2,40					
DRAŽ uzorak 3	2,22	2,15	Razlike u % humusa nisu stat značajne				
DRAŽ uzorak 4	2,24	2,29	p>0,05				
DRAŽ uzorak mix	2,22	2,25					

Tablica 2.14: Statistika sadržaj humusa Draž 2013/2022

	2013	2022
Mean	2,24	2,25
Variance	0,00042	0,01102
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	0,209060503	
P(T<=t) one-tail	0,422308065	
t Critical one-tail	2,131846786	
P(T<=t) two-tail	0,84461613	
t Critical two-tail	2,776445105	

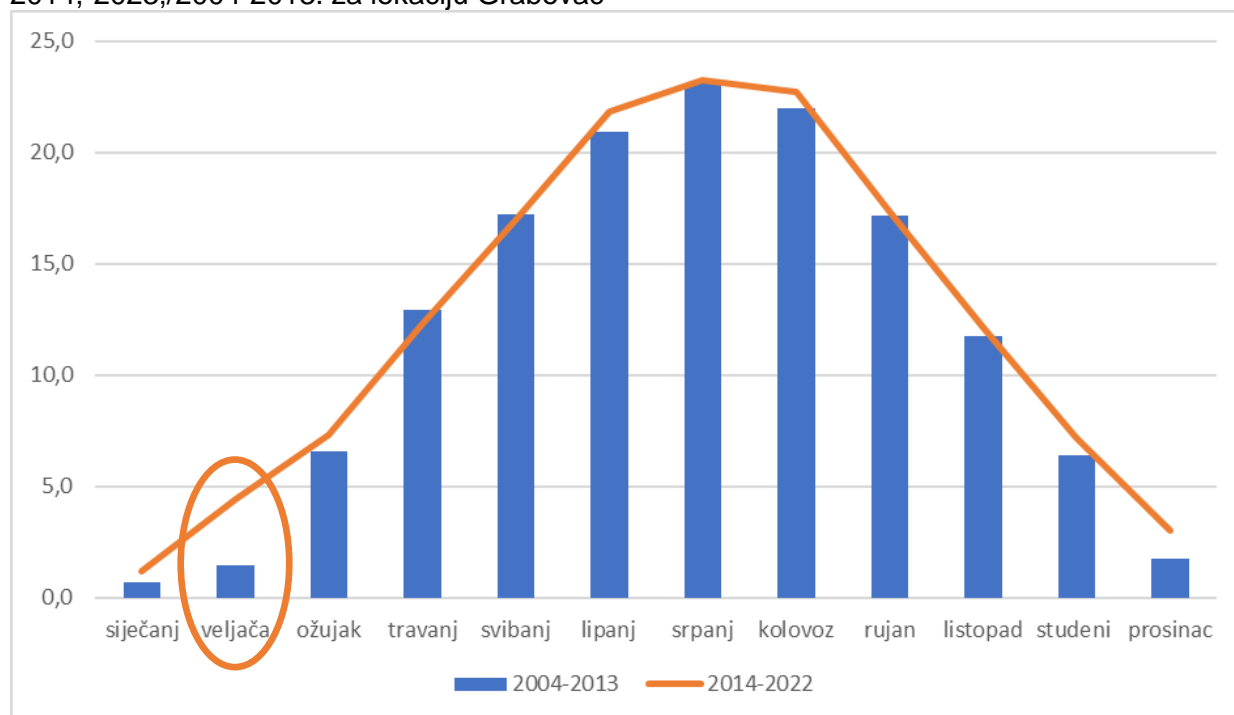
Grafikon 2:10. Sadržaj humusa, Draž



Tablica 2.15. Grabovac, srednje mjesečne i godišnje temperature zraka za razdoblje od 2004.-2013. i 2014.-2022. godine (mm/m²)

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
2004-2013	0,7	1,5	6,6	12,9	17,2	20,9	23,1	22,0	17,2	11,8	6,4	1,8
2014-2022	1,2	4,4	7,3	12,3	17,0	21,9	23,3	22,7	17,4	12,1	7,2	3,0

Grafikon 2.11. Srednje mjesečne temperature po mjesecima za višegodišnje razdoblje 2014,-2023,/2004-2013. za lokaciju Grabovac

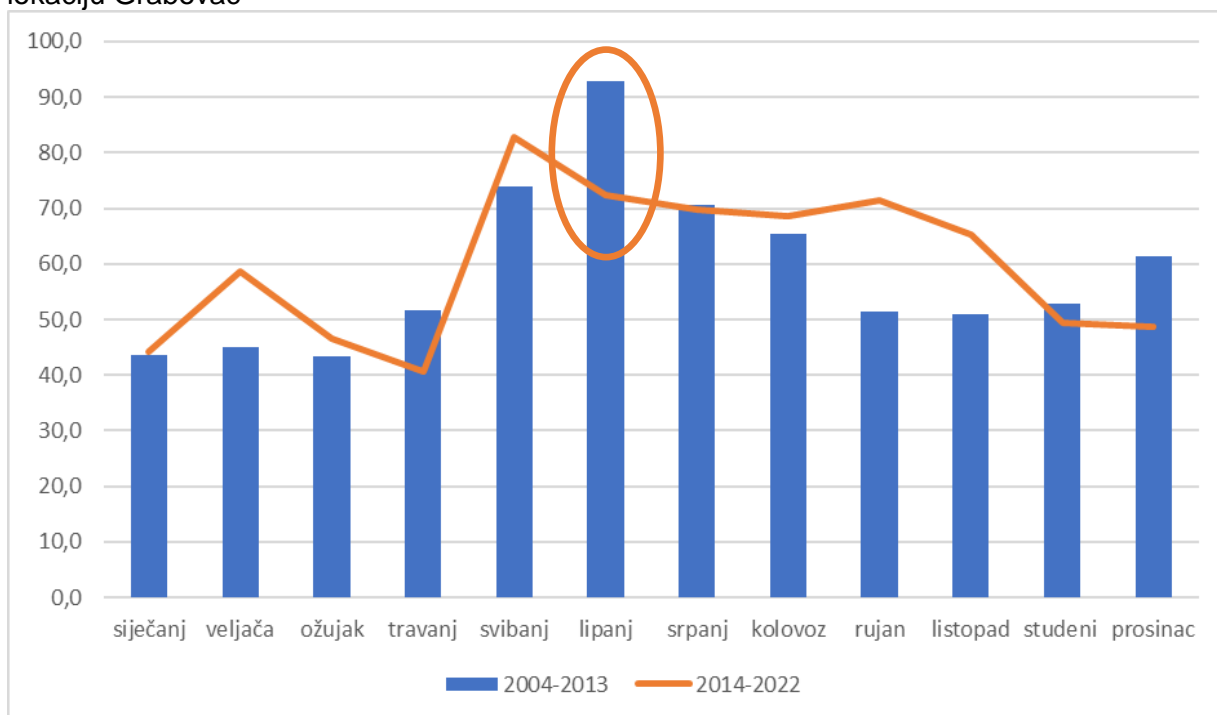


Usporedbom višegodišnjih prosjeka dva vremenska intervala 2004.-2013. u odnosu na 2014.-2022. i dalje je vidljiv trend porasta srednje mjesečne temperature gdje je i na lokalitetu Grabovac uočena najveća razlika u mjesecu veljači od čak 3,0°C u odnosu na prethodno razdoblje. Iz podataka je vidljivo da je temperatura zraka veća u zimskom periodu, čega smo svjedoci zadnjih 10- ak godina.

Tablica 2.16. Grabovac, srednje mjesečne i godišnje količine oborina za razdoblje od 2004.-2013. i 2014.-2022. godine (mm)

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	suma
2004-2013	43,6	45,1	43,3	51,7	74,0	92,8	70,7	65,5	51,5	51,0	53,0	61,4	703,5
2014-2022	44,2	58,7	46,7	40,6	82,8	72,5	69,8	68,5	71,5	65,3	49,5	48,7	718,7

Grafikon 2.12. Srednje mjesečne količine oborina po mjesecima za višegodišnje razdoblje (2014-2023) u odnosu na srednje vrijednosti višegodišnjeg razdoblja (2004-2013.) za lokaciju Grabovac



Usporedbom višegodišnjih prosjeka dva vremenska intervala, 2004.-2013. u odnosu na 2014.-2022., a gledano na razini srednjih mjesečnih količina oborina možemo zaključiti da količina oborina na lokaciji Grabovac nije u prosjeku manja nego u ranijem intervalu, ali zabilježeno smanjenje oborina u mjesecu lipnju 20,3 mm/m² i prosincu 12,6 mm/m² u odnosu na ranije razdoblje. Sa agronomske strane nedostatak oborina u proljetnom i ljetnom periodu predstavlja veliki problem jer narušava kvantitet i kvalitet konačnog produkta proizvodnje što dovodi do konačnog smanjenja produktivnosti i prinosa

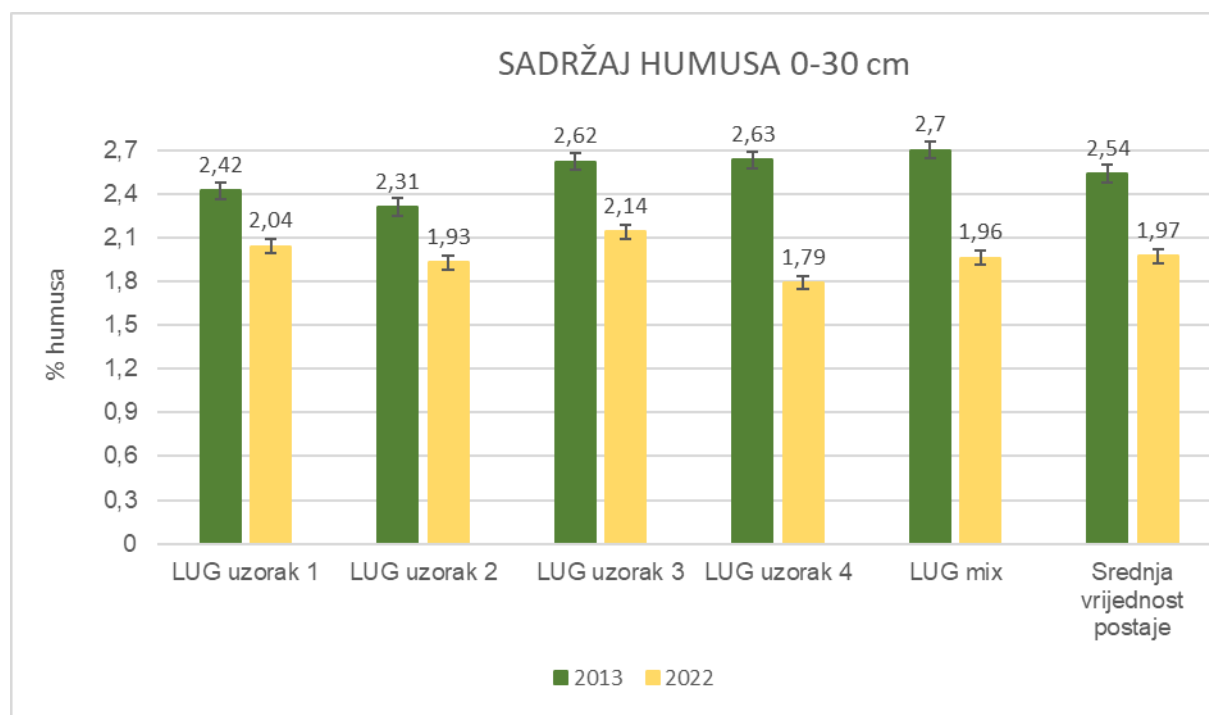
Tablica 2.17. Sadržaj humusa 2013.-2022. Lug

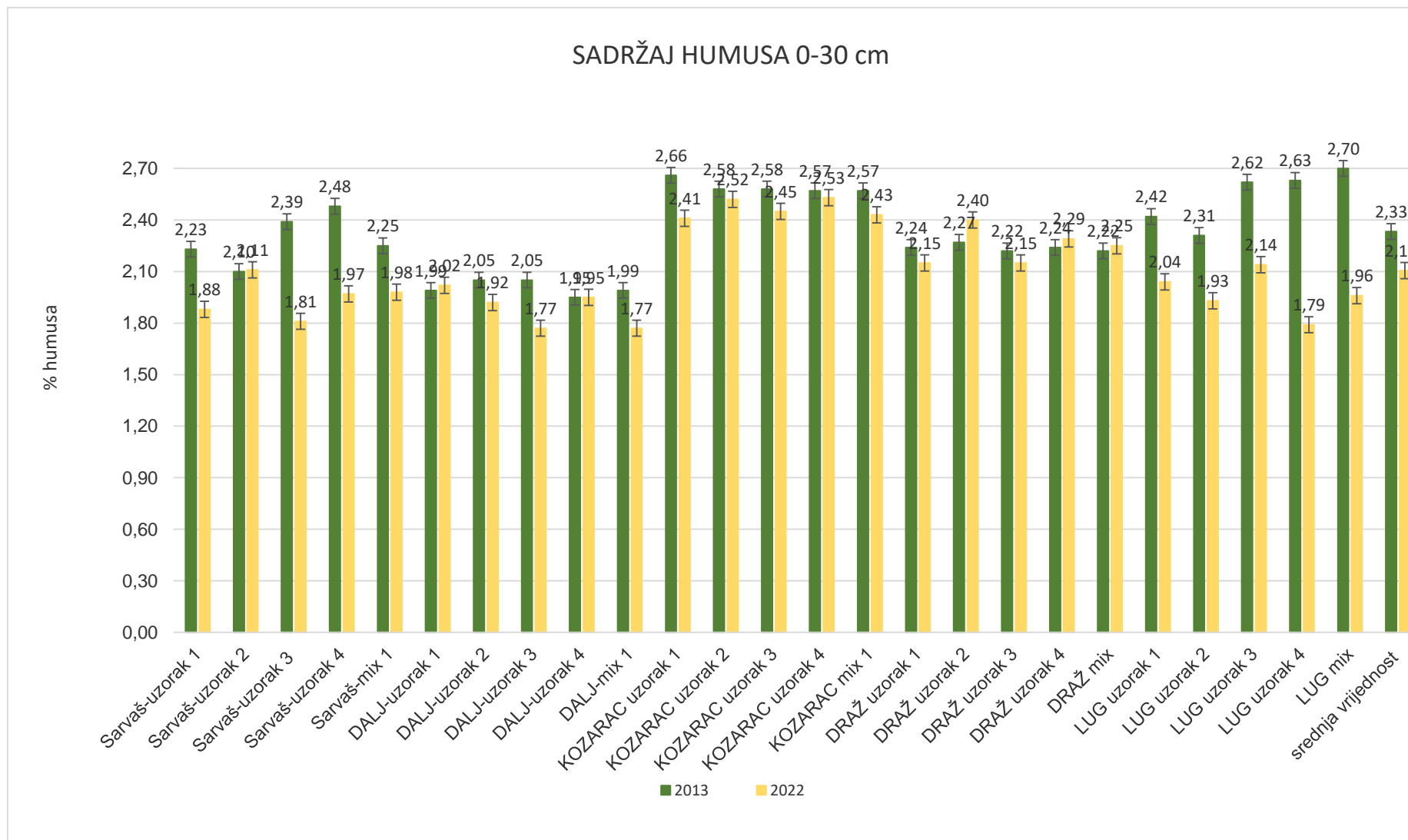
LOKACIJA LUG	2013	2022	T-test	a1	a2	stdev1	stdev2
LUG uzorak 1	2,42	2,04	0,00015709	2,54	1,97	0,163799	0,130269
LUG uzorak 2	2,31	1,93					
LUG uzorak 3	2,62	2,14	Razlike u % humusa su stat značajne				
LUG uzorak 4	2,63	1,79	p<0,05				
LUG uzorak mix	2,70	1,96					

Tablica 2.18 Statistika sadržaj humusa Lug

	2013	2022
Mean	2,54	1,97
Variance	0,02683	0,01697
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	6,025971189	
P(T<=t) one-tail	0,00015709	
t Critical one-tail	1,859548038	
P(T<=t) two-tail	0,000314181	
t Critical two-tail	2,306004135	

Grafikon 2:13. Sadržaj humusa, Lug





2.4. Rad u laboratoriju, rezultati i komentari analiza

Za potrebe projekta odrađene su slijedeće kemijske analize tla:

a) Kemija tla

pH u H₂O i KCl HRN ISO 10390 i (CaCl₂)₁; Sadržaj ukupnih karbonata HRN ISO 10693 i (CaO) Metoda po Galet-u; Hidrolitska kiselost, y₁, Metoda po Kapen-u; KIK (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺); Amon-acetat metoda (pH=7); Ukupni C, Bikromatna spektrofotometrijska metoda HRN ISO 106942; Ukupni N, Metoda po Kjeldahl-u HRN ISO 138782; Ukupni S, HRN ISO 151782 ; NO³⁻; Metoda s granulama cinka; Pristupačna hraniva u tlu: pH – HOH ≤ 7: Amon-laktatna metoda, - fosfor pH – HOH > 7: HRN ISO 11263; - kalij; Amon-laktatna metoda; Teški metali i potencijalno toksični elementi: Fe, Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Zn, ukupni i pristupačni. Ekstrakcija ukupnih u zlatotopci - HRN ISO 11466; Ekstrakcija lako pristupačnih s EDTA; određivanje na AAS i ICP – HRN ISO 11047; EC – konduktivitet

b) Fizika tla

Mehanički sastav tla HRN ISO 11277; Volumna gustoća tla HRN ISO 11272; Maksimalni kapacitet tla za vodu, pF 0 HRN ISO 11274; Kapacitet tla za vodu, pF 2,5 HRN ISO 11274; Točka venuća, pF 4,2 HRN ISO 11274; Fiziološki aktivna i lako pristupačna voda HRN ISO 11274; Gustoća čvrstih čestica i ukupna poroznost HRN ISO 11508; Retencijski kapacitet tla za vodu HRN ISO 11465; Kapacitet tla za zrak HRN ISO 11465; Propusnost tla za vodu HRN ISO 17313; Stabilnost strukturnih agregata u vodi, obračun;

c) Analiza procjedne vode:

Određivanje sadržaja izmjenjivih aniona NO³⁻, SO₄²⁻, Cl—ionska kromatografija

AGROEKOTEH – Specifični cilj 2.

Tablica 2-19. Interpretacijske vrijednosti morfoloških osobina sistematskih jedinica tala

Broj profila	Sistematska jedinica tla	Dubina (cm)	Horizont tla	Boja tla u vlažnom stanju
			Genetska oznaka	
P-1	Černozem na lesu	0-42 42-59 59-99 >99	Ap AC C C,ca	4/3 10YR 6/3 10YR 8/3 10YR 8/6 10YR
P-2	Černozem na lesu, izluženi	0-40 40-77 77-114 >114	Ap AC,ca C,ca Cca	5/3 10YR 6/3 10YR 7/1 10YR 8/4 10YR
P-3	Černozem na lesu, plitki	0-30 30-57 57-89 >89	A AC C C,ca	4/3 10YR 6/4 10YR 6/6 10YR 8/2 10YR
P-4	Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo	0-21 21-42 42-71 71-109 109-126 126-139 >139	A(p) AG Gso Gr CGr Gr CGr	4/3 2,5Y 5/4 5Y 5/3 5Y 6/4 5Y 6/2 5Y 6/3 5Y 7/2 5Y
P-5	Fluvijalno livadsko tlo	0-24 24-35 35-44 44-50 50-61 >61	A(p) A AC C I Gso II Gso	4/1 10YR 5/1 10YR 6/1 10YR 7/3 10YR 6/1 10YR

Tablica 2-20. Osnovna fizikalna svojstva sistematskih jedinica tala

Lab. broj		Broj profila	Sistematska jedinica tla	Dubina (cm)	Trenut na Vлага (%vo)	P % vol		Ocjena P	Kv % vol		Ocjena Kv	Kz % vol		Ocjena Kz	pv g/cm ³		pč g/cm ³	
2013	2022					2013	2022		2013	2022		2013	2022		2013	2022	2013	2022
117 118	6815 6816	P-1	Černoziem na lesu	0-42 42-59	31 28	48 48	44 46	Malo porozno Porozno	36 38	31 29	Mali Mali	12 10	13 17	Dobar Vrlo dobar	1,35 1,32	1,47 1,44	2,62 2,66	2,62 2,65
121 122	6206 6207	P-2	Černoziem na lesu, izluženi, plitki	0-40 40-77	32 30	43 44	40 43	Malo porozno Malo porozno	38 36	34 30	Mali Mali	5 8	6 13	Umjeren Dobar	1,50 1,49	1,57 1,49	2,64 2,64	2,62 2,62
125 126	6522 6523	P-3	Černoziem na lesu, plitki	0-38 38-57	32 30	49 42	41 43	Malo porozno Malo porozno	35 37	32 32	Mali Mali	14 5	9 11	Umjeren Dobar	1,33 1,52	1,53 1,48	2,62 2,62	2,60 2,61
165 166	6101 6102	P-4	Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo	0-21 21-42	33 32	50 47	51 45	Porozno Porozno	40 40	29 32	Mali Mali	10 7	22 13	Prevelik Dobar	1,32 1,47	1,32 1,47	2,66 2,77	2,69 2,67
172 173	3882 3883	P-5	Fluvijalno livadsko tlo	0-24 24-35	26 33	48 42	59 44	Porozno Malo porozno	40 40	26 33	Mali Mali	8 2	33 11	Prevelik Dobar	1,37 1,53	1,37 1,51	2,62 2,62	2,53 2,69

Tumač kratica : P = ukupna poroznost tla, Kv = retencijski kapacitet tla za vodu, Kz = kapacitet tla za zrak (%pora >60µm), pv = volumna gustoća tla, pč = gustoća čvrste faze tla

AGROEKOTEH – Specifični cilj 2.

Tablica 2-21. Određivanje raspodjele veličina čestica u mineralnom dijelu tla (mehanički sastav tla) - Metoda pripreme tla s Na – pirofosfatom

Lab. broj		Broj profila	Sistematska jedinica tla	Genetska oznaka horizonta	Dubina (cm)	Postotni sadržaj čestica / promjer (mm)						Teksturna oznaka	
						Pijesak		Prah		Glina			
						0,063-2,000		0,063-0,002		< 0,002			
2013	2022					2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022
117	6815	P-1	Černoziem na lesu	Ap	0-42	2	3	74	77	24	20	PrI	PrI
118	6816			AC	42-59	2	4	75	72	23	24		
119	6817			C	59-99	3	5	77	73	21	22		
120	6818			C,ca	>99	5	5	84	79	12	18		
121	6206	P-2	Černoziem na lesu, izluženi, duboki	Ap	0-40	1	4	74	69	25	27	PrI	PrGI
122	6207			AC,ca	40-77	2	3	75	69	23	28		
123	6208			C,ca	77-114	4	5	78	74	18	21		
124	6209			Cca/Gso	>114	4	7	81	75	15	19		
125	6522	P-3	Černoziem na lesu, plitki	A	0-30	2	12	68	58	31	30	PrGI	PrGI
126	6523			AC	30-57	1	2	70	68	28	30		
127	6524			C	57-89	5	4	69	71	26	25		
128	6525			C,ca	>89	6	7	74	70	20	23		
165	6101	P-4	Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo	A(p)	0-21	5	5	69	69	26	26	PrI	PrI
166	6102			AG	21-42	5	5	73	72	22	23		
167	6103			Gso	42-71	3	12	80	71	17	17		
168	6104			Gr	71-109	4	26	80	63	15	11		
169	6105			CGr	109-126	65	12	34	77	1	11		
170	6106			Gr	126-139	12	20	77	68	11	11		
171	6107	CGr	>139	81	60	18	36	2	3	PrI	Pj		
172	3882	P-5	Fluvijalno livadsko tlo	A(p)	0-24	18	9	59	70	23	21	PrI	PrI
173	3883			A	24-35	16	8	58	71	25	21		
174	3884			AC	35-44	20	14	62	72	18	14		
175	3885			C	44-50	74	46	24	49	1	6		
176	3886			I Gso	50-61	25	89	65	10	10	1		
177	3887			II Gso	>61	93	5	5	69	2	26		

Tumač kratica: PrGI – Praškasto- glinasta- ilovača, PrI – Praškasta- ilovača, I – Ilo3vača, PrG praškasta- glina*prema trokutu za određivanje teksturnih klasa tla, izvor : Guidelines for soil description, FAO (199

Tablica 2-22. Hidropedološka svojstva tla

Lab.broj		Broj profila	Sistematska jedinica tla	Dubina cilindara(cm)	Genetska oznaka horizonta	Retencija tla za vodu - % vol					
						Kv (0,33 bara)		Lkt (6,25 bara)		Tv (15 bara)	
2013	2022					2013	2022	2013	2022	2013	2022
117 118	6815 6816	P-1	Černozem na lesu	22-27 46-51	Ap AC	28 29	29 29	13 13	13, 15	11 11	11,64 11,64
121 122	6206 6207	P-2	Černozem na lesu, izluženi, plitki	20-35 45-50	Ap ACca	29 29	28 29	12 12	10 12	11 11	10 10,60
125 126	6522 6523	P-3	Černozem na lesu, plitki	21-26 42-47	A AC	30 29	31 29	14 13	15 15	12 12	12,32 11,65
165 166	6101 6102	P-4	Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo	12-17 30-35	A(p) AG	30 30	32 34	15 14	14 16	14 11	12 10
172 173	3882 3883	P-5	Fluvijalno livadsko tlo	15-20 27-32	A(p) A	30 28	29 29	16 15	14 12	14 14	12 10

Tumač kratica: Kv – poljski kapacitet tla za vodu, Lkt = lentokapilarna točka, Tv = točka venuća

Tablica 2-23. Interpretacijske vrijednosti gustoće pakovanja

Broj profila	Sistematska jedinica tla	Genetska oznaka horizonta	Dubina (cm)	Koeficijent pora(e)		Volumna gustoća tla g/cm ³		% gline		Gustoća pakovanja g/cm ³	
				2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022
P-1	Černozem na lesu	Ap AC	0-42 42-59	48	44	1,35	1,47	24	20	2,62	2,62
				48	46	1,32	1,44	23	24	2,66	2,65
P-2	Černozem na lesu, izluženi, plitki	Ap AC,ca	0-40 40-77	43	40	1,50	1,57	25	27	2,64	2,62
				44	43	1,49	1,49	23	28	2,64	2,62
P-3	Černozem na lesu, plitki	A AC	0-30 30-57	49	41	1,33	1,53	31	30	2,62	2,60
				42	43	1,52	1,48	28	30	2,62	2,61
P-4	Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo	A(p) AG	0-21 21-42	50	51	1,32	1,32	26	26	2,66	2,69
				47	45	1,47	1,47	22	23	2,77	2,67
P-5	Fluvijalno livadsko tlo	A(p) A	0-24 24-35	48	59	1,37	1,03	23	*	2,62	2,53
				42	44	1,53	1,51	25	21	2,62	2,69

Tablica 2-24. Osnovna kemijska svojstva pedoloških profila tla

Broj profila	Dubina (cm)	Reakcija tla (pH)				Ocjena (pH) u KCl		CaCO ₃ (%)		Ocjena CaCO ₃ (%)		Hidrolit.acidite t
		H ₂ O		KCl								
		2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022	
P-1	0-42	7,87	8,39	7,36	7,51	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	1,1	3,0	Slabo karbonatno Srednje karbonatno Jako karbonatno Srednje karbonatno	Slabo karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno	*
	42-59	8,18	8,58	7,76	7,82	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	19,9	22,8			
	59-99	8,26	8,71	7,96	7,96	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	30,1	27,9			
	>99	8,73	8,77	7,94	7,93	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	25,0	21,9			
P-2	0-40	6,60	6,50	5,47	5,65	Kiselna reakcija	Neutralna reakcija	*	<0,4	* Srednje karbonatno Jako karbonatno Jako karbonatno	Slabo karbonatno Slabo karbonatno Srednje karbonatno Jako karbonatno	*
	40-77	8,17	7,78	7,73	7,07	Alkalna reakcija	Neutralna reakcija	19,1	1,2			
	77-114	8,74	8,64	7,95	7,85	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	32,2	28,9			
	>114	8,80	8,73	7,93	7,85	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	33,8	31,0			
P-3	0-30	7,63	7,28	6,56	6,54	Neutralna reakcija	Neutralna reakcija	0,4	0,8	Slabo karbonatno Slabo karbonatno Jako karbonatno Jako karbonatno	Slabo karbonatno Slabo karbonatno Srednje karbonatno Jako karbonatno	*
	30-57	8,47	8,08	7,50	7,19	Alkalna reakcija	Neutralna reakcija	4,7	1,5			
	57-89	8,41	8,42	7,96	7,72	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	31,9	20,9			
	>89	8,42	8,67	8,06	7,92	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	34,5	30,9			
P-4	0-21	8,38	8,33	7,67	7,63	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	29,0	18,4	Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno Jako karbonatno Jako karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno	Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno	*
	21-42	8,54	8,44	7,76	7,70	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	29,4	25,9			
	42-71	8,78	8,67	7,87	7,93	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	31,9	19,6			
	71-109	8,92	9,09	8,13	8,32	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	32,8	25,9			
	109-126	9,18	8,93	8,66	8,16	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	28,5	25,0			
	126-139	8,83	8,96	8,05	8,14	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	32,8	25,9			
	>139	8,68	9,03	7,68	8,43	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	27,7	25,0			
P-5	0-24	8,28	8,50	7,68	7,50	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	17,0	15,9	Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno Jako karbonatno Srednje karbonatno	Srednje karbonatno Srednje karbonatno Jako karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno Srednje karbonatno	*
	24-35	8,20	8,70	7,64	7,80	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	17,9	28,5			
	35-44	8,18	8,80	7,66	7,80	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	25,6	30,1			
	44-50	8,70	8,90	8,23	7,90	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	29,0	29,3			
	50-61	8,25	8,90	7,82	8,00	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	31,9	28,9			
	>61	8,96	9,10	8,53	8,60	Alkalna reakcija	Alkalna reakcija	22,1	23,4			

Tablica 2-25. Osnovna kemijska svojstva pedoloških profila tla

Broj profila	Dubina (cm)	Humus (%)			Dušik (%)			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		2013	2022	Ocjena	2013	2022	Ocjena	2013 mg/100 g tla	2022 mg/100 g tla	Ocjena opskrbljenosti	2013 mg/100 g tla	2022 mg/100 g tla	Ocjena opskrbljenosti
P-1	0-42 42-59	2,29 1,58	1,95 1,48	Umjereno humozno tlo Slabo humozno tlo	0,15 0,10	0,15 0,09	Dobro opskrbljeno Umjereno opskrbljeno	23,8 *	15,3 *	Dobro opskrbljeno	23,5 *	15,8 *	Dobro opskrbljeno
P-2	0-40 40-77	2,01 1,48	1,89 1,35	Slabo humozno tlo Slabo humozno tlo	0,13 0,09	0,14 0,09	Dobro opskrbljeno Umjereno opskrbljeno	15,1 *	9,4 *	Slabo opskrbljeno	18,1 *	18,8 *	Dobro opskrbljeno
P-3	0-30 30-57	2,59 1,83	2,47 1,64	Umjereno humozno tlo Slabo humozno tlo	0,16 0,11	0,16 0,10	Dobro opskrbljeno Umjereno opskrbljeno	>40 *	>40 *	Bogato opskrbljeno	>50 *	34,8 *	Bogato opskrbljeno
P-4	0-21 21-42	2,24 1,70	2,25 2,12	Umjereno humozno tlo Slabo humozno tlo	0,16 0,11	0,16 0,15	Dobro opskrbljeno Dobro opskrbljeno	9,6 *	7,9 *	Slabo opskrbljeno	16,3 *	13,5 *	Dobro opskrbljeno
P-5	0-24 24-35	2,54 2,30	1,97 2,04	Umjereno humozno tlo Umjereno humozno tlo	0,18 0,10	0,17 0,17	Dobro opskrbljeno Umjereno opskrbljeno	29,0 *	17,7 *	Dobro opskrbljeno	13,6 *	10,6 *	Slabo opskrbljeno

Tablica 2.26. Osnovna kemijska svojstva pedoloških profila tla

Broj profila	Dubina (cm)	Sadržaj izmjenjivih kationa mg/100 g								KIK	
		Mg		Ca		Na		K		mmol/ 100g	
		2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022
P-1	0-42	26,57	21,38	472,47	815,74	0,98	0,78	8,73	9,02	26,03	42,73
	42-59	20,62	19,97	777,53	864,29	0,84	0,94	4,02	5,07	40,64	44,94
P-2	0-40	40,22	35,21	256,77	279,88	1,28	0,89	7,15	11,35	18,66	17,19
	40-77	25,06	35,21	749,54	589,27	1,00	1,07	3,86	7,87	39,61	32,55
P-3	0-38	43,78	42,95	285,59	347,50	1,08	0,80	14,29	18,46	18,27	21,38
	38-57	36,43	40,42	650,95	499,22	1,28	0,92	8,14	8,53	35,74	28,50
P-4	0-21	37,44	37,37	686,88	870,00	0,72	1,11	6,11	5,88	37,54	46,69
	21-42	34,17	38,66	673,51	903,78	1,02	0,98	3,61	5,31	36,56	48,46
P-5	0-24	34,54	*	756,33	*	0,74	*	4,70	*	40,74	*
	24-35	34,25	30,36	751,30	869,10	0,84	1,83	3,65	2,70	40,44	46,02

Tablica 2-27. Osnovna kemijska svojstva kompozitnih uzoraka tla

Lokacija	Sistematska jedinica tla	Dubina (cm)	Reakcija tla (pH)		Humus %		Dušik %		P ₂ O ₅		K ₂ O	
			H ₂ O	KCl	2012	2022	2012	2022	mg/100 g tla		2012	2022
P-1	Černoziem na lesu	0-42	8,33	7,51	2,29	1,95	0,15	0,15	19,5	13,4	20,26	16,3
		42-59	8,49	7,73	1,58	1,48	0,10	0,09				
		59-99	8,59	7,82	*	*	*	*				
P-2	Černoziem na lesu, izluženi, plitki	0-40	6,51	5,50	2,01	1,89	0,13	0,14	14,4	10,3	21,34	20,6
		40-77	8,32	7,52	1,48	1,35	0,09	0,09				
		77-114	8,47	7,70								
P-3	Černoziem na lesu, plitki	0-30	8,06	7,34	2,59	2,47	0,16	0,16	>40	>40	39,75	33,2
		30-57	8,40	7,68	1,83	1,64	0,11	0,10				
		57-89	8,54	7,92								
P-4	Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo	0-21	8,37	7,66	2,24	2,25	0,16	0,16	9,6	8,6	14,50	13,0
		21-42	8,42	7,69	1,70	2,12	0,11	0,15				
		42-71	8,60	7,89								
P-5	Fluvijalno livadsko tlo	0-24	8,34	7,60	2,54	1,97	0,18	0,17	24,0	18,4	13,29	11,6
		24-35	8,40	7,62	2,30	2,04	0,10	0,17				
		35-44	8,50	7,70								

Tablica 2.28. Rezultati ukupnih teških metala kompozitni uzorci tla (mix)

Lokacija	Sistematska jedinica tla	Dubina (cm)	godina	Al (uk)	As (uk)	Co (uk)	Cr (uk)	Cu (uk)	Hg (uk)	Mn (uk)	Mo (uk)	Ni (uk)	Pb (uk)	Se (uk)	Sr (uk)	Zn (uk)
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Sarvaš	Černoziem na lesu	0-42	2012	17,07	10,54	10,77	33,28	21,83	0,041	676,69	<0,03	34,27	14,06	0,15	131,02	68,92
		mix	2022	13,94	9,02	10,10	29,45	31,09	0,06	647,47	<1,66	30,34	16,49	*	*	59,66
Dalj	Černoziem na lesu, izluženi, plitki	0-40	2012	19,24	11,20	10,89	34,78	22,76	0,179	691,56	0,33	33,43	14,92	0,13	102,07	71,30
		mix	2022	16,54	9,32	9,94	29,38	30,59	0,06	636,48	2,74	30,76	12,46	0,12	10,69	60,33
Kozarac	Černoziem na lesu, plitki	0-30	2012	18,52	9,32	11,36	37,80	28,29	0,034	746,47	0,37	36,79	13,62	0,16	121,39	78,57
		mix	2022	15,91	8,36	9,96	30,82	34,86	0,04	702,03	<1,66	33,44	13,98	0,09	13,39	61,87
Draž	Aluvijalno karbonatno oglejeno tlo	0-21	2012	13,72	11,78	8,56	36,17	26,78	0,10	616,21	0,45	35,69	18,83	0,37	668,89	74,77
		mix	2022	12,91	9,02	7,45	27,91	17,14	0,11	620,87	<1,66	28,68	20,84	0,20	89,51	69,18
Lug	Fluvijalno livadsko tlo	0-24	2012	13,24	8,69	8,03	35,52	21,71	0,07	417,17	0,38	32,79	14,30	0,32	358,88	66,68
		mix	2022	11,21	7,19	8,32	25,53	19,94	0,07	392,07	<1,66	26,90	13,10	0,14	53,73	55,42

SPECIFIČNI CILJ 3.**3. ISPITIVANJA AGRONOMSKE UČINKOVITOSTI AGROTEHNIČKIH MJERA PRILAGODBE I OPTIMIZACIJE ORGANSKE I MINERALNE GNOJIDBE I NAVODNJAVANJA****3.1. ISTRAŽIVANJE UČINKOVITOSTI ORGANO-MINERALNE GNOJIDBE (POLJSKI POKUSI)****3.1.1. UČINKOVITOST ORGANO-MINERALNE GNOJIDBE U UZGOJU SUNCOKRETA**

Gnojidba organskim gnojivima neophodna je u održivoj poljoprivrednoj proizvodnji zbog održavanja plodnosti tala uz smanjenu upotrebu mineralnih gnojiva. Pri tome je veliki značaj organskih gnojiva, ne samo zbog njihovog zbrinjavanja i održavanja humoznosti tala, već i zbog prilagodbe klimatskim promjenama, kontrole opterećenja okoliša i redukcije upotrebe mineralnih gnojiva. Primarni cilj istraživanja bio je utvrditi utecaj različitih gnojidbenih tretmana s mineralnim i organskim gnojivima na prinos zrna suncokreta i iznošenje dušika.

Pokus je proveden je na pokušalištu Tenja Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek 2021. godine (k.č. br. 1312/1; ARKOD: 1515769). Istraživanje je provedeno na umjereno humoznom tlu (2,34 % humusa), prosječne izmjenjive kiselosti (pH_{KCl}) 6,58, slabo opskrbljeno fosforom (10,87 mg $\text{P}_2\text{O}_5/100$ g) i dobro opskrbljeno kalijem (24,80 mg $\text{K}_2\text{O}/100$ g) (Tablica 3.1.)

Tablica 3.1. Početne vrijednosti osnovnih agrokemijskih svojstava tla gnojidbenog pokusa u uzgoju suncokreta

	$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	pH_{KCl}	Organska tvar (%)	$\text{Hy}^{1)}$ (cmol/kg)	$\text{CaCO}_3^{2)}$ (%)	AL- P_2O_5 (mg/100 g)	AL- K_2O (mg/100 g)
Minimum	6,31	5,23	2,03	2,58	1,26	8,53	21,57
Maksimum	8,58	7,87	2,93	3,06	18,90	13,80	29,26
Prosjek \pm STD	7,52\pm0,81	6,58\pm0,98	2,34\pm 0,19	2,83\pm0,19	4,36\pm4,44	10,87\pm1,65	24,80\pm1,90

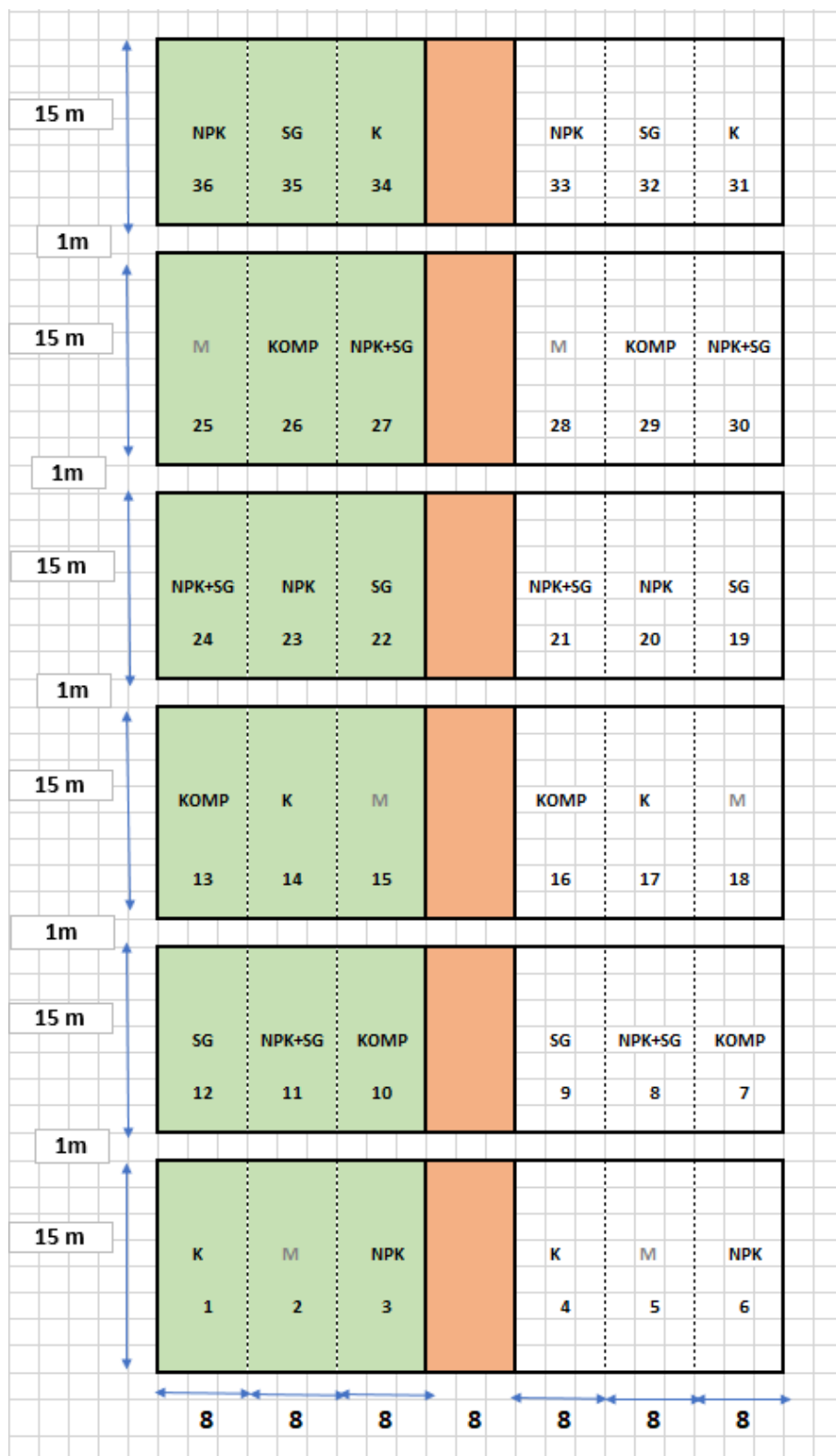
¹⁾ prikaz za 5 pokusnih parcelica s $\text{pH}_{\text{KCl}} < 5,5$ (parcelice broj 5-9)

²⁾ prikaz za 31 pokusnu parcelicu s $\text{pH}_{\text{KCl}} > 5,5$ (parcelice broj 1-4 i 10-36)

U uzgoju suncokreta (*Helianthus annuus*, hibrid Surimi CL) provedeno je 5 različitih gnojidbenih tretmana:

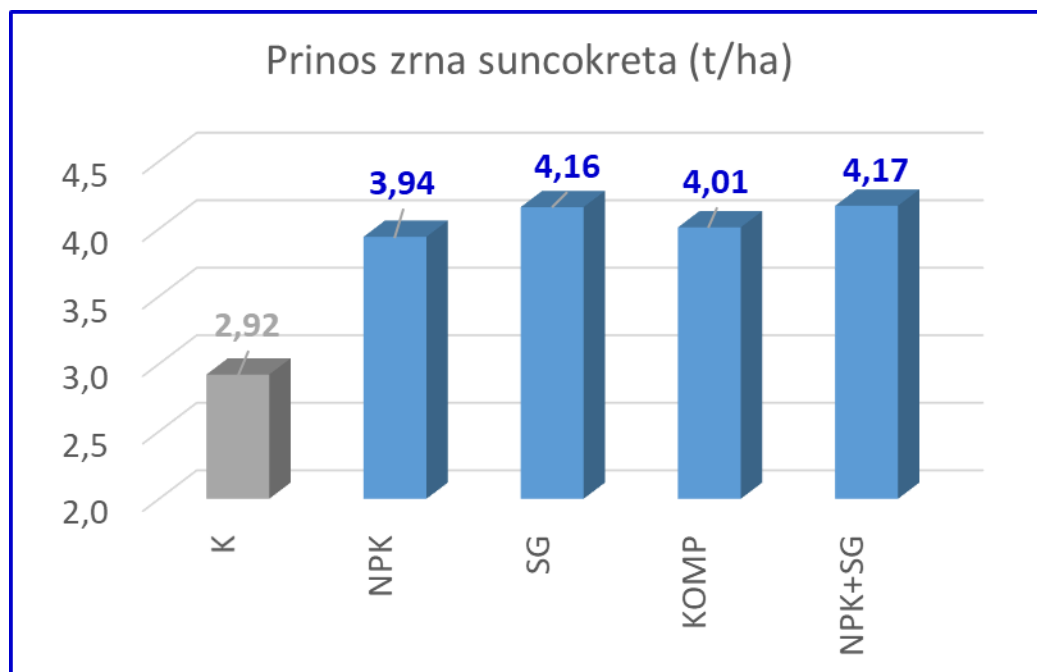
- 1) kontrola bez primjene gnojidbe (oznaka tretmana: **K**),
- 2) mineralna gnojidba (oznaka tretmana: **NPK**),
- 3) gnojidba goveđim stajskim gnojem (34 t/ha) (oznaka tretmana: **SG**),
- 4) gnojidba kompostom (17 t/ha) (oznaka tretmana: **KOMP**) i
- 5) kombinacija mineralne gnojidbe + gnojidba goveđim stajski gnojem (17 t/ha) (oznaka tretmana: **NPK+SG**).

Svaki je gnojidbeni tretman proveden u 6 ponavljanja s površinom osnovne parcelice 120 m² (širina 8 m × dužina 15 m), a raspored tretmana i ponavljanja prikazan je na shemi 3.1. (tretman oznake „M“ nije proveden u ovom pokusu).



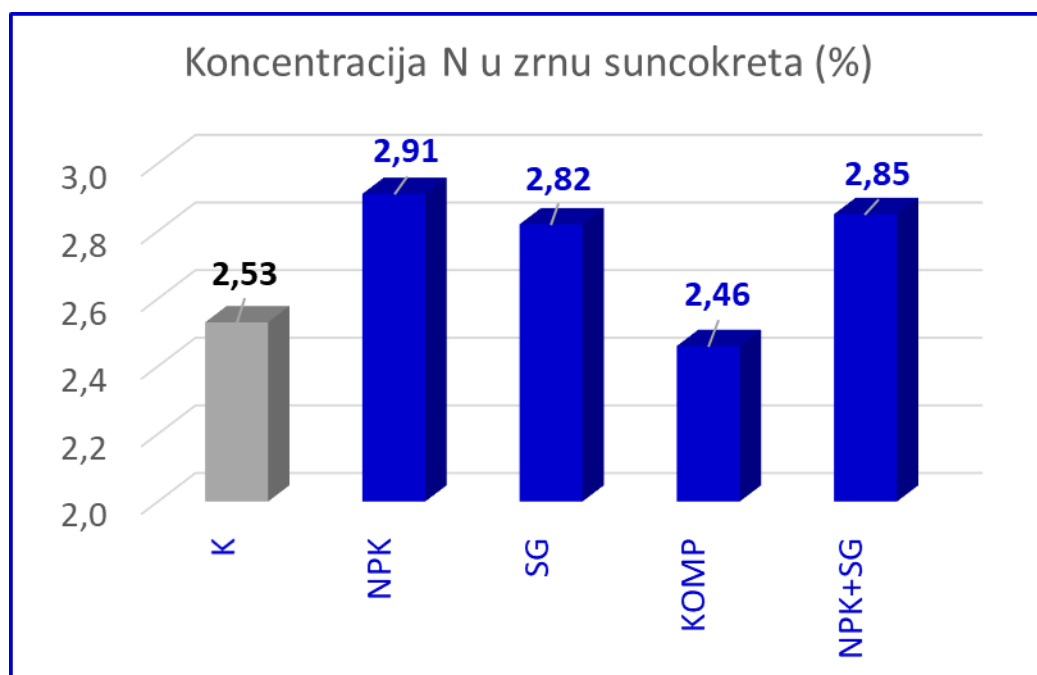
Shema 3.1. Shema s dimenzijama parcelica i oznakama tretmana (tretman označeni s „M“ nije proveden u ovom pokusu)

Utvrđen je najmanji prinos zrna suncokreta na kontrolnom tretmanu (2,92 t/ha), dok su ostali tretmani rezultirali podjednakim prinosima od 3,94 t/ha (mineralna gnojidba), 4,01 (kompost), 4,16 (goveđi stajski gnoj) do 4,17 t/ha uz kombinaciju mineralne gnojidbe s goveđim stajskim gnojem (grafikon 3.1.). Utvrđeno je statistički vrlo značajno povećanje prinosa provedenim gnojidbenim tretmanima u odnosu na kontrolu bez gnojidbe, a između gnojidbenih tretmana nije bilo značajnih razlika.



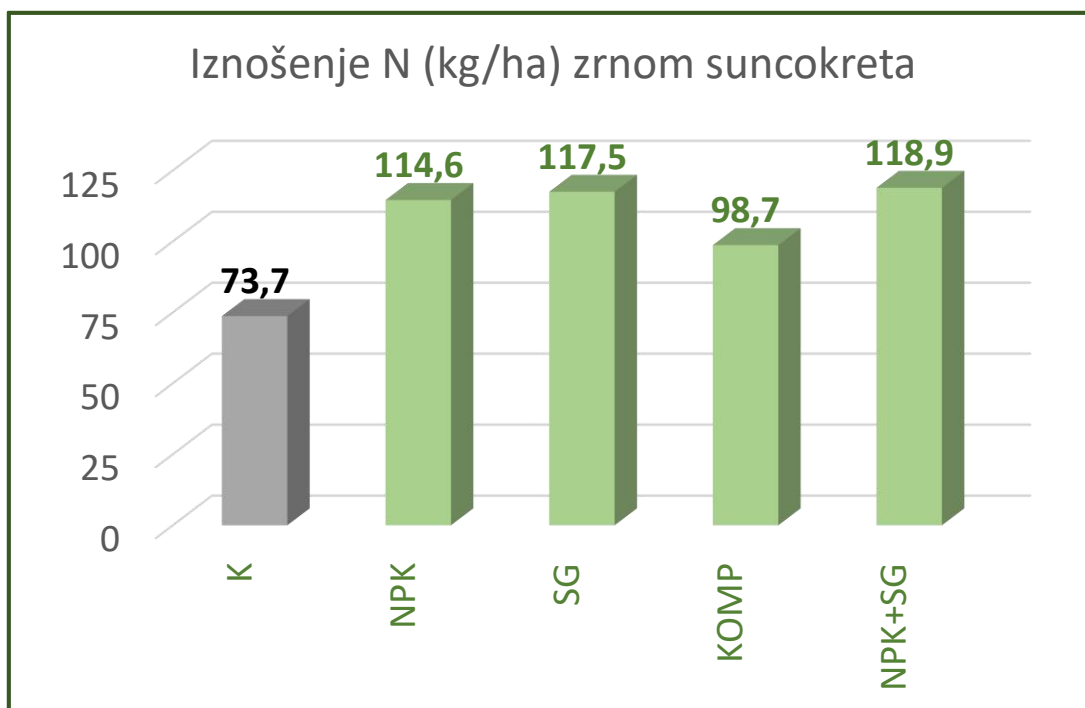
Grafikon 3.1. Utjecaj gnojidbe na prinos zrna suncokreta

Najmanja koncentracija N u zrnu suncokreta utvrđena je uz gnojidbu kompostom (2,46 %), tek malo veća na kontrolnom tretmanu (2,53 %), a značajno veće na ostalim tretmanima: 2,82 % gnojidba stajskim gnojivom, 2,85 % uz kombinaciju mineralnih gnojiva i stajskog gnojiva, te 2,91 % uz gnojidbu mineralnim gnojivima (grafikon 3.2.).



Grafikon 3.2. Utjecaj gnojidbe na koncentraciju N (%) u zrnu suncokreta

Iznošenje N zrnom bilo je od 73,7 kg/ha na kontrolnom tretmanu bez gnojidbe, značajno veće (98,7 kg/ha) na tretmanu gnojidbe s kompostom, dok je najveći rang iznošenja utvrđen nakon gnojidbe s mineralnim gnojivima (114,6), goveđim stajskim gnojivom (117,5) i kombinacijom mineralnih gnojiva i goveđeg stajskog gnojiva (118,9 kg/ha) (grafikon 3.3.).



Grafikon 3.3. Utjecaj gnojidbe na iznošenje N (kg/ha) zrnom suncokreta

Istraživanjima je utvrđeno da se na tlima umjerene plodnosti goveđe stajsko gnojivo ili kompost mogu učinkovito koristiti u uzgoju suncokreta kao alternativa mineralnoj gnojidbi. Pri tom su iznošenja N zrnom suncokreta bila bez značajnih razlika za mineralnu gnojidbu, kombiniranu organo-mineralnu gnojidbu i gnojidbu goveđim stajskim gnojivom, dok je gnojidba kompostom rezultirala 13,9-17 % manjim iznošenjem N zrnom suncokreta nego ostale gnojidbe.

Pošto je ostvaren gotovo isti prinos zrna suncokreta nakon gnojidbe kompostom u usporedbi s ostalim gnojidbama (osim kontrolnog tretmana), ali uz značajno manju koncentraciju N u zrnu (2,46 % prema 2,82-2,91 % na ostalim gnojidbama), možemo zaključiti da se učinak stajskog gnojiva na prinos suncokreta u većoj mjeri temelji na količini raspoloživog N nego učinak komposta, dok je za pretpostaviti da je kompost u većoj mjeri utjecao na ostala svojstva tla (kondicionerski učinak).

3.1.2. Učinkovitost organo-mineralne gnojidbe u uzgoju kukuruza

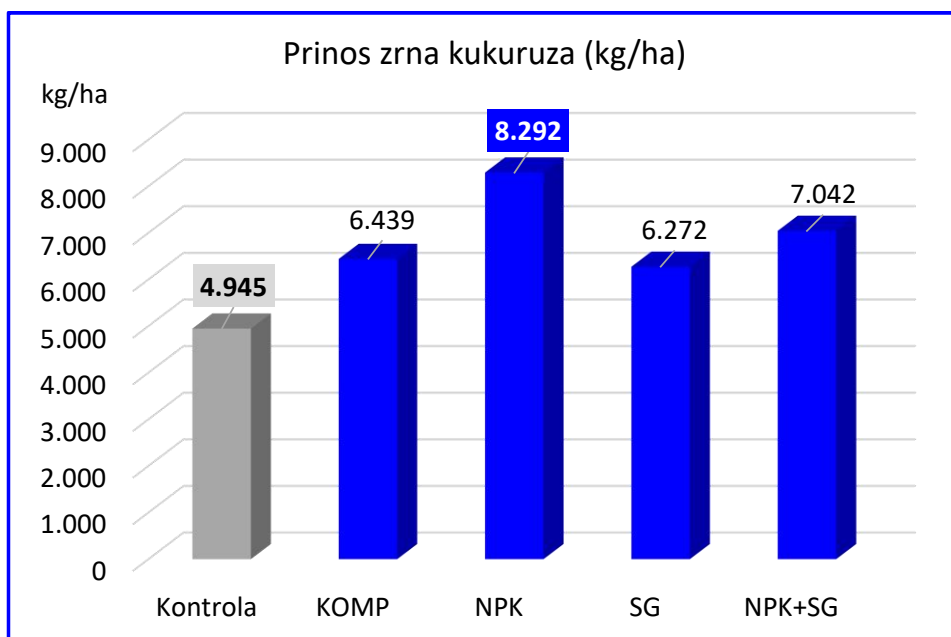
Pokus s uzgojem kukuruza u 2022. godini proveden je nakon uzgoja suncokreta, tj. na istim pokusnim površinama i parcelicama kao i prethodni pokus uzgoja suncokreta u 2021. godini, tako da su tretmani gnojidbe provedeni na istoj proizvodnoj površini i prema istoj shemi (shema 3.1.).

U uzgoju kukuruza provedeno je 5 različitih gnojidbenih tretmana:

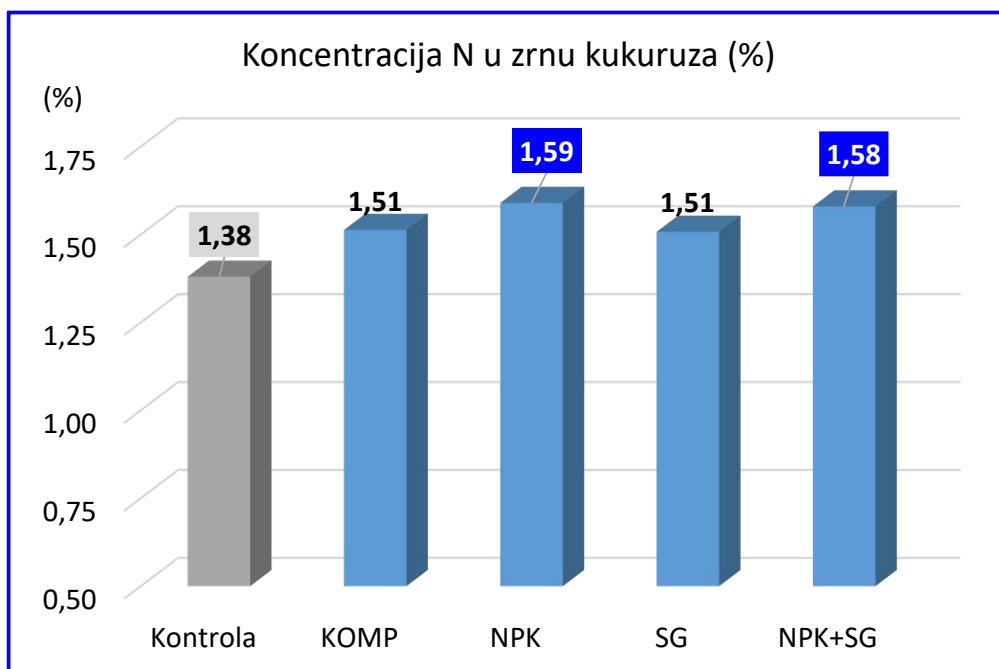
- 1) kontrola bez primjene gnojidbe (oznaka tretmana: **K**),
- 2) mineralna gnojidba (oznaka tretmana: **NPK**),
- 3) gnojidba goveđim stajskim gnojem (34 t/ha prije uzgoja suncokreta u 2021. godini, bez aplikacije u 2022. godini) (oznaka tretmana: **SG**),
- 4) gnojidba kompostom (17 t/ha prije uzgoja suncokreta u 2021. godini, bez aplikacije u 2022. godini) (oznaka tretmana: **KOMP**) i
- 5) kombinacija mineralne gnojidbe + gnojidba goveđim stajski gnojem (17 t/ha prije uzgoja suncokreta u 2021. godini, bez aplikacije u 2022. godini) (oznaka tretmana: **NPK+SG**).

Svaki je gnojidbeni tretman proveden u 6 ponavljanja s površinom osnovne parcelice 120 m² (širina 8 m × dužina 15 m), a raspored tretmana i ponavljanja prikazan je na shemi 3.1. (tretman oznake „M“ nije proveden u ovom pokusu).

Prosječan prinos zrna kukuruza za sve tretmane pokusa bio je 6,59 t/ha. Utvrđen je najmanji prinos zrna na kontrolnom tretmanu (4,95 t/ha), dok su ostali tretmani rezultirali većim prinosima (grafikon 3.4.). Najveći je prinos ostvaren primjenom mineralne gnojidbe (8,3 t/ha), što je 67,7 % veći prinos od kontrolnog tretmana. Utvrđeno je statistički vrlo značajno povećanje prinosa provedenim gnojidbenim tretmanima u odnosu na kontrolu bez gnojidbe, a između gnojidbenih tretmana organskim gnojivima nije bilo značajnih razlika. Međutim, gnojidba mineralnim gnojivima i kombinacija mineralnih gnojiva i stajskog gnojiva, rezultirali su većim prinosom u odnosu na organsku gnojidbu (provedena za suncokret kao predusjev).



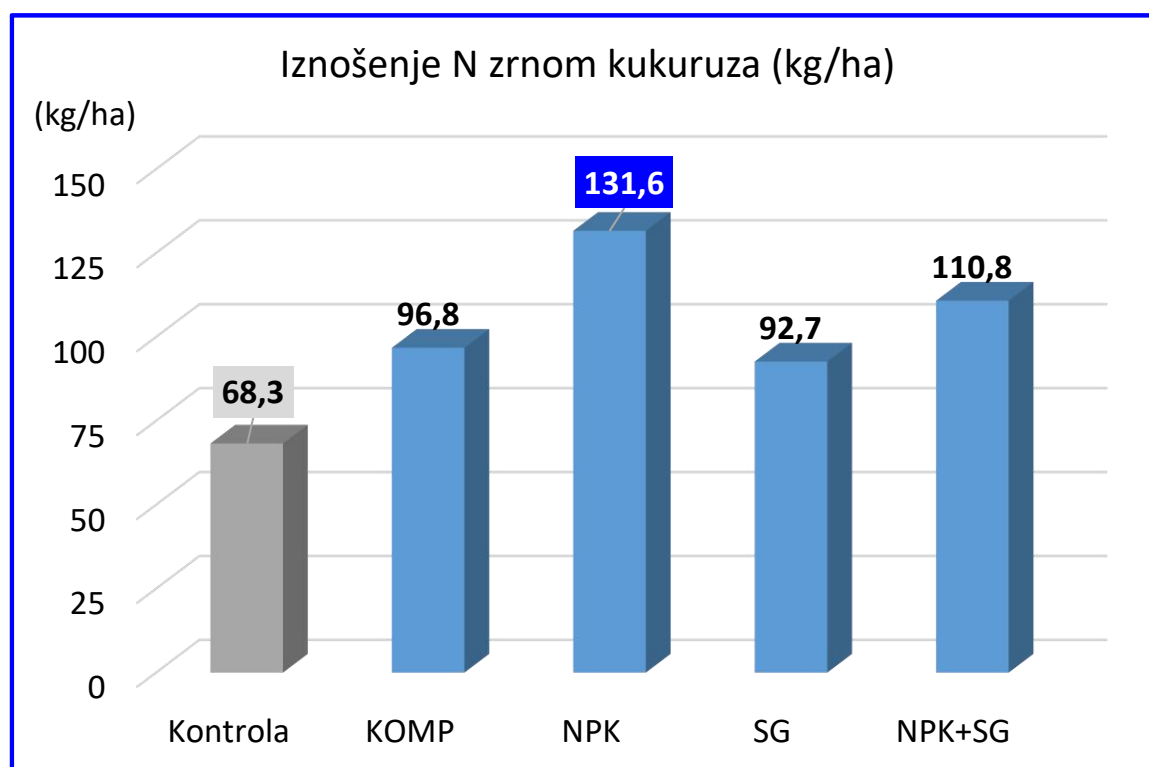
Grafikon 3.4. Utjecaj gnojidbe na prinos zrna kukuruza



Grafikon 3.5. Utjecaj gnojidbe na koncentraciju N (%) u zrnu kukuruza

Koncentracija N u zrnu kukuruza bila je 1,51 % u prosjeku za sve tretmane. Najmanja koncentracija N u zrnu kukuruza (grafikon 3.5.) utvrđena je na kontrolnom tretmanu bez gnojidbe (1,38 %), veće koncentracije bile su na tretmanima organske gnojidbe (1,51 %), a najveće na tretmanima kombinirane (1,58 %) i mineralne gnojidbe (1,59 %), ali razlike nisu bile statistički značajne.

Utvrđeno je relativno nisko prosječno iznošenje N prinosoma zrna kukuruza (99,7 kg/ha). Očekivano je najmanje iznošenje bilo na kontrolnom tretmanu bez ikakve gnojidbe (68,3 kg/ha), a značajno veće iznošenje na tretmanima organske gnojidbe provedene za predusjev (grafikon 3.6.). Pri tome je gnojidba stajskim gnojivom rezultirala 35,77 % većim, a kompostom 41,84 % većim iznošenjem N zrnom nego kontrola. Iznošenje N zrnom bilo je značajno veće (110,8 kg/ha) na tretmanu gnojidbe s kombinacijom mineralne gnojidbe i goveđeg stajskog gnojiva (62,35 % veće od kontrole), a najveće (131,6 kg/ha) nakon gnojidbe mineralnim gnojivima (92,84 % veće od kontrole).



Grafikon 3.6. Utjecaj gnojidbe na iznošenje N (kg/ha) zrnom kukuruza

Istraživanjima je potvrđen produžni učinak organske gnojidbe i u 2. vegetaciji (2022. godina) nakon provedene gnojidbe (u jesen 2020. godine). Naime, organska je gnojidba kompostom ili goveđim stajskim gnojivom provedena za suncokret kao predusjev, a nije ponovljena za kukuruz, što znači da je razlika prinosa i iznošenja N u odnosu na kontrolu posljedica fertilizacijskog i kondicionerskog učinka organskih gnojiva.

Učinak komposta i goveđeg stajskog gnojiva u 2. je godini gotovo identičan u pogledu prinosa zrna i koncentracije N u zrnu. Određena razlika (nije statistički značajna) utvrđena je u iznošenju N prinosom zrna jer je bila 4,1 kg/ha veća na tretmanu gnojidbe kompostom. Iako razlika nije značajna, ovaj podatak uz jednake koncentracije N u zrnu (1,51 %), ukazuje da rezidualni učinak komposta na raspoloživost N u 2. vegetaciji nakon gnojidbe nije manji od rezidualnog učinka goveđeg stajskog gnojiva.

Organo-mineralna gnojidba rezultirala je nešto manjim prinosom (1,25 t/ha) nego mineralna gnojidba, a utvrđeno je 21 kg/ha manje iznošenje N zrnom kukuruza, što je posljedica manje raspoloživosti N iz stajskog gnojiva u 2. godini u usporedbi s 1. godinom kada je iznošenje N zrnom suncokreta bilo u istom rangu pri mineralno i organo-mineralnoj gnojidbi.

3.2. Istraživanje učinkovitosti kalcizacije (pokusi u kontroliranim uvjetima)

3.2.1. Utjecaj kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu kukuruza šećerca

Pokus uzgoja kukuruza šećerca proveden je u posudama u kontroliranim uvjetima (u fitotronu) s različitim kalcizacijskim tretmanima kiselog tla (uzorak tla iz oraničnog sloja u okolici Svetog Đurđa, ARKOD: 3506131). Analizom početnih svojstva tla (tablica 3.2.) utvrđeno je da je tlo jako kisele reakcije, slabo opskrbljeno humusom, dobro opskrbljeno fosforom i slabo opskrbljeno kalijem.

Tablica 3.2. Početne vrijednosti osnovnih agrokemijskih svojstava tla u kalcizacijskom pokusu u kontroliranom uzgoju kukuruza šećerca

pH _{H2O}	pH _{KCl}	Organska tvar (%)	Hy (cmol/kg)	AL-P ₂ O ₅ (mg/100 g)	AL-K ₂ O (mg/100 g)
5,23	3,91	1,65	4,83	14,41	11,29
Kisela reakcija	Jako kisela reakcija	Slabo humozno tlo	Kalcizacija neophodna	Dobro opskrbljeno tlo (klasa C)	Slabo opskrbljeno tlo (klasa B)

Na temelju agrokemijskih svojstava utvrđeno je da je kalcizacija neophodna te da je u kalcizaciji potrebno 7,6 -10,6 t/ha čistog fino mljevenog vapnenca (efektivna neutralizacijska vrijednost, ENV = 100), odnosno alikvotne količine nekog drugog kalcizacijskog sredstva. Alikvotnu količinu potrebno je utvrditi na temelju ENV (efektivne neutralizacijske vrijednosti) koja je rezultat kemijskog sastava vapnenog materijala (tzv. kalcij karbonat ekvivalent = CCE) i krupnoće i topivosti čestica.

Utvrđenu su sljedeće potrebne količine fino mljevenog vapnenca za neutralizaciju kiselosti:

- 10.659 kg/ha (10,7 t/ha) za postizanje ciljne pH vrijednosti 7
- 7.648 kg/ha (7,6 t/ha) za postizanje ciljne pH vrijednosti 6,5
- 10.637 kg/ha (10,6 t/ha) za neutralizaciju utvrđene hidrolitičke kiselosti

U provedenom pokusu analizirana je učinkovitost različitih količina fino mljevenog vapnenca (ENV = 100) i dolomita (ENV = 108), te je postavljenio ukupno 9 tretmana u 4 ponavljanja (tablica 3.3.).

Tablica 3.3. Tretmani u pokusu kalcizacije (vrste i količine kalcizacijskih materijala)

br.	Tretman	dodano sredstva u g/kg tla	količina sredstva u t/ha	Ekvivalent u t/ha CaCO ₃
1	kontrola	0	0	0
2	MV - 1	0,888	3,996	4
3	MV - 2	1,332	5,994	6
4	MV - 3	1,776	7,992	8
5	MV - 4	2,224	10,008	10
6	MD - 1	0,824	3,708	4
7	MD - 2	1,236	5,562	6
8	MD - 3	1,648	7,416	8
9	MD - 4	2,056	9,252	10

MV = mljeveni vapnenac (ENV = 100)

MD = mljeveni dolomit (ENV = 108)

Tri tjedna nakon provedene kalcizacije fino mljevenim vapnencem ili dolomitom u različitim količinama, tj. 21 dan nakon inkubacije tla, utvrđene su povećane vrijednosti trenutne (pH_{H2O}) i izmjenjive (pH_{KCl}) kiselosti (tablica 3.4.).

Utvrđeno je da se već nakon tri tjedna inkubacije može utvrditi učinkovitost fino mljevenog vapnenca ili dolomita u neutralizaciji suviše kiseline tla. Također, prema postignutim pH vrijednostima, tj. promjenama reakcije tla, primijenjene količine u skladu su s izračunatom potrebom za ciljnu pH vrijednost, pri čemu je učinkovitost vapnenca i dolomita vrlo slična jer je razlika izmjerenih pH vrijednosti 0,03-0,4 pH jedinice (0,45-6,3 %) za trenutnu (pH_{H_2O}) i 0,06-0,4 pH jedinice (1,03-7,66 %) za izmjenjivu kiselost (pH_{KCl}).

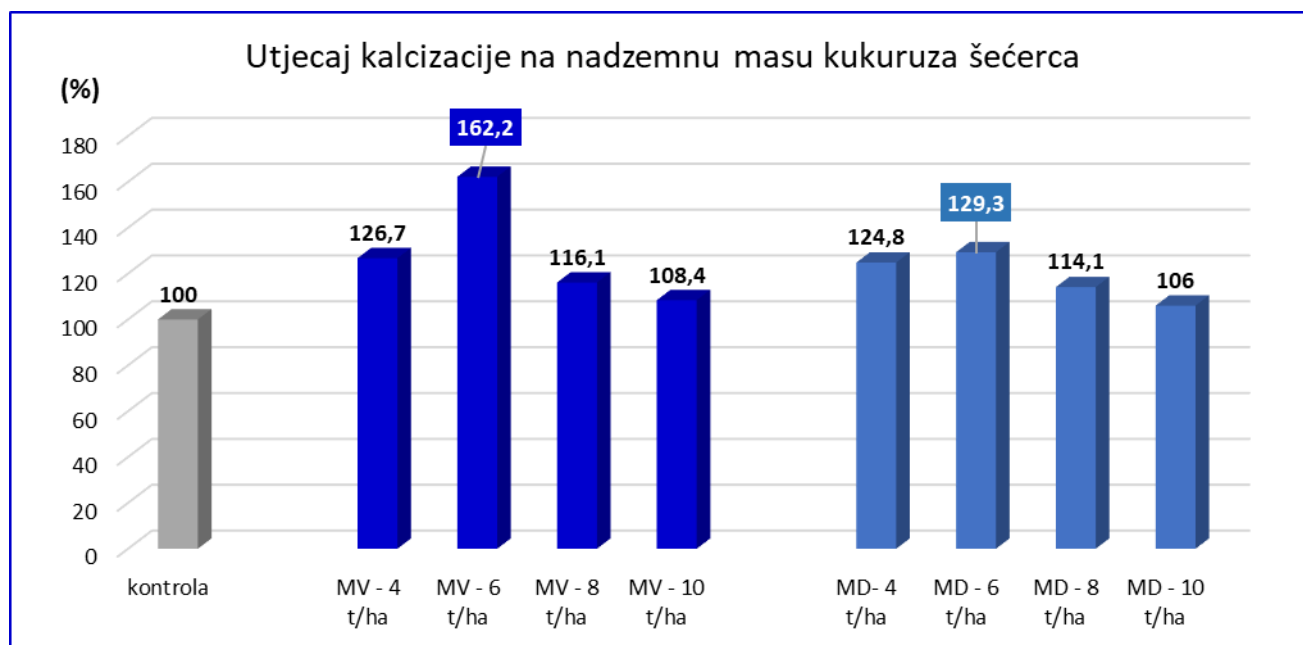
Tablica 3.4. Trenutna i izmjenjiva kiselost tla nakon kalcizacije

br.	Tretman	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Masa suhe tvari šećerca (relativno prema kontroli)	Ciljana (očekivana) pH (H ₂ O) prema količini dodanog kalcizacijskog materijala
1	kontrola			100	
2	MV - 1	6,31	5,17	126,7	5,89
3	MV - 2	6,60	5,22	162,2	6,23
4	MV - 3	6,72	5,56	116,1	6,56
5	MV - 4	7,11	5,80	108,4	6,89
6	MD - 1	6,71	5,44	124,8	5,89
7	MD - 2	6,63	5,62	129,3	6,23
8	MD - 3	6,52	5,45	114,1	6,56
9	MD - 4	6,93	5,86	106,0	6,89

MV = mljeveni vapnenac (ENV = 100)

MD = mljeveni dolomit (ENV = 108)

Također, prema masi suhe tvari kukuruza šećerca, najučinkovitija je kalcizacija s količinom koja je ekvivalentna 6 t/ha čistog CaCO₃ jer je nakon aplikacije vapnenca izmjereno povećanje mase suhe tvari 62,2 %, a nakon aplikacije dolomita (ekvivalent 6 t/ha) povećanje mase suhe tvari 29,3 % (grafikon 3.4.). Pri dodatku mljevenih materijala u ekvivalentu 6 t/ha čistog vapnenca, nakon razdoblja inkubacije utvrđena je veća pH vrijednost i nakon dodatka vapnenca (6,60) ili dolomita (6,63), što je 0,37 ili 0,40 pH jedinica više od ciljane pH vrijednosti ($pH_{H_2O} = 6,23$).



Grafikon 3.4. Utjecaj vapnenca i dolomita na nadzemnu masu mladih biljaka kukuruza šećerca (MV = mljeveni vapnenac; MD = mljeveni dolomit)

3.2.2. Utjecaj kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu krastavca

Pokus uzgoja krastavca proveden je u posudama u fitorotonu u kontroliranim uvjetima s različitim kalcizacijskim tretmanima kiselog tla (uzorak tla iz oraničnog sloja u okolici Svetog Đurđa, ARKOD: 3185637). Analizom početnih svojstva tla (tablica 3.5.) utvrđeno je da je tlo jako kisele reakcije, slabo opskrbljeno humusom, slabo opskrbljeno fosforom i slabo opskrbljeno kalijem.

Tablica 3.5. Početne vrijednosti osnovnih agrokemijskih svojstava tla u kalcizacijskom pokusu u kontroliranom uzgoju kukuruza šećerca

pH _{H2O}	pH _{KCl}	Organska tvar (%)	Hy (cmol/kg)	AL-P ₂ O ₅ (mg/100 g)	AL-K ₂ O (mg/100 g)
4,99	3,63	1,65	4,95	11,18	11,30
Kisela reakcija	Jako kisela reakcija	Slabo humozno tlo	Kalcizacija neophodna	Slabo opskrbljeno tlo (klasa B)	Slabo opskrbljeno tlo (klasa B)

Na temelju agrokemijskih svojstava utvrđeno je da je kalcizacija neophodna te da je u kalcizaciji potrebno 8,3 -11,0 t/ha čistog fino mljevenog vapnenca (efektivna neutralizacijska vrijednost, ENV = 100), odnosno alikvotne količine nekog drugog kalcizacijskog sredstva.

Utvrđenu su sljedeće potrebne količine fino mljevenog vapnenca za neutralizaciju kiselosti:

- 10.998 kg/ha (11,0 t/ha) za postizanje ciljne pH vrijednosti 7
- 8.262 kg/ha (8,3 t/ha) za postizanje ciljne pH vrijednosti 6,5
- 10.976 kg/ha (11,0 t/ha) za neutralizaciju utvrđene hidrolitičke kiselosti

U provedenom pokusu analizirana je učinkovitost različitih količina paljenog vapna (ENV = 179) i drvenog pepela (ENV = 49), te je postavljen ukupno 9 tretmana u 4 ponavljanja (tablica 3.6.).

Tablica 3.6. Tretmani u pokusu kalcizacije (vrste i količine kalcizacijskih materijala) uz uzgoj krastavca

br.	Tretman	dodano sredstva u g/kg tla	količina sredstva u t/ha	Ekvivalent u t/ha CaCO ₃
1	kontrola	0	0	0
2	CaO - 1	0,496	2,24	4
3	CaO - 2	0,744	3,36	6
4	CaO - 3	0,992	4,48	8
5	CaO - 4	1,240	5,60	10
6	DP - 1	1,976	8,89	4
7	DP - 2	2,964	13,34	6
8	DP - 3	3,952	17,78	8
9	DP - 4	4,940	22,23	10

CaO = paljeno vapno (ENV = 179)

DP = drveni pepeo (ENV = 49)

Tri tjedna nakon provedene kalcizacije paljenim vapnom ili drvenim pepelom u različitim količinama, tj. 21 dan nakon inkubacije tla, utvrđene su povećane vrijednosti trenutne (pH_{H2O}) i izmjenjive (pH_{KCl}) kiselosti (tablica 3.7.).

Tablica 3.7. Trenutna i izmjenjiva kiselost tla nakon kalcizacije u uzgoju krastavca

br.	Tretman	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Masa suhe tvari krastavca (relativno prema kontroli)	Ciljana (očekivana) pH (H ₂ O) prema količini dodanog kalcizacijskog materijala
1	kontrola			100	
2	CaO - 1	6,23	5,20	107,5	5,72
3	CaO - 2	6,85	5,79	114,6	6,09
4	CaO - 3	7,21	6,04	174,3	6,45
5	CaO - 4	7,22	6,03	139,4	6,82
6	DP - 1	7,18	6,05	193,3	5,72

7	DP - 2	7,65	6,66	153,5	6,09
8	DP - 3	7,79	6,90	169,4	6,45
9	DP - 4	7,75	6,79	172,9	6,82

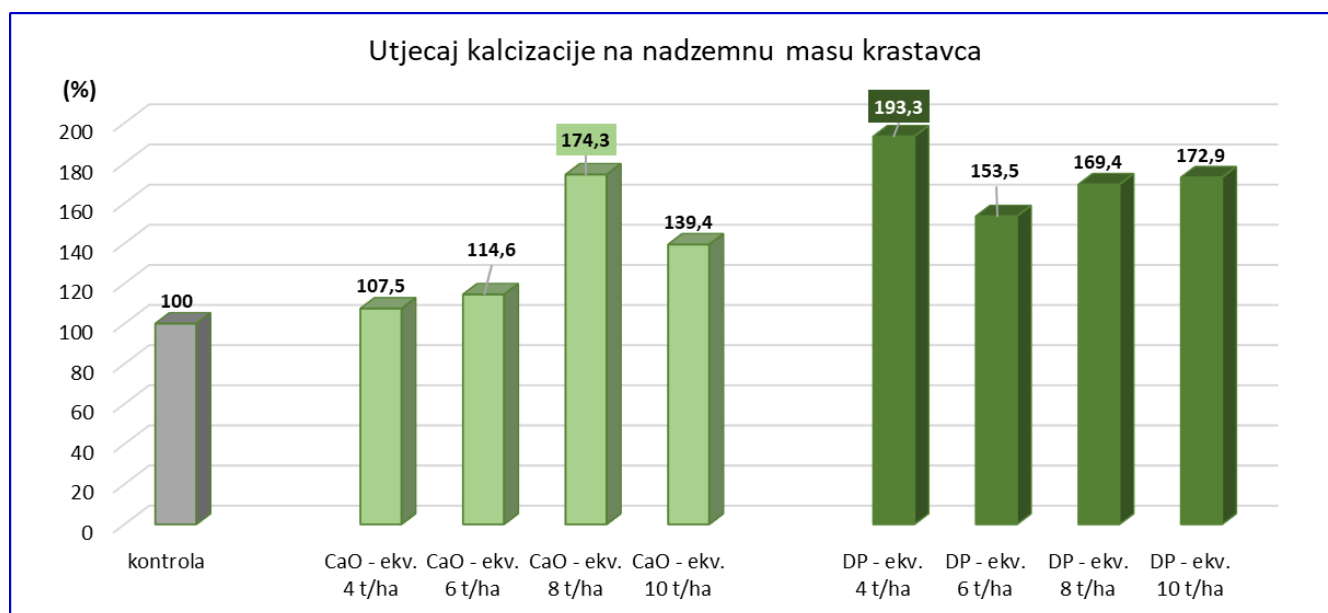
CaO = paljeno vapno (ENV = 179)

DP = drveni pepeo (ENV = 49)

Kao i u prethodno opisanom pokusu s kalcizacijom u uzgoju kukuruza šećerca, utvrđeno je da se već nakon tri tjedna inkubacije može utvrditi učinkovitost paljenog vapna i drvenog pepela u neutralizaciji suviše kiselosti tla. Također, prema postignutim pH vrijednostima, tj. promjenama reakcije tla, primijenjene količine paljenog vapna u skladu su s izračunatom potrebom za ciljnu pH vrijednost, ali su primijenjene količine drvenog pepela značajno veće od potrebnih za iste ciljne pH vrijednosti, što upućuje na zaključak da je ENV drvenog pepela veća od 49. Navedeno je lako uočljivo i usporedbom izmjerenih pH vrijednosti koje su značajno veće nakon aplikacije drvenog pepela. Naime, izmjerene pH vrijednosti su nakon aplikacije drvenog pepela veće za čak 0,53-0,95 pH jedinica (7,34-15,25 %) za trenutnu ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) i 0,76 do 0,87 pH jedinica (12,60-16,35 %) za izmjenjivu kiselost (pH_{KCl}).

Prema masi suhe tvari krastavca, najučinkovitija je kalcizacija s količinom paljenog vapna koja je ekvivalentna 8 t/ha čistog CaCO_3 jer je nakon aplikacije paljenog vapna izmjereno povećanje mase suhe tvari 74,3 % (tablica 3.7.). Pri aplikaciji drvenog pepela najučinkovitija je količina ekvivalentna 4 t/ha jer je utvrđeno povećanje mase suhe tvari 99,3 % (grafikon 3.5.). Međutim, ekvivalentnost drvenog pepela potrebno je dopunski provjeriti zbog zaključka da je ENV drvenog pepela značajno veći od pretpostavljene vrijednosti (ENV = 49).

Naime, pri dodatku drvenog pepela u količinama koje su prema proračunu bile ekvivalent za 4, 6, 8 i 10 t/ha mljevenog vapnenca, ostvarene su pH vrijednosti veće od ciljanih za 0,93 (7,75 umjesto 6,82) do 1,56 (7,65 umjesto 6,09) pH jedinica. Istovremeno, značajno je da su u oba slučaja najveće količine producirane suhe tvari krastavca utvrđene na tretmanima kod kojih je izmjerena trenutna pH vrijednost oko 7,2 (točnije 7,21 i 7,18) i izmjenjiva pH vrijednost 6,04-6,05.



Grafikon 3.5. Utjecaj paljenog vapna i drvenog pepela na produkciju nadzemne mase (suha tvar) mladih biljaka krastavca (CaO = paljeno vapno; DP = drveni pepeo)

3.2.3. Utjecaj kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu rotkvice

U okviru istraživanja kalcizacije, također je proveden i pokus uzgoja rotkvice u posudama u kontroliranim uvjetima (u fitotronu) s različitim kalcizacijskim tretmanima kiselog tla (uzorak tla iz oraničnog sloja u okolini Zelčina). Analizom početnih svojstva tla (tablica 3.8.) utvrđeno je da je tlo jako kisele reakcije, slabo opskrbljeno humusom, slabo opskrbljeno fosforom i dobro opskrbljeno kalijem. Na temelju agrokemijskih svojstava utvrđeno je da je kalcizacija neophodna te da je u

kalcizaciji potrebno 5,8 - 8,3 t/ha čistog fino mljevenog vapnenca (efektivna neutralizacijska vrijednost, ENV = 100), odnosno alikvotne količine nekog drugog kalcizacijskog sredstva. Alikvotnu količinu potrebno je utvrditi na temelju ENV (efektivne neutralizacijske vrijednosti) koja je rezultat kemijskog sastava vapnenog materijala (tzv. kalcij karbonat ekvivalent = CCE) i krupnoće i topivosti čestica.

Tablica 3.8. Početne vrijednosti osnovnih agrokemijskih svojstava tla u kalcizacijskom pokusu u kontroliranom uzgoju rotkvice

pH _{H2O}	pH _{KCl}	Organska tvar (%)	Hy (cmol/kg)	AL-P ₂ O ₅ (mg/100 g)	AL-K ₂ O (mg/100 g)
5,37	4,09	1,45	3,92	7,01	18,22
Kisela reakcija	Jako kisela reakcija	Slabo humozno tlo	Kalcizacija neophodna	Slabo opskrbljeno tlo (klasa B)	Dobro opskrbljeno tlo (klasa C)

Utvrđene su sljedeće potrebne količine fino mljevenog vapnenca za neutralizaciju kiselosti:

- 8.297 kg/ha (8,3 t/ha) za postizanje ciljane pH vrijednosti 7
- 5.752 kg/ha (5,7 t/ha) za postizanje ciljane pH vrijednosti 6,5
- 8.281 kg/ha (8,3 t/ha) za neutralizaciju utvrđene hidrolitičke kiselosti

U provedenom pokusu analizirana je učinkovitost različitih količina fino mljevenog agronomskog vapna, tj. komercijalnog kalcijevog karbonata (ENV = 100), paljenog vapna (ENV = 179), izvorno granuliranog (nemljevenog) agronomskog vapna (ENV <100) i hidratiziranog (gašenog) vapna (ENV = 135), te je postavljen ukupno 17 tretmana u 4 ponavljanja (tablica 3.9.).

Tablica 3.9. Tretmani u pokusu kalcizacije (vrste i količine kalcizacijskih materijala) uz uzgoj rotkvice

br.	Tretman	dodano sredstva u g/kg tla	količina sredstva u t/ha	Ekvivalent u t/ha CaCO ₃
1	kontrola	0	0	0
2	MAV - 1	0,888	3,996	4
3	MAV - 2	1,332	5,994	6
4	MAV - 3	1,776	7,992	8
5	MAV - 4	2,224	10,008	10
6	CaO - 1	0,496	2,240	4
7	CaO - 2	0,744	3,360	6
8	CaO - 3	0,992	4,480	8
9	CaO - 4	1,240	5,600	10
10	GAV - 1	0,888	3,996	4
11	GAV - 2	1,332	5,994	6
12	GAV - 3	1,776	7,992	8
13	GAV - 4	2,224	10,008	10
14	Ca(OH)₂ -1	0,660	2,970	4
15	Ca(OH)₂ -2	0,988	4,446	6
16	Ca(OH)₂ -3	1,316	5,922	8
17	Ca(OH)₂ -4	1,648	7,416	10

MAV = mljeveno agronomsko vapno (ENV = 100)

CaO = paljeno vapno (ENV = 179)

GAV = granulirano agronomsko vapno (ENV < 100)

CaO(OH)₂ = gašeno (hidratizirano) vapno (ENV = 135)

Tri tjedna nakon provedene kalcizacije mljevenim i granuliranim agronomskim vapnom, te paljenim i hidratiziranim vapnom u različitim količinama, tj. 21 dan nakon inkubacije tla, utvrđene su povećane vrijednosti trenutne (pH_{H2O}) i izmjenjive (pH_{KCl}) kiselosti (tablica 3.10.).

I u trećem, kao i u prethodno opisanim pokusima s kalcizacijom, utvrđeno je da se već nakon tri tjedna inkubacije može utvrditi učinkovitost agronomskog vapna te paljenog i hidratiziranog vapna u neutralizaciji suviše kiselosti tla. Prema postignutim pH vrijednostima, tj. promjenama reakcije tla, primijenjene količine paljenog i hidratiziranog vapna usporedive su s izračunatom potrebom za ciljnu

pH vrijednost, ali je veća pH vrijednost (veća učinkovitost, tj. brzina neutralizacije) ostvarena dodatkom paljenog nego hidratiziranog vapna.

Tablica 3.10. Trenutna i izmjenjiva kiselost tla nakon kalcizacije u uzgoju rotkvice

br.	Tretman	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Masa suhe tvari rotkvice (relativno prema kontroli)	Ciljana (očekivana) pH (H ₂ O) prema količini dodanog kalcizacijskog materijala
1	kontrola			100	
2	MAV - 1	7,12	5,64	178,7	6,16
3	MAV - 2	7,23	5,68	139,7	6,55
4	MAV - 3	7,04	5,86	153,2	6,94
5	MAV - 4	7,10	6,10	176,9	7,33
6	CaO - 1	6,89	5,81	136,6	6,16
7	CaO - 2	6,73	5,87	142,6	6,55
8	CaO - 3	7,30	6,20	165,7	6,94
9	CaO - 4	7,83	6,60	152,3	7,33
10	GAV - 1	6,45	5,29	135,6	6,16
11	GAV - 2	6,55	5,22	188,0	6,55
12	GAV - 3	6,60	5,26	146,4	6,94
13	GAV - 4	6,42	5,21	191,3	7,33
14	Ca(OH)₂ -1	6,55	5,25	173,7	6,16
15	Ca(OH)₂ -2	6,90	5,40	136,2	6,55
16	Ca(OH)₂ -3	7,11	5,58	169,3	6,94
17	Ca(OH)₂ -4	6,79	5,85	193,0	7,33

MAV = mljeveno agronomsko vapno (ENV = 100)

CaO = paljeno vapno (ENV = 179)

GAV = granulirano agronomsko vapno (ENV < 100)

CaO(OH)₂ = gašeno (hidratizirano) vapno (ENV = 135)

Usporedbom mljevenog i granuliranog agronomskog vapna, utvrđena je, kako je i očekivano, puno veća učinkovitost mljevenog vapna, a sve doze granuliranog agronomskog vapna, od najmanje do najveće, rezultirale su podjednakim pH vrijednostima, što upućuje na vrlo spor, produžni učinak zbog većih dimenzija čestica (granula) vapnenog materijala.

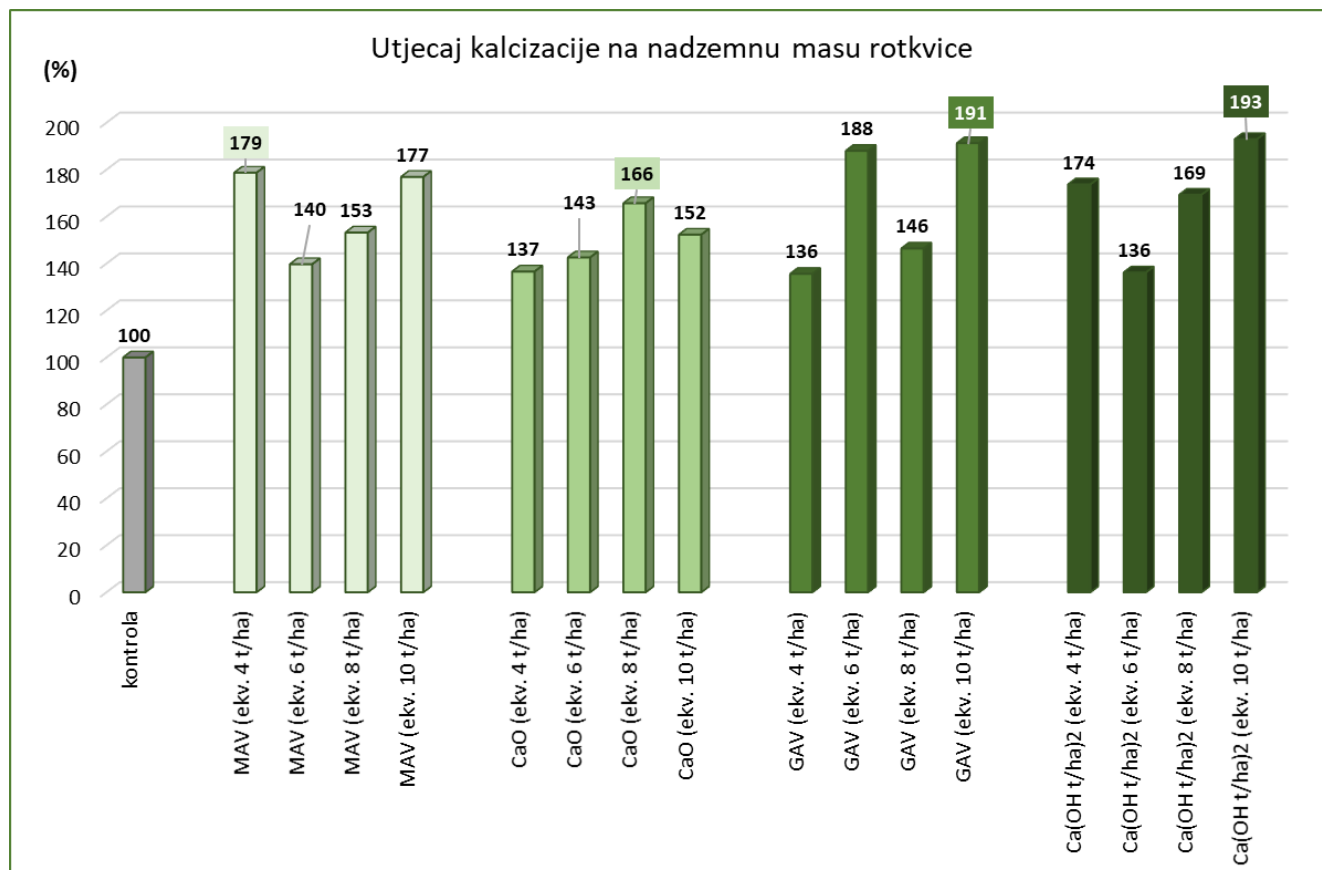
Izmjerene pH vrijednosti u usporedbi mljevenog i nemljevenog agronomskog vapna pokazuju da su nakon aplikacije mljevenog agronomskog vapna pH vrijednosti veće za čak 0,44-0,68 pH jedinica (6,25-9,58 %) za trenutnu (pH_{H2O}) i 0,35 do 0,89 pH jedinica (6,21-14,59 %) za izmjenjivu kiselost (pH_{KCl}). Pri tome su najmanje razlike (0,35) utvrđene za izmjenjivu kiselost kod najmanjih količina agronomskog vapna, a najveće (0,89) kod najvećih količina, dodatno ukazujući na velike razlike u brzini reakcije ova dva sredstva za kalcizaciju.

Usporedbom sva 4 istraživana materijala, najveća je učinkovitost mljevenog agronomskog vapna i paljenog vapna, znatno manja hidratiziranog vapna, a značajno najmanja je učinkovitost nemljevenog (granuliranog) agronomskog vapna.

Prema masi suhe tvari rotkvice, sva su doze i sva kalcizacijska sredstva rezultirali značajno većim masama suhe tvari nego kontrola (tablica 3.10.), počevši od 35,6 % veće mase nakon primjene najmanje količine granuliranog agronomskog vapna, pa do 93 % veće mase nakon primjene najveće količine hidratiziranog vapna. Prosječno za sve primjenjene doze, najučinkovitija je kalcizacija s hidratiziranim vapnom (prosječno 68,1 % veća od kontrole), nemljevenog (65,3 % veća od kontrole) i mljevenog agronomskog vapna (62,1 % veća od kontrole), a najmanja je nakon upotrebe paljenog vapna (49,3 % veća od kontrole).

Pojedinačnom usporedbom doza i tretmana, prema masi suhe tvari rotkvice, najučinkovitija je kalcizacija s količinama mljevenog agronomskog vapna koje su ekvivalentne količinama 4 i 10 t/ha

čistog CaCO_3 , količinom paljenog vapna koja je ekvivalentna 8 t/ha čistog CaCO_3 , te količinama nemljevenog (granuliranog) agronomskog vapna i hidratiziranog vapna koje su su ekvivalentne količini 10 t/ha čistog CaCO_3 (grafikon 3.6.).



Grafikon 3.6. Utjecaj agronomskog vapna te paljenog i hidratiziranog vapna na produkciju nadzemne mase (suha tvar) mladih biljaka rotkvice (MAV = mljeveno agronomsko vapno; CaO = paljeno vapno; GAV = granulirano agronomsko vapno; $\text{CaO}(\text{OH})_2$ = gašeno (hidratizirano) vapno)

3.3. Prilagodba klimatskim promjenama optimizacijom gnojidbe fosforom

3.3.1. Osnovni principi optimizacije gnojidbe fosforom

U Hrvatskoj je propisano sadržaj biljkama raspoloživog fosfora analitički utvrditi AL metodom. Na temelju rezultata analize, tla se svrstavaju u 5 klasa koje opisuju opskrbljenost tla fosforom od vrlo slabe opskrbljenosti (klasa A) do vrlo bogato opskrbljenog tla (klasa E). Pri tome se za kisela tla ($\text{pH}_{\text{KCl}} < 6$) i alkalna tla ($\text{pH}_{\text{KCl}} > 6$) razlikuju granične vrijednosti pojedinih klasa opskrbljenosti. Vrijednosti raspoloživog fosfora u tlu izražavaju se u mg fosfor pentoksida na 100 g tla, tj. mg/100 g P_2O_5 .

Temeljni cilj gnojidbe fosforom je osiguravanje optimalne količine biljkama raspoloživih oblika fosfora u tlu, što praktično znači da je dovoljna razina dobre opskrbljenosti tla fosforom (tlo C klase). Međutim, da bi gnojidba fosforom bila učinkovita, neophodno je suvišnu kiselost tla neutralizirati kalcizacijom i održavati povoljnu strukturu tla kako bi korijen biljke imao dovoljno raspoložive vode i kisika naophodnih za usvajanje fosfora. Dakle, održavanje optimalne pH vrijednosti tla i optimalnih vodo-zračnih odnosa preduvjet su učinkovite i održive gnojidbe fosforom.

S obzirom na ove jednostavne principe, izgrađen je temeljni pristup određivanju potrebne gnojidbe fosforom za svaku pojedinu klasu opskrbljenosti tla fosforom.

Klasa (A) – Vrlo slabo opskrbljeno tlo $s < 5$ mg/100 g P_2O_5

Ova tla su jako siromašna i nedovoljno opskrbljena fosforom, ne mogu osigurati dovoljnu količinu biljci raspoloživog fosfora, posebice u stresnim uvjetima zbog niskih temperatura, suše ili anaerobioze (nedovoljno kisika u saturiranim tlima). Neophodno je biljci gnojidbom osigurati raspoložive (vodotopive) oblike fosfora, ali problem može biti prevelika kiselost zbog koje se u tlima kemijski fiksira dodani fosfor i postaje biljkama nepristupačan, posebice ako u tlu nema dovoljno humusa koji ipak može “zaštiti” vodotopivi fosfor od kemijske fiksacije. Nesreća je u tome što nisku opskrbljenost tla fosforom često “prati” nedovoljna humoznost i kiselost tla, tj. ova tri nepovoljna atributa često dolaze “u paketu” i karakteriziraju degradirana, tj. osiromašena tla.

Pojačana mineralna gnojidba nije dovoljno dobro rješenje zbog manje učinkovitosti dodanog fosfora i preskupe gnojidbe. S druge strane, tlo je neophodno popraviti, tj. postupno ga svake sezone obogaćivati fosforom i približavati prvo klasi slabo opskrbljenih tala (klasa B), a zatim i klasi dobro opskrbljenih tala (klasa C) kako bismo izbjegli deficit fosfora u stresnim uvjetima.

Sve ovo znači da **bilanca fosfora svake godine u ovakvim tlima mora biti pozitivna**, tj. ukupna količina gnojidbom dodanog fosfora u tlo treba biti veća (bar 1,5 puta) od količine fosfora koju će usjev iznijeti prinosom.

Zbog često loših fizikalnih i kemijskih svojstava siromašnih (degradiranih) tala, najbolje je rješenje organska gnojidba kojom se istovremeno postiže pozitivna bilanca fosfora i povećava humoznost i biogenost tala. Pri tome je najpogodnije koristiti zrela stajska gnojiva bogatija fosforom, tj. pileća, brojlerska i svinjska kruta gnojiva te svinjsku gnojovku. Tekuća stajska gnojiva (gnojnice bez krutih izlučevina) siromašne su fosforom i neće koristiti u ovakvim slučajevima. Odlično rješenja za ovakva tla bilo bi aplicirati komposte ili vermikomposte pripremljene uz dodatke stajskih gnojiva bogatih fosforom. Zaoravanje žetvenih ostataka također je vrlo značajno jer doprinosi povećanju humoznosti i vraća dio iznesenog fosfora natrag u tlo, a povećanju raspoloživosti fosfora doprinose mikrobiološki preparati s mikorizama i bakterijama koje povećavaju topivost fosfora (npr. *Pseudomonas*). Raspoloživost fosfora i akumulaciju u oraničnom sloju povećava i zelena gnojidba pa je na ovim najsiromašnijim tlima potrebno kombinirati kalcizaciju (ako je tlo kiselo), organsku gnojidbu, zelenu gnojidbu, mikrobiološke preparate i gnojidbu mineralnim oblicima fosfora koja tek uz kalcizaciju kiselih tala i organsku gnojidbu dostiže potrebnu isplativost i učinkovitost.

Klasa (B) – Slabo opskrbljeno tlo s 5-12 mg/100 g P₂O₅

Ova tla su također siromašna i malo bolje, ali ipak nedovoljno opskrbljena fosforom da bi bilo dovoljno biljci raspoloživog fosfora u stresnim uvjetima. U optimalnim uvjetima temperature i vlažnosti tla, biljka će usvojiti dovoljno fosfora, pa možda i akumulirati nešto zaliha koje može premješati u mlađe dijelove u eventualno nepovoljnim dijelovima vegetacije (npr. u sušnim razdobljima). Međutim, u ovim siromašnim tlima ne možemo pouzdano računati na dovoljnu raspoloživost fosfora pa je također neophodno biljci gnojidbom osigurati raspoložive (vodotopive) oblike fosfora. Generalno, pristup gnojidbi fosforom je isti kao u tlima klase A, ali su ipak ova tla očekivano manje degradirana i manje loših svojstava. Cilj je opskrbljenost tla fosforom postupno podići do razine dobre opskrbljenosti (klasa C), a za to je također potrebna pozitivna bilanca fosfora.

Dakle, i u ovakvim tlima neophodno je mjere popravke tla fokusirati na kalcizaciju ako je tlo kiselo, a svakako na organsku i zelenu gnojidbu te upotrebu mikrobioloških preparata. Intenzitet mineralne gnojidbe fosforom treba biti na razini održivih i isplativih količina.

Klasa (C) – Dobro opskrbljeno tlo s 13-20 mg/100 g P₂O₅

Ova tla su dovoljno opskrbljena raspoloživim fosforom i nije potrebno podizati razinu raspoloživosti fosfora, svakako ne gnojidbom mineralnim gnojivima. Naime, ova tla bi trebala osigurati dovoljno kontinuirano usvajanje fosfora korijenom usjeva čak i uz povremene kratkotrajne stresne uvjete. To znači da će biljka u povoljnim jesenskim i/ili proljetnim uvjetima usvajati dovoljno fosfora i čak stvoriti određenu zalihu koja može nadomjestiti eventualno kasnije nedovoljno usvajanje fosfora.

Međutim, ova očekivanja mogu biti ugrožena ako je tlo degradirano (kiselo, slabo humozno, zbijeno), ali takva probleme ne rješavamo pojačanom gnojidbom fosforom već popravkama tla radi otklanjanja postojećih ograničenja plodnosti.

Generalno, u tlima dobre opskrbljenosti fosforom dovoljno je ne dozvoliti negativnu bilancu fosfora, tj. potrebno je u tlo vraćati količinu fosfora koja će biti odnesena s proizvodnih površina. U tlima koja nemaju značajnih ograničenja plodnosti, dovoljno je bilancu fosfora održavati bez promjena kroz četverogodišnje razdoblje.

Također, u ovakvim tlima nije nužno koristiti mineralni fosfor u vodotopivim oblicima što omogućuje raznovrsniji izbor gnojiva i održivu redukciju mineralne gnojidbe fosforom. Ipak, upotreba organskih gnojiva i na ovim je tlima važna karika u održavanju raspoloživosti fosfora i općenito plodnosti tala, ali više nije potrebno fokusirati se na organska gnojiva s povećanim udjelom fosfora.

Zelena gnojidba i upotreba mikrobioloških preparata manje je potrebna s aspekta raspoloživosti fosfora nego na siromašnim tlima, ali nikako ih ne treba izostaviti jer upravo na ovakvim tlima možemo postići značajno smanjenje upotrebe mineralnih gnojiva i jeftiniju gnojidbu uz visok prinos i očuvanje plodnosti tala.

Klasa (D) – Bogato opskrbljeno tlo s 21-30 mg/100 g P₂O₅

Klasa bogato opskrbljenih tala je dovoljno opskrbljena fosforom i nije korisno povećavati razinu opskrbljenosti tala fosforom. Dovoljno je unijeti količinu jednaku ili nešto manju od prinosom odnesene jer će se tako održavati razina raspoloživosti fosfora. Očekivano je tlo bogato fosforom ujedno i tlo veće plodnosti koja će doprinosti stabilnosti raspoloživog fosfora. I dalje vodimo računa o pH vrijednosti tla i korigiramo eventualnu preveliku kiselost kalcizacijom.

Kod ovih tala svakako treba reducirati mineralnu gnojidbu, u pojedinim vegetacijama možemo i izostaviti gnojidbu fosforom bez bojazni da će to ugroziti prinos ili da će doći do degradacije tla. Ipak, treba postupati održivo i oprezno i osiguravati bilancu fosfora koja kroz 4 godine neće značajno smanjivati raspoloživost fosfora u tlu.

U ovim je tlima sutacija s planiranim gnojdbama fosforom još "komotnija" nego u tlima klase C, možemo koristiti jeftinija fosforna gnojiva koja nisu vodotopiva, možemo maksimalno smanjiti upotrebu mineralnih oblika fosfora i praktično inercijom održavati plodnost tla kombinacijom organske gnojidbe, upotrebom mikrobioloških preparata i malih količina mineralnih oblika fosfora.

Klasa (E) – Vrlo bogato opskrbljeno tlo s >30 mg/100 g P₂O₅

Klasa vrlo bogato opskrbljenih tala su tla koja uopće ne treba gnojiti mineralnim oblicima fosfora. Zapravo, fosfor nije dobro dodavati u ovakva tla niti u obliku organskih gnojiva pa se za ovakva tla ne preporučuje upotreba pilećih, brojlerski i svinjskih stajskih gnojiva, niti gnojovki već samo gnojnica (tekuća organska gnojiva bez krutih izlučevina).

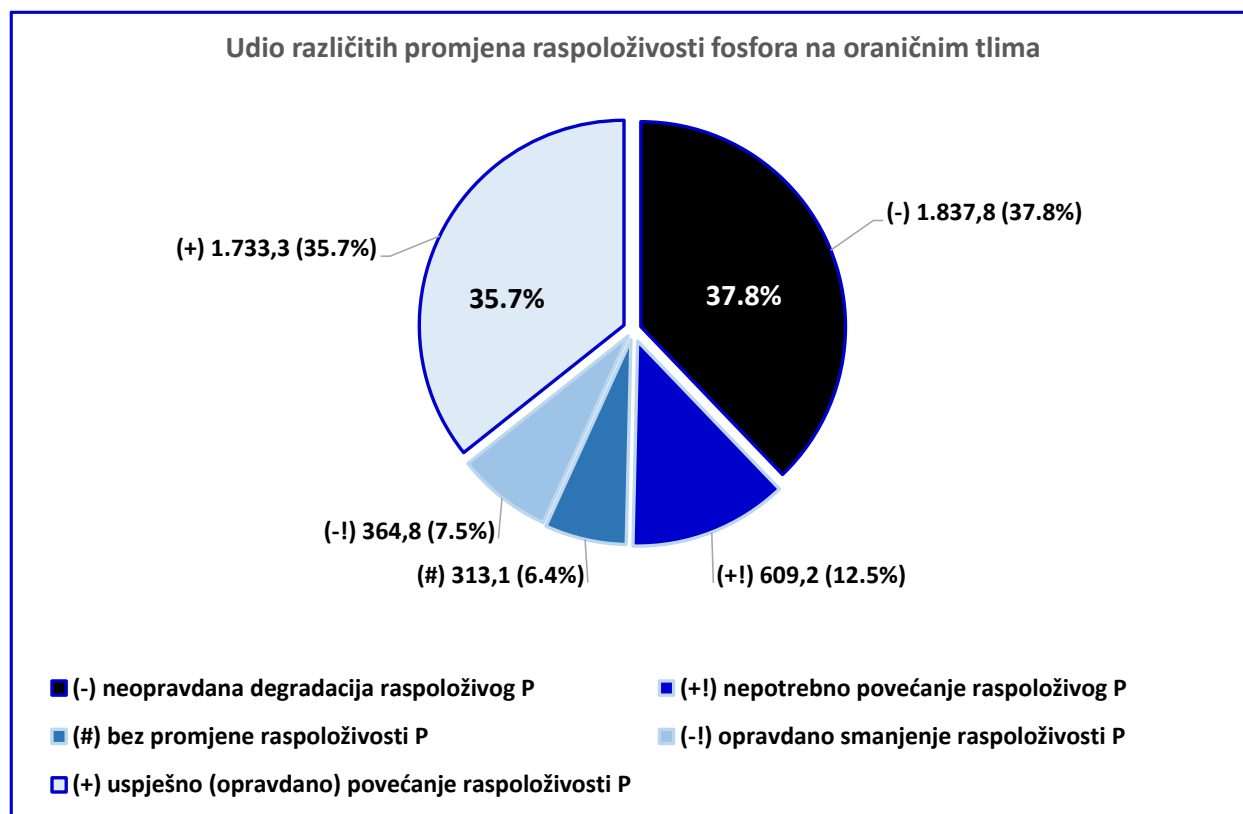
Gnojidba fosforom na ovakvim tlima može biti ekološko opterećenje i do sljedeće analize tla, dakle u 4-godišnjem razdoblju, nikako ne treba unositi fosfor. Naime, izostanak gnojidbe fosforom na ovakvim tlima može rezultirati godišnjim smanjivanjem raspoloživosti fosfora do 1 mg/100 g, što je potpuno beznačajno, a vrlo često se analitički neće niti utvrditi pad raspoloživosti zbog velikih rezervi fosfora u tlu. S druge strane, gnojidba već vrlo bogatih tala može antagonistički smanjiti raspoloživost nekih mikroelemenata, posebice Zn.

3.3.2. Degradacija raspoloživosti fosfora u tlima u Hrvatskoj

U trogodišnjem razdoblju od 2019. do 2021. godine u okviru propisanih obaveznih analiza tala u Hrvatskoj je utvrđeno 37 % tala nedostatne raspoloživosti fosfora u 2019. godini, 45 % u 2020. i 51 % u 2021. godini. Iako ovo nisu rezultati analiza istih površina, ipak je utvrđen zabrinjavajući trend povećanog udjela fosforom siromašnih tala.

Navedeni podaci sigurno znače da gospodarenje tlima u pogledu održavanja raspoloživosti fosfora nije učinkovito, gotovo sigurno zbog neodgovarajuće gnojidbe (vrsta i količina gnojiva). Međutim, s obzirom da je istovremeno utvrđena i prekomjerna kiselost na oko 1/2 analiziranih tala i da je također oko 1/2 tala siromašno humusom, potpuno je sigurno da nisu ispunjeni preduvjeti optimizacije gnojidbe fosforom, tj. kalcizacija kiselih tala i povećanje humoznosti. U takvim uvjetima gnojidba mineralnim oblicima fosfora je slabe učinkovitosti i sigurno je aplicirana veća količina vodotopivog fosfora nego što je akumulirano u tlima u biljci raspoloživom obliku.

Gotovo jednako nazadovoljavajući rezultati utvrđeni su analizom promjene raspoloživosti fosfora tijekom 15 godina na više od 4.800 ha oranica i oko 500 ha trajnih nasada (voćnjaka i vinograda). Prosjek raspoloživog fosfora iznosio je 18,55 mg/100 g, a 15 godina kasnije blago je povećan na 19,88 mg/100 g. No, ovi prosjeci prikrivaju postojanje negativnih trendova i degradaciju značajnih površina smanjenjem raspoloživosti fosfora, posebice na oranicama. Postoje vrlo značajne razlike između oranica i trajnih nasada s obzirom na promjene raspoloživog fosfora tijekom 15 godina. Značajno neopravdano i nedopustivo smanjenje fosfora bilo je na 37,8 % analiziranih oranica koje su već bile slabo ili tek srednje opskrbljene biljkama raspoloživim fosforom. S druge strane, na 35,7 % oranica utvrđeno je povećanje raspoloživosti fosfora (grafikon 3.7.), a nepotrebno povećanje raspoloživosti na već bogatim tlima na 12,5 % oranica. To konkretno znači da na 50 % oranica gnojidba uopće nije bila u skladu s plodnosti tala i stvarnim potrebama u gnojidbi.

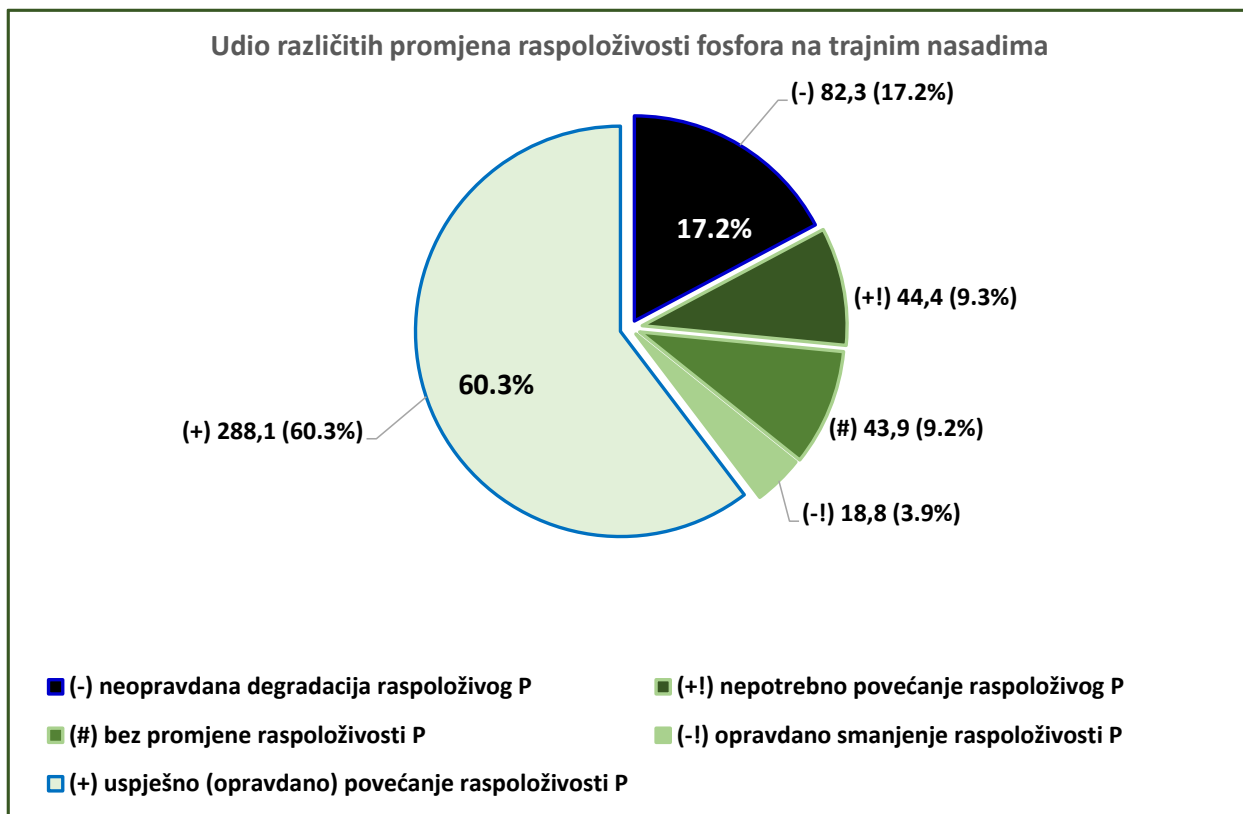


Grafikon 3.7. Prikaz učestalosti potrebnih i neopravdanih smanjenja i povećanja raspoloživosti P na oranicama

Raspoloživost fosfora je značajno bolja na trajnim nasadima, jer je na 60,3 % površina povećana raspoloživost P, dok je na samo 17,2 % analiziranih površina došlo do neopravdanog i neprihvatljivog smanjenja raspoloživog fosfora, a na 9,3 % površina do nepotrebnog povećanja raspoloživosti P (grafikon 3.8.). Dakle, gnojidba nije primjerena plodnosti tala i potrebama u gnojidbi fosforom na 26,5 % trajnih nasada, što je svakako bolje nego na 50 % oranica.

Promatrajući promjene u raspoloživosti fosfora i kalija te sadržaju humusa na oranicama i trajnim nasadima različitih početnih razina plodnosti, zaključili smo sljedeće:

1. gnojidba se ne provodi u skladu s plodnošću tla i potrebama za hranjivima na više od polovice oranica
2. vrlo značajna degradacija tala zbog osiromašenja fosforom utvrđena je na gotovo 38 % oranica i 17 % trajnih nasada
3. najintenzivnija je degradacija sadržaja humusa, zatim pad raspoloživosti fosfora, a najmanji je pad raspoloživosti kalija
4. izvjesno je da se organska gnojiva i mjere očuvanja plodnosti tla rijetko i/ili neučinkovito koriste na oranicama
5. gospodarenje raspoloživim hranjivima u tlu i humusom bilo je puno uspješnije na trajnim nasadima nego na oranicama, pretpostavljamo dobrim dijelom zbog učinkovitijeg korištenja organskih gnojiva.



Grafikon 3.8. Prikaz učestalosti potrebnih i neopravdanih smanjenja i povećanja raspoloživosti P na trajnim nasadima

3.3.3 Praktične preporuke u gnojidbi fosforom

1. Količinu fosfora u gnojidbi prilagoditi realno planiranom prinosu i potrebi pozitivne ili negativne balance fosfora sukladno utvrđenoj klasi opskrbljenosti tla fosforom.
2. Neophodan preduvjet optimalne gnojidbe fosforom je propisana periodična analiza tla jer je bez toga nemoguće optimizirati gnojidbu fosforom.
3. Mineralnu gnojidbu fosforom reducirati održavanjem plodnosti tla, optimizacijom pH vrijednosti, upotrebom organskih gnojiva, zelenom gnojidbom i upotrebom mikrobioloških preparata.
4. Sve vrste fosfornih gnojiva mogu biti potpuno učinkovite samo uz dobru strukturu i optimalnu pH vrijednost tla. Stoga je kalcizacija kiselih tala neophodna jer smanjuje fiksaciju vodotopivog fosfora i povećava učinkovitost mineralnih gnojiva. Uz kalcizaciju obavezno planirati gnojidbu organskim gnojivima, ne samo zbog hraniva, već i zbog stabilnosti tala, vodo-zračnih odnosa i smanjivanja zbijanja i drugih oblike degradacije tala.
5. Organska gnojiva svakako uključiti u redoviti plan gnojidbe, a vrstu organskog gnojiva ovisno o klasi raspoloživosti fosfora: na tlima vrlo siromašnim i siromašnim fosforom (klase A i B) koristiti gnojiva bogata fosforom; na tlima bogatim i vrlo bogatim fosforom (klase D i E) koristiti gnojiva siromašnija fosforom (tekuće svinjske i goveđe gnojnice bez krutih izlučevina); na tlima dobre opskrbljenosti fosforom (klasa C) organskih gnojiva izabrati na temelju drugih limitirajućih svojstava i potreba tala, a ne na temelju sadržaja fosfora.
6. Na siromašnim tlima nedovoljne raspoloživosti fosforom, izbor mineralnih gnojiva svakako uskladiti s reakcijom tla: lakomobilizirajuća P gnojiva (citrotopivi fosfati) najpogodniji su za kiselu tla; vodotopivi fosfati najpogodniji su za slabokiselu i neutralna tla (tu spadaju i kalcizirana tla); na karbonatnim i drugim alkalnim tlima ne treba koristiti citrotopive i teško topive oblike fosfora (topljeni i termofosfati, sirovi fosfati).
7. Na plodnim tlima dovoljne raspoloživosti fosfora, oblik fosfornih gnojiva manje je bitan nego na siromašnim tlima, a pozornost treba posvetiti odgovarajućoj bilanci fosfora.
8. Na siromašnim i degradiranim tlima fosforna gnojiva manje topivosti treba unijeti u tlo značajno prije sjetve (najbolje u jesen), a vodotopive oblike fosfora prije sjetve. Vrijeme aplikacije fosfora na tlima dobre opskrbljenosti fosforom manje je značajno.
9. Fosforna gnojiva u prihranama na oranicama gotovo da nemaju nikakav značaj jer fosfor nije mobilan u tlu i ne može dospjeti do korijena tijekom vegetacije. Određeni interventni značaj ima folijarna aplikacija na usjevima u slučaju deficita P, ali su količine koje se mogu dodati ograničene i vrlo male, realno oko 1,5 do 3,5 kg/ha aplikacijom 400 L folijarne otopine (dakle, u najboljem slučaju do 10 % ukupne potrebe P₂O₅).
10. Iskoristiti potencijal mikrobioloških preparata s mikorizama i bakterijama koje povećavaju topivost fosfora (npr. *Pseudomonas*), kako bi se iskoristili rezervni oblici fosfora u tlu koje biljke bez pomoći mikroorganizama ne mogu usvajati.

3.4. Prilagodba klimatskim promjenama neutralizacijom suviše kiselosti 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 ciljane pH vrijednosti, tj. optimalne kiselosti za uzgoj određene biljne vrste.

3.4.1. Praktične posljedice ekstremnih (neodgovarajućih) pH vrijednosti tla

Reakciju tla, koju izražavamo kao pH vrijednost, možemo tumačiti kao najznačajnije svojstvo tla jer utječe na sva ostala fizikalna, kemijska i biološka svojstva, od stabilnosti strukturnih agregata preko aktivnosti mikroorganizama do raspoloživosti hraniva. Optimalna slabokisela reakcija tla je istovremeno najpoželjnije svojstvo, gotovo neophodno, jer osigurava uvjete **ravnotežne raspoloživosti biljnih hraniva**, mikrobiološke aktivnosti i rasta korijena, ali još uvijek nije garancija da će tlo biti plodno jer ono može imati premalo humusa ili premalo gline ili premalo raspoloživih hraniva, iako je pH vrijednost optimalna. Međutim, “pobjegne” li reakcija tla u ekstremne vrijednosti, otvaraju se vrata degradaciji tla, posljedica je ispiranje i pad raspoloživosti hraniva, a znatno se smanjuje učinkovitost gnojidbe dušikom i fosforom uz povećanje gubitaka dodanih hraniva.

U izrazito kiselom tlu bit će **nedovoljna raspoloživost Ca, Mg i Mo**, uz određenu **kemijsku fiksaciju fosfora**. Uz prekomjernu vlažnost povećana je opasnost **gubitka dušika denitrifikacijom**, a ekstremna kiselost je **toksična za biljke** zbog slobodnih kiselih iona aluminijskih i mangana. Kiselost značajno ograničava rast i brojnost korjenovih dlačica što posredno smanjuje mogućnost usvajanja vode i hraniva i reducira rast i prinos usjeva. Također, nedostatak ili nedostatna raspoloživost Ca i Mg realnost je prekiselih tala jer su navedeni kationi isprani s čestica tla, tj. adsorpcijskog kompleksa tla. Povećana pristupačnost Ca i Mg praktično se u takvim tlima ne postiže gnojidbom tim elementima, već kalcizacijom.

Zakiseljavanje tla je praktično “začarani krug” jer smanjuje raspoloživost hraniva i povećava potrebu u gnojidbi. Posegnemo li za mineralnom gnojidbom kao rješenjem, morat ćemo aplicirati veće količine da bismo postigli kakav-takav kratkoročni učinak. Međutim, cijena intenziviranja mineralne gnojidbe je previsoka, ne samo doslovno, već i zbog dodatne ubrzane acidifikacije tala, što znači dodatni gubitak hraniva, smanjenje plodnosti tla, povećanje toksičnosti i dodatno povećanu potrebu u gnojidbi. Dakle, na ovaj način nema kraja degradaciji tala i intenziviranju gnojidbe. Općenito, kalcizacija je vrlo jednostavno i vrlo isplativo rješenje jer **relativno brzo i učinkovito neutralizira toksičnost kiselih tala**. Svakako s kalcizacijom treba kombinirati **gnojidbu stajskim gnojivima**, tj. organskim gnojivima. Naime, humus značajno smanjuje toksični učinak kiselosti tla i “štiti” korjenove dlačice od kiselih kationa pa je ista kiselost reakcija (isti pH) neusporedivo **toksičnija na slabohumoznim tlima nego na tlima bogatim humusom**. Pored toga, kalcizacija će intenzivirati mineralizaciju humusa i organska je gnojidba neophodna kako bismo očuvali humoznost tla.

U alkalnom tlu, s druge strane, **smanjena je raspoloživost Fe, Mn, Zn, Cu, B**, a prisutna je i **štetna fiksacija fosfora**. Osim toga, biljke na alkalnim (karbonatnim) tlima **otežano usvajaju fosfor** i veći je rizik **gubitaka dušika isparavanjem** (volatilizacijom) u obliku amonijaka, posebno na suhim tlima pri višim temperaturama.

Optimalno je rješenje **održavanje optimalne pH vrijednosti tla** u području slabo kisele reakcije kada je uravnotežena raspoloživost svih hraniva bez toksičnosti i fiksacije hraniva.

3.4.2. Kada je tlo prekiselo za uzgoj usjeva?

Potpuno sigurno možemo reći da je tlo prekiselo kada je toksično za usjev. Međutim, između stabilnog visokog prinosa uz optimalnu reakciju tla i vidljivog toksičnog učinka kiselog tla, čitav je niz nijansi kiselosti koje smanjuju prinos, poskupljuju gnojidbu i uzgoj usjeva, povećavaju rizik pada prinosa i ubrzavaju degradaciju tla, posebice u nestabilnim agroekološkim uvjetima uzrokovanih

klimatskim promjenama. Tako, npr. niža pH vrijednost tla bogatog humusom u manjoj je mjeri štetna u usporedbi s istom pH vrijednosti tla s niskim sadržajem humusa, npr. < 2 % humusa. Stoga si možemo postaviti vrlo jednostavno pitanje, koje je tlo toliko prekiselo da bismo trebali razmisliti o provedbi kalcizacije?

U Hrvatskoj je propisano (HAPIH, 2020.) analizama tla izmjeriti reakciju u suspenziji tla u vodi i u otopini KCl-a. Reakcija u vodi prikazuje kiselost vodene faze tla, a u otopini KCl-a uključuje i izmjenjivi dio kiselih kationa koji su na česticama tla. Najčešće su razlike između ove dvije vrijednosti oko 1 pH jedinicu, s tim da je pH vrijednost u otopini KCl-a uvijek niža. Interesantno je da iz razlike ova dva broja možemo "pročitati" potencijalnu elastičnost tla, tj. sposobnost tla da se odupre naglim promjenama kemijskih svojstava, između ostalog i promjeni pH. Tako će u humusom i glinom siromašnim tlima ta razlika biti manja, ponekad tek oko 0,5 pH jedinica, a u humoznim tlima s više gline i razlike će biti veća od 1 pH jedinice. Razlog je vrlo jednostavan, siromašno tlo nema elastičnosti jer nema čestica humusa i gline, tj. nema tijela sorpcije koje može aktivno sudjelovati u održavanju ravnoteže, nestabilno je i nema kapacitet za dovoljno biljnih hraniva u raspoloživom obliku.

U svakom sličaju, to su reakcije koje će utjecati na hraniva, mikroorganizme i korijen usjeva, a nama je dovoljna informacija, da su, s obzirom na relativno niske sadržaje humusa u oraničnim tlima, **sve pH vrijednosti koje počinju s brojem < 5 dovoljan razlog za izradu plana kalcizacije**. To još uvijek ne znači da je kalcizacija neophodna, ali sigurno bi bila korisna, posebice u uzgoju leguminoza, uljane repice, suncokreta, ali i kukuruza, strnih žitarica i većine povrtnih vrsta. Pored toga, kalcizacija bi zaustavila daljnju degradaciju tala.

3.4.3. Kiselost tala u Hrvatskoj i razlozi suvišne kiselosti tala

Propisanim analizama tla u Hrvatskoj od 2019. do 2021. godine analizirano je više od 40.000 uzoraka tla i svake je godine utvrđeno da je kalcizacija neophodna na 22-25 % tala, a korisna je za još 20-22 % tala. Također, oko 20-ak % analiziranih tala je istovremeno i prekiselo i slabo humozno, što znači da je velika potreba istovremene provedbe kalcizacije i organske gnojidbe.

Zakiseljavanje tla je kompleksni elementarni pedogenetski proces do kojeg dolazi uslijed dvije velike grupe procesa:

1. pedogenetsko-klimatsko ili prirodno zakiseljavanje
2. antropogeno zakiseljavanje.

Veliki utjecaj na zakiseljavanje tla imaju oborine ispiranjem baza i unjedravanjem nositelja kiselosti u tlo.

Ispiranje je usko povezano s količinom i dinamikom oborina, tj. s perkolacijom vode i strukturom tla. U kontinentalnim područjima Republike Hrvatske smatramo da je tlo podložno ispiranju ukoliko je izloženo godišnjoj količini oborina više od 600-650 mm. Zakiseljavanje ili acidifikacija je unjedravanje vodikovih iona na čestice tla umjesto istisnutih baza (Ca i Mg). Odvija se kod tala s neutralnom ili kiselom reakcijom istovremeno s debazifikacijom. **Antropogeni uzroci su prije svega industrijska emisija kiselih kiša**, tj. SO₂ koji kiselim kišama dopijeva u tlo i zakiseljava ga.

Drugi je antropogeni učinak posljedica intenziviranja ciklusa hraniva mineralnom gnojidbom. Posebice je značajno **intenziviranje ciklusa dušika mineralnom gnojidbom**. Pri tome u tlo mogu biti unesene značajne količine rezidualno (fiziološki) kiselih mineralnih gnojiva. Posljedica je zaostajanje kiselosti u tlu za čiju neutralizaciju su potrebne količine 80-128 kg vapnenca za svakih 100 kg mineralnih gnojiva. I dok je ovakav učinak zakiseljavanja vrlo koristan na karbonatnim tlima jer povećava raspoloživost fosfora i mikroelemenata u tlu, istovremeno predstavlja potpuno nepoželjan i nepotreban proces na kiselim tlima.

Stoga, na kiselim tlima treba koristiti KAN, norvešku salitru i čilsku salitru kao izvore mineralnog dušika koji će svojim rezidualnim alkalnim djelovanjem (salitre) ili dolomitnim punilom (KAN) neutralizirati dio kiselosti u tlu. Na kiselim tlima nisu pogodna dušična gnojiva za koja treba ekvivalenta neutralizacija rezidualne kiselosti: amonijev klorid (128 kg vapnenca/100 kg gnojiva), amonijev sulfat (110 kg), amonijev sulfonitrat (93 kg), urea (84 kg), amonijev nitrat (80 kg) i amonijev fosfat 16-20-0 (86 kg).

Zakiseljavanje poljoprivrednih površina je i posljedica intenzivnog uzgoja leguminoza, ali i svakog iznošenja Ca prinosom poljoprivrednih kultura bez vraćanja iznesenih količina u tlo.

3.4.4. Sredstva za kalcizaciju

Sredstvo za kalcizaciju je svaki materijal koji sadrži Ca i/ili Mg u oblicima koji mogu neutralizirati suvišnu kiselost podizanjem pH vrijednosti tla do određene razine, ovisno o neutralizacijskoj vrijednosti i količini sredstva. Kalcizacijski materijali su kalcijevi i/ili magnezijevi karbonati, oksidi, hidrosidi i silikati. Najčešća sredstva za kalcizaciju širom svijeta su različiti vapneni materijali, a u pojedinim regijama koriste se i industrijski nusproizvodi i otpadne tvari koje moraju ispunjavati zakonom propisane kriterije.

Sredstva za kalcizaciju vrednujemo prvenstveno na temelju učinkovitosti neutralizacije suvišne kiselosti tla, iako pored toga neposredno opskrbljuju biljku raspoloživim oblicima Ca i/ili Mg i posredno utječu na niz kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla. Najjednostavnije je prikazati neutralizacijsku vrijednosti kao ekvivalent udjela kalcijevog karbonata (CaCO_3). Koristimo li kalcijev karbonat (čisti vapnenac) kao standard, kemijsku čistoću i sastav sredstva za kalcizaciju izražavamo kao kalcij karbonat ekvivalent (CCE). CCE za čisti kalcijev karbonat je 100, ali može biti i veći od 100 ili značajno manji. Npr. CCE živog vapna (CaO) je 179, a drvenog pepal 40-50 (tablica), što znači da će za isti učinak biti potrebno značajno manje živog vapna ili značajno više drvenog pepela nego vapnenca.

Međutim, kemijska čistoća materijala preračunata na CCE nije dovoljan pokazatelj stvarne neutralizacijske učinkovitosti ili efektivne neutralizacijske vrijednosti (ENV) koja pored CCE ovisi i o dimenzijama čestica vapnenog materijala. ENV izračunava se kao kombinacija CCE i efektivnosti s aspekta veličine čestica materijala koji nisu vodotopivi (vapneni i dolomitski materijali).

Najveća je efektivna neutralizacijska vrijednost paljenog i gašenog vapna (tablica 3.11.), dok učinkovitost i brzina djelovanja sredstava vapnenog, dolomitskog ili silikatnog tipa ovisi o veličini (finoći) čestica. Iz prethodnog je primjera vidljivo da čestice vapnengo tipa $< 0,15$ mm imaju maksimalnu učinkovitost (100 %) dok su čestice 0,15-0,25 mm nešto manje neutralizacijske učinkovitosti (80 %), a čestice 0,25-0,85 mm još manje učinkovitosti (40 %). Čestice krupnije od 0,85 mm imaju sporo i izraženo produžno djelovanje, njihov je učinak postupan i manje su pogodne ako je potrebna brza neutralizacija kiselosti.

Tablica. 3.11. Kalcij karbonat ekvivalent (CCE) vapnenih materijala ovisi o udjelu Ca i Mg i njihovom obliku

Kalcizacijski materijal	Ca %	Mg %	CCE
vapnenac čisti (CaCO ₃)	40	-	100
vapnenac	32-40	-	80-100
dolomitski vapnenac čisti	22	13	108
dolomitski vapnenac	22	13	95-108
kreda (CaCO ₃)	40	-	100
paljeno vapno čisto (CaO)	71	-	179
paljeno vapno	60-71	-	150-179
gašeno vapno čisto (Ca (OH) ₂)	54	-	135
gašeno vapno	51-54	-	120-135
šećeransko vapno (karbokalk)	34-42	-	35-95
lapor (CaCO ₃ + glina)	10-80	-	70-90
drveni pepeo	18-30	2-3	40-50
gips (CaSO ₄ × 2H ₂ O)	22	-	0
kalcijev silikat (CaSiO ₃)	30	-	60-90
magnezit (MgCO ₃)	0	28	119
mljevene školjke	36-40	-	90-100

Efektivna neutralizacijska vrijednost (ENV) vrlo je praktičan pokazatelj želimo li usporediti razlike u cijenama kalcizacijskih materijala jer možemo izračunati cijenu po ENV umjesto cijene po masi (npr. po tonama) materijala.

Na primjer:

sredstvo A: ENV = 0,75 cijena = 24 €/t

cijena ENV = 32,0 €/t ENV

sredstvo B: ENV = 0,40 cijena = 18 €/t

cijena ENV = 45,0 €/t ENV.

Dakle, sredstvo B je jeftinije, ali je manja efektivna neutralizacijska vrijednost pa je isplativija upotreba sredstva A jer je niža cijena po jedinici efektivne neutralizacije.

3.4.6. Izračunavanje potrebe u kalcizaciji

Kiselost tla, tj. niska pH vrijednost prvi je indikator moguće potrebe provedbe kalcizacije. Međutim, nikako ne treba donositi odluku samo na temelju pH vrijednosti tla i potrebe biljne vrste koju želimo uzgajati jer ciljna pH vrijednost ovisi i o drugim svojstvima tla. Još važniji je razlog to što **pH nije dovoljan pokazatelj ukupne kiselosti u tlu**, tj. suvišne kiselosti koju treba neutralizirati.

To možemo objasniti vrlo jednostavnim primjerom gladnog čovjeka. Dva čovjeka bitno različite tjelesne mase mogu osjećati glad jednakim intenzitetom i jednako vapiti za hranom. Ipak, dovoljan nam je jedan pogled na njih da znamo da nam ne treba ista količina hrane da bismo ih nahranili jer je jedan "mršavac", a drugi "teškaš". U ovoj je metafori pH vrijednost tla isto što i intenzitet gladi, a dva različita tla mogu imati isti pH kao i dva različita čovjeka istu glad. Mršavac će, dakle, trebati znatno manje hrane da bi se zasitio nego teškaš, a lagano će tlo trebati znatno manje sredstva za kalcizaciju da bi pH bio neutralan nego teško tlo. Praktički je najtočnije mjerilo utvrditi koliko tlo treba "pojesti" vapna da bi bilo "sito", tj. neutralno. Utvrditi takav kapacitet tla možemo **određivanjem hidrolitičke kiselosti tla**. Hidrolitička kiselost je mjerilo kemijske potrebe za neutralizacijom kiselosti tla i uz volumnu gustoću tla i optimalnu pH vrijednost čini dostatne podatke za izračun točne potrebe u kalcizaciji. Hidrolitičku kiselost (Hy) izražavamo u cmol/kg ili mmol/100 g i to je količina kiselosti određene mase tla.

Uvriježeno je **granicom potrebne kalcizacije smatrati hidrolitičku kiselost 4 cmol/kg**, pa da tlo kiselije od toga treba kalcizirati, a manje kiselo tlo ne treba. Međutim, niti to ne mora biti točno jer je hidrolitička kiselost dio ukupnog kationskog izmjenjivačkog kapaciteta tla (KIK). Zbog toga je u tlima iste vrijednosti H_y i različitog KIK-a i stupanj zasićenosti tla bazama (V) vrlo različit, a to znači i različitu pH vrijednost.

Dakle, KIK može biti npr. 8 kod laganih tala, a 20 ili čak 40 kod težih tala, pa je hidrolitička kiselost 4 cmol/kg čak 50 % kapaciteta laganog tla, a svega 10 % kapaciteta najtežeg tla iz ovih primjera. Tumačimo li ove primjere kroz pH vrijednost tla, pH laganog tla je vjerojatno < 4 (uz hidrolitičku kiselost 4) što znači da je tlo ekstremno kiselo, pH težeg tla je vjerojatno oko 6,0 ili čak 6,5 (uz hidrolitičku kiselost također 4) pa kalcizacija uopće nije potrebna, iako je hidrolitička kiselost oba tla iste vrijednosti.

Praktično, u stvarnosti ćemo prvo analizirati pH vrijednosti tla pa ćemo odmah znati da nije potrebno kalcizirati tlo čiji je pH između 6 i 6,5. S druge strane, bit ćemo sigurni da je neophodna kalcizacija tla čiji je $pH < 4$ pa ćemo analizirati i hidrolitičku kiselost kako bismo precizno utvrdili količinu kiselosti koju treba neutralizirati. Ovi realni primjeri ilustriraju da vrijednost hidrolitičke kiselosti $H_y = 4$ samo uvjetno možemo smatrati granicom potrebne kalcizacije.

Ako ne raspolažemo točnim podacima o tlu (specifična gustoća tla) potrebnim za izračun potrebe kalcizacije, možemo koristiti okvirni izračun da je za neutralizaciju svake jedinice hidrolitičke kiselosti na dubini do 30 cm za **lagana tla potrebno maksimalno 2 t/ha čistog vapnenca**, za **srednje teška tla 2,2 t/ha**, a za **teška tla maksimalno 2,4 t/ha**.

3.4.7. Učinak kalcizacije

Provedba kalcizacije ima višestruki učinak na svojstva tla, od promjene pH vrijednosti do promjene raspoloživosti hraniva.

1. Promjene pH vrijednosti tla (reakcija tla)

Učinak kalcizacije ovisi o početnoj kiselosti tla, o dozi kalcizacije, o neutralizacijskoj vrijednosti materijala za kalcizaciju i o količini vode u tlu. Na kiselijem tlu djelovanje kalcizacijskog materijala je brže, a na manje kiselom tlu sporije uz produžno djelovanje viših doza kalcizacijskog materijala. Na kiselijem tlu povećanje pH vrijednosti u prvoj vegetaciji gotovo može dostići ciljane pH vrijednost, a na manje kiselom tlu rijetko može dostići više od 80-85 % ciljane pH vrijednosti zbog sporije neutralizacije, tj. produžnog djelovanja sredstva za kalcizaciju.

Na temelju istraživanja u agroekološkim uvjetima istočnog dijela Hrvatske, moguće je za dozu kalcizacije s 5-10 t/ha čistog $CaCO_3$ očekivati prosječno povećanje reakcije tla za 1-1,5 pH jedinicu. Za dozu kalcizacije s 10-20 t/ha čistog $CaCO_3$ moguće je povećati pH vrijednost tla za prosječnih 1,5-2 pH jedinice.

2. Promjene raspoloživosti fosfora

Kalcizacija kiselih tala uvijek utječe na povećanje pristupačnosti fosfora u tlu. Pri tome je moguće utvrditi pravilnost povećanja biljci pristupačnog fosfora s povećanjem reakcije tla odnosno s neutralizacijom suvišne kiselosti kalcizacijom. Visoka koncentracija kiselih iona u tlu siromašnom fosforom može rezultirati simptomima nedostataka fosfora koji se mogu neutralizirati kalcizacijom bez direktne gnojide fosforom.

3. Promjene sadržaja humusa u tlu

Kalcizacija utječe i na promjenu bioloških svojstava u tlu jer povećava aktivnost mikroorganizama, što rezultira intenzivnijom razgradnjom organske tvari tla i smanjenjem sadržaja humusa u tlu. Očekivano je povećanje mineralizacija organske tvari tla nakon kalcizacije i zbog toga kalcizacija bez organske gnojide najčešće rezultira smanjenjem sadržaja humusa u tlu.

Okvirnu potrebnu količinu zrelog stajskog gnojiva za neutralizaciju negativnog učinka kalcizacije na sadržaj humusa u tlu možemo procijeniti na 2 - 2,5 t/ha zrelog stajskog gnojiva po t/ha čistog vapnenca (ekvivalent čistog CaCO_3 s ENV = 100). Dakle, za svaku kalcizaciju s 10 t/ha CaCO_3 neophodno je aplicirati i 20-25 t/ha zrelog stajskog gnojiva.

4. Promjene koncentracije izmjenjivih Ca i Mg u tlu

Kalcizacija utječe na promjene koncentracija izmjenjivih alkalnih i zemnoalkalnih kationa (Ca, Mg, K i Na) na adsorpcijskom kompleksu tla. Kalcizacija povećava koncentraciju izmjenjivog kalcija u tlu uslijed izravnog unosa kalcijevih iona u materijalima za kalcizaciju. U skladu s povećanjem doze, kalcizacija može utjecati na gotovo linearno povećanje koncentracije kalcija u tlu. Ukoliko materijal za kalcizaciju sadrži Ca^{2+} i Mg^{2+} ione, očekivano će uslijediti povećanje koncentracije izmjenjivog kalcija i magnezija.

5. Promjene raspoloživosti Fe, Mn, Zn, Cu u tlu

Raspoloživost mikroelemenata (Fe, Mn, Zn i Cu) i potencijalno toksičnih elemenata u tlu veća je u kiselim tlima. Pad raspoloživosti Fe i Mn u tlu može biti posljedica većih doza kalcizacijskog materijala, ali to ne mora biti negativno jer su koncentracije raspoloživih Fe i Mn u prekiselim tlima prevelike, često i toksične. Ipak, kalcizacija može smanjiti pristupačnosti Fe i Mn u tlu do čak 50 % u odnosu na početno stanje, pa prekomjerna doza materijala za kalcizaciju može rezultirati čak i nedostatnom raspoloživosti mikrohraniva (Fe i Mn). Učinak kalcizacije na pristupačnost Zn je manjeg intenziteta.

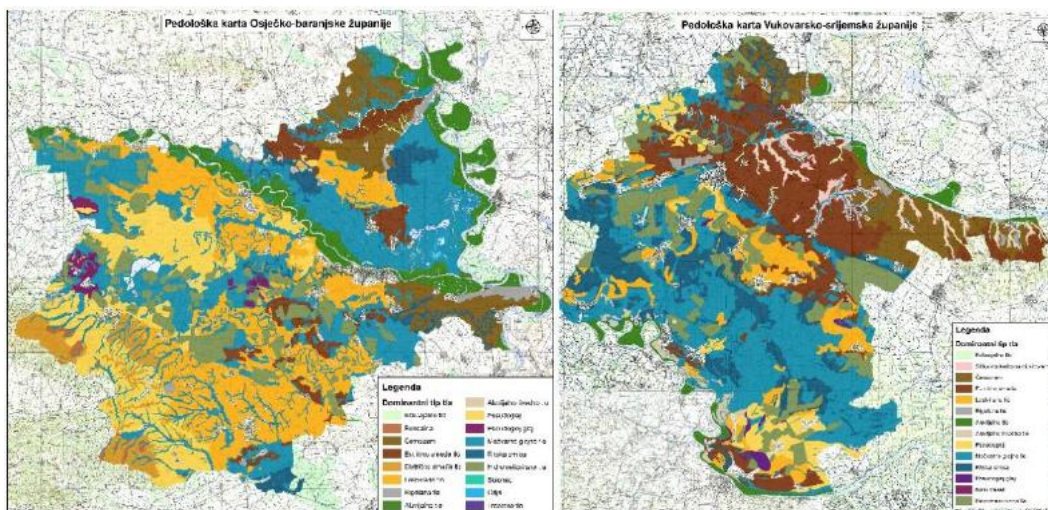
Značajan je istovremeni pozitivan utjecaj kalcizacije na smanjenu pristupačnost toksičnih teških metala poput Cd, Cr, Pb i Hg jer smanjuje njihov prijenos u prehranbeni lanac.

3.4.8. Praktične preporuke u gospodarenju kiselim tlima

1. Kalcizacija i organska gnojidba neizostavna su agrotehnička mjera u gospodarenju kiselim tlima koja su široko zastupljena na oranicama Republike Hrvatske.
2. Najznačajniji pokazatelj potrebe kalcizacije je pH vrijednost tla. Za sva tla čiji je $\text{pH} < 5$, neophodno je izraditi stručni plan potrebe kalcizacije na temelju rezultata propisanih analiza tla.
3. Potrebnu količinu sredstva za kalcizaciju nemoguće je precizno izračunati bez vrijednosti hidrolitičke kiselosti tla.
4. Za precizan izračun kalcizacije potrebno je znati specifičnu gustoću tla, ali možemo planirati da je za neutralizaciju svake jedinice hidrolitičke kiselosti na laganim tlima potrebno maksimalno 2 t/ha, na srednje teškim tlima 2,2 t/ha, a na teškim tlima maksimalno 2,4 t/ha čistog vapnenca.
5. Plan kalcizacije svakako treba uzeti u obzir efektivnu neutralizacijsku vrijednost (ENV) sredstva za kalcizaciju.
6. Najbrže djelovanje i najveću ENV imaju živo i gašeno vapno, a najnižu drveni pepeo. Učinkovitost vapnenih i dolomitnih materijala netopivih u vodi ovisi o krupnoći čestica.
7. Gnojidba stajskim ili drugim organskim gnojivima mora biti obavezna mjera uz provedbu kalcizacije.
8. Neophodna je optimizacija mineralne gnojidbe kiselih tala, posebice dušičnim gnojivima, jer intenzivna gnojidba slabohumoznih kiselih tala ubrzava degradaciju tala.
9. Prevelika kiselost tla je toksična za usjeve, problem su i nedostatak Ca i Mg te smanjena učinkovitost gnojidbe. Kalcizacija povećava raspoloživost P, Ca i Mg te smanjuje gubitke dušika i povećava učinkovitost mineralne gnojidbe.
10. Vapneni materijal treba ravnomjerno raspodijeliti po dubini oraničnog sloja tla jesenskom ili kombiniranom jesensko-proljetnom aplikacijom.

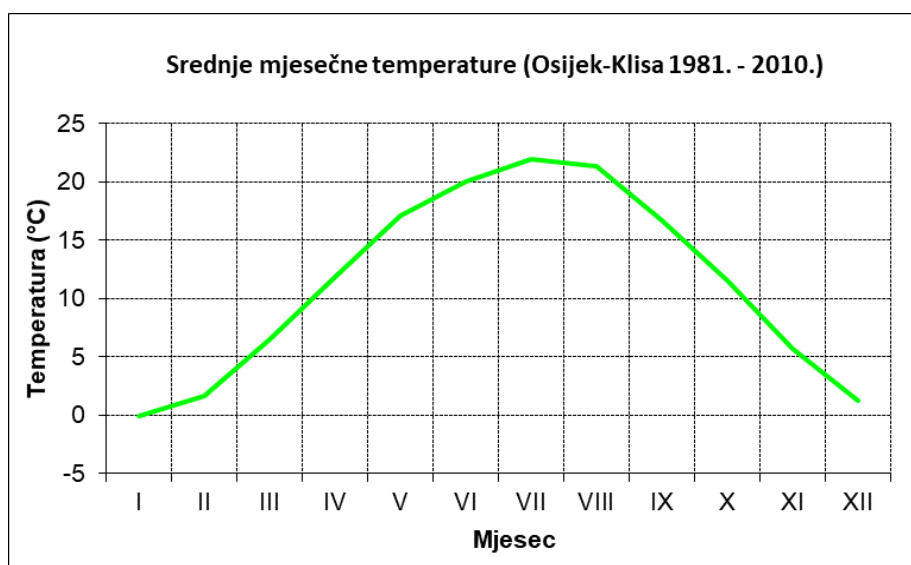
3.5. Analiza klimatskih podataka lokaliteta provedbe pokusa na pokušalištu Tenja

Istočna Hrvatska je dosta ujednačena s obzirom na klimatske pokazatelje: srednju temperaturu zraka, prosječnu količinu oborina, relativnu vlažnost zraka, brzinu vjetra i insolaciju. Velika divergentnost tala (Slika 3.1.) s obzirom na matični supstrat, reljef, vegetaciju i ostale pedogenetske faktore koji su utjecali na procese nastanka i sadašnji razvoj tala ukazuje na bitne razlike u količini pristupačne vode u tlu za normalan rast i razvoj usjeva. Vrlo veliku ulogu odigrala je i antropogenizacija tj. degradacija tala u smislu pogoršanja fizikalnih i kemijskih svojstava.

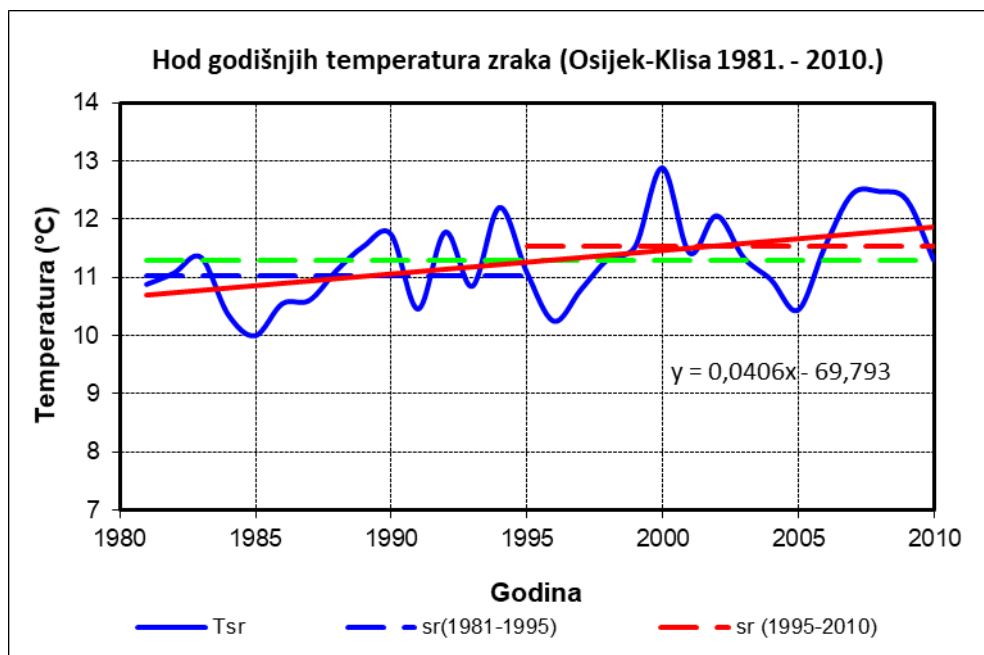


Slika 3.1. Pedološke karte Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije

Stoga je s obzirom na cilj istraživanja postavljen pokus na pokušalištu Tenja s različitim gnojidbenim tretmanima i evidentirani su klimatski pokazatelji tijekom vegetacije suncokreta i kukuruza. S obzirom na dio cilja istraživanja u ovom dijelu obrađeni su svi klimatski pokazatelji za referentni niz godina za Klimatološku postaju Osijek-Klisa te je analizirana usporedba s podacima očitavanim na fakultetskom Pokušalištu. Sve referentne vrijednosti (temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, brzina vjetra, insolacija) za izračun referentne evapotranspiracije i evapotranspiracije uzgajane kulture prikazane su grafikonima 3.9. - 3.15.

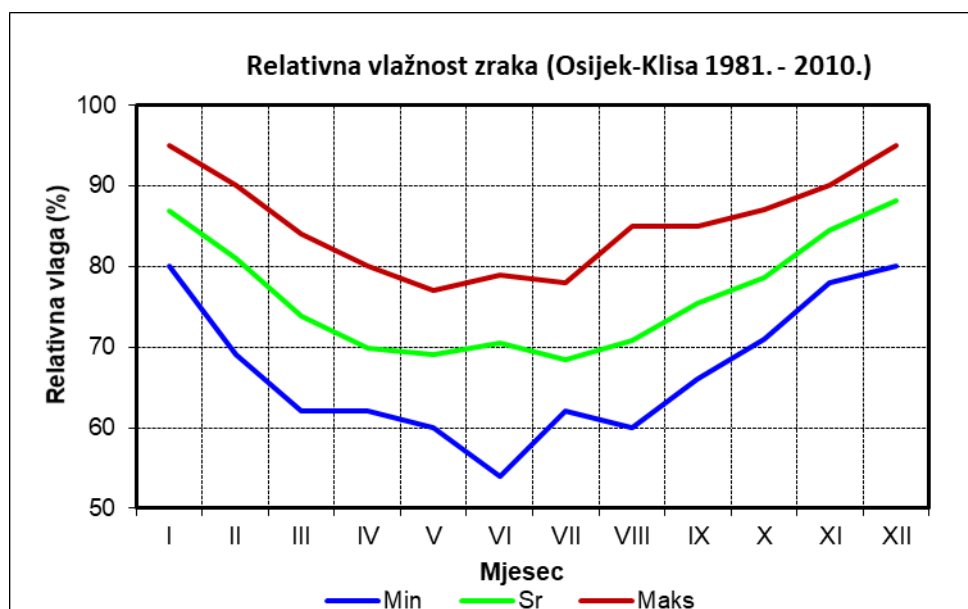


Grafikon 3.9. Srednje mjesečne temperature za razdoblje 1981. – 2010. (Osijek-Klisa)

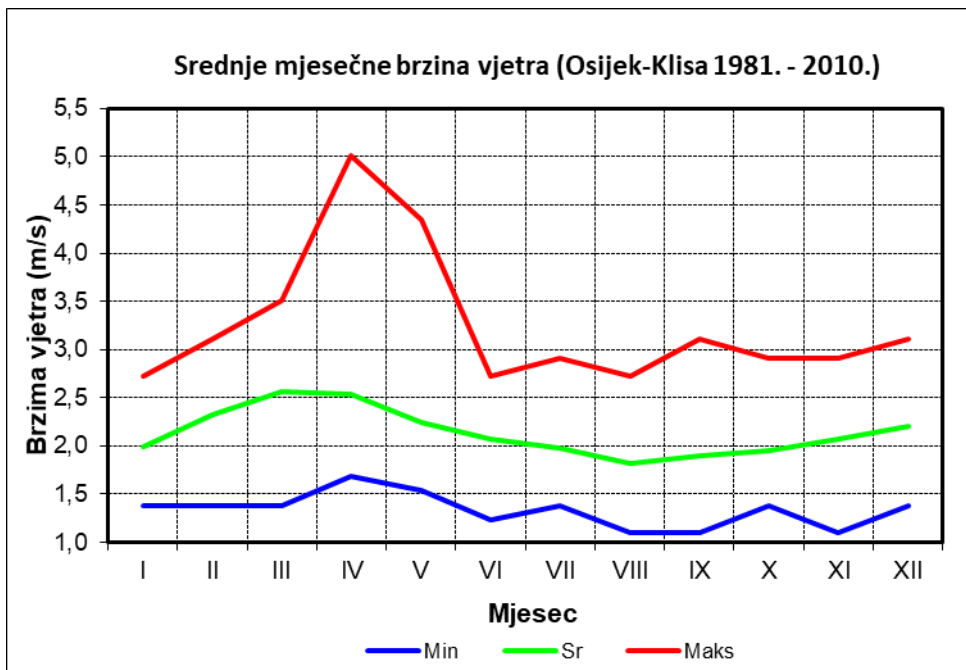


Grafikon 3.10. Hod godišnjih temperatura zraka za razdoblje 1981. – 2010. (Osijek-Klisa)

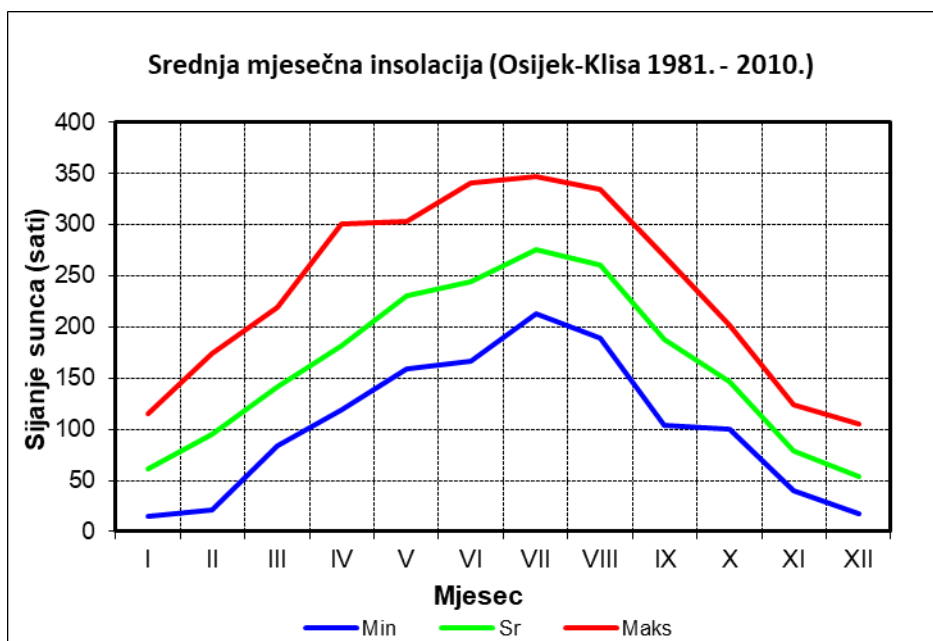
U uvjetima umjereno kontinentalne klime za područje istočne Hrvatske Iz grafikona 3.10. vidljivo je da je najtopliji mjesec srpanj s prosječnom temperaturom od 22,0 °C, a najhladniji siječanj s prosječnom temperaturom od -0,1°C. Hod godišnjih temperatura ima pozitivan trend rasta gdje je zabilježen godišnji porast temperature zraka za 0.04 °C, što rezultira ukupnim povećanjem temperature kroz 30 godina za 1,2 °C. Ovo povećanje direktno utječe i na evapotranspiraciju što iz godine u godinu rezultira povećanjem manjka vode u tlu za uzgajane kulture.



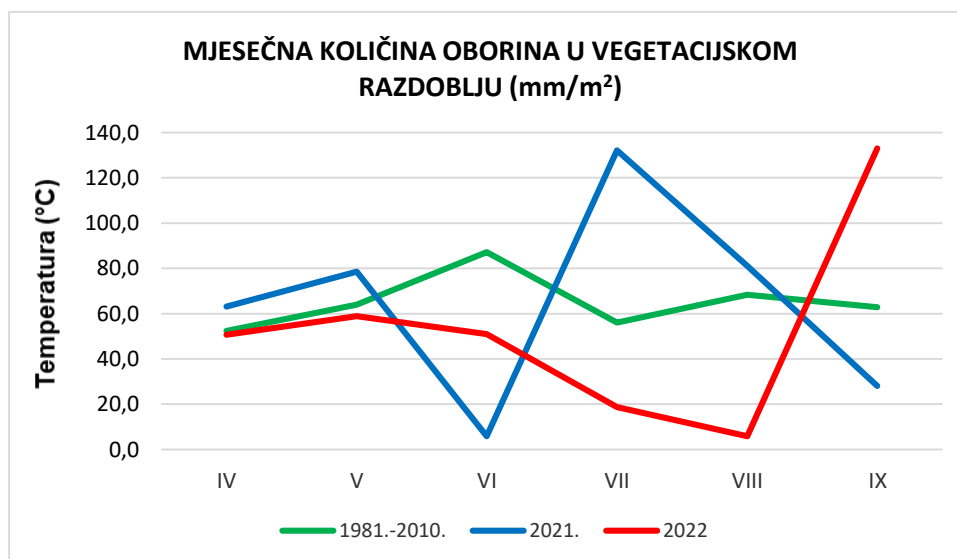
Grafikon 3.11. Relativna vlažnost zraka za razdoblje 1981. – 2010. (Osijek-Klisa)



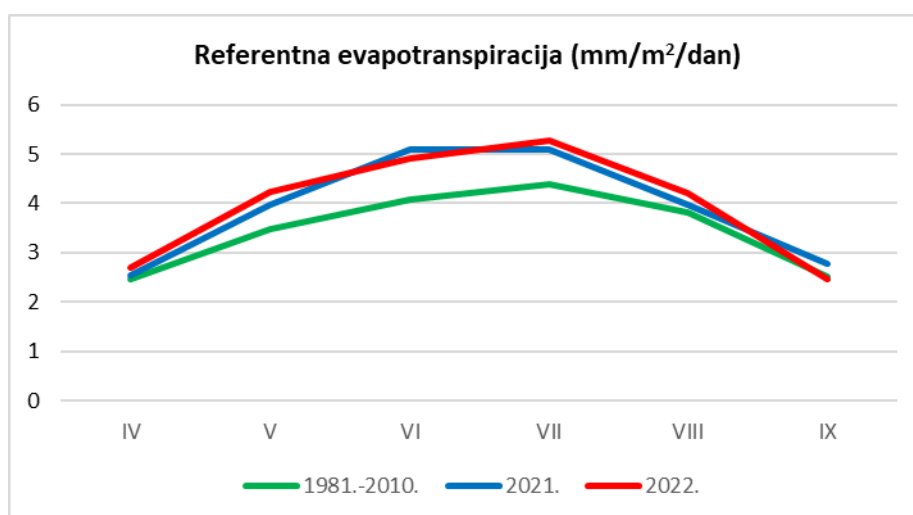
Grafikon 3.12. Srednje mjesečne brzina vjetra za razdoblje 1981. – 2010. (Osijek-Klisa)



Grafikon 3.13. Insolacija za razdoblje 1981. – 2010. (Osijek-Klisa)

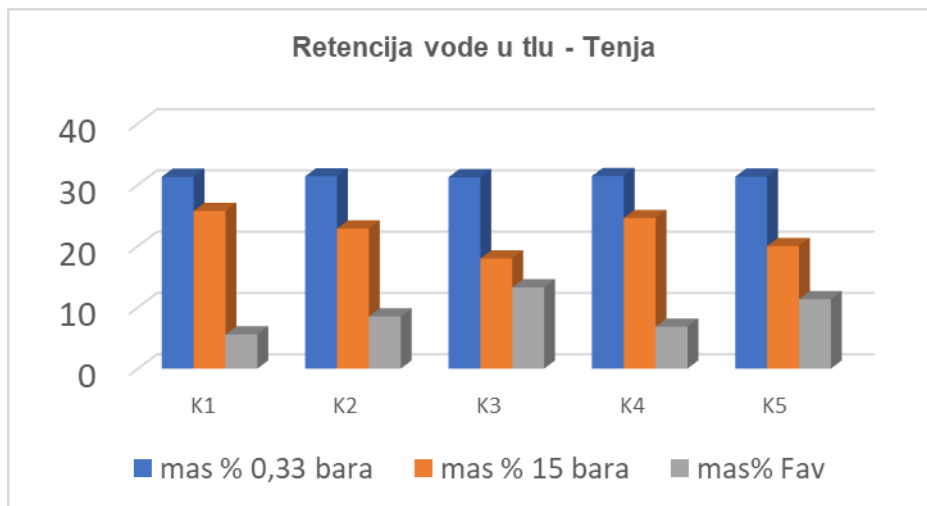


Grafikon 3.14. Srednja mjesečna količina oborina u vegetacijskom razdoblju 1981. – 2010. i ukupna količina oborina u istraživanim godinama (Osijek-Klisa)



Grafikon 3.15. Prosječna referentna evapotranspiracija u vegetacijskom razdoblju 1981. – 2010. i u istraživanim godinama (Osijek-Klisa)

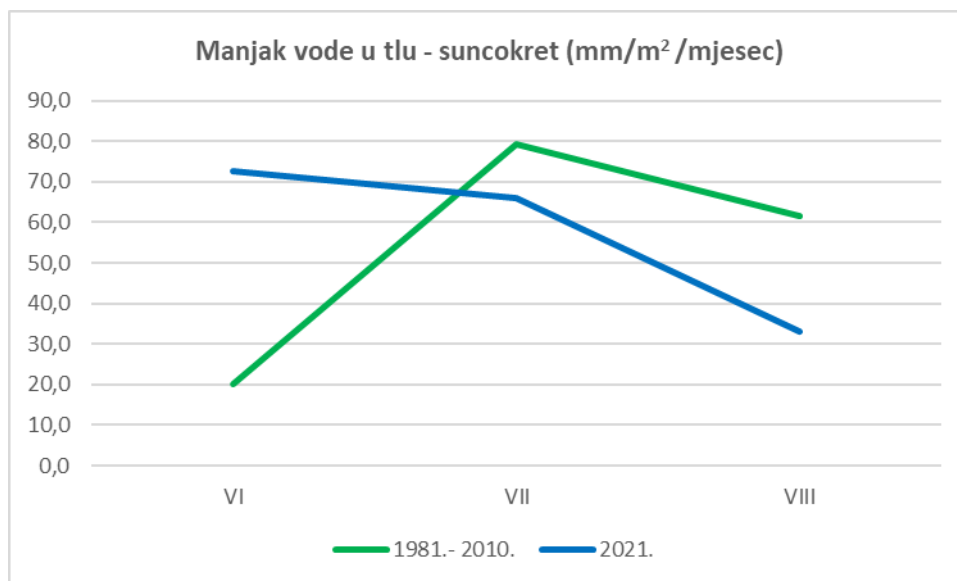
Iz prikazanih grafikona vidljivo je da je u odnosu na referentni niz (1981.-2010.) srednja mjesečna količina oborina u 2021. godini u mjesecu lipnju bila izrazito niska, što se negativno odrazilo i na prinos suncokreta što je rezultiralo smanjenjem prinosa za 33% (grafikon 3.20.). Potrebno je naglasiti da i u prosječnim godinama na području istočne Hrvatske bilježimo smanjenje prinosa u odnosu na genetski potencijal prinosa uzgajanih kultura (grafikon 3.20. i grafikon 3.21.). U razdoblju vegetacije 2022. godine evidentirana je značajno manja količina oborina tijekom vegetacije kukuruza (grafikon 3.14.) što je direktno utjecalo na aktualnu evapotranspiraciju (grafikon 3.19.), a samim tim i na veliko smanjenje prinosa kukuruza (grafikon 3.21.). S obzirom na sve klimatske pokazatelje potrebno je uvažiti i svojstva istraživanog tla na kojem je postavljen poljski pokus. Endomorfološka svojstva istraživanog lokaliteta su prikazana u tablici 3.12., a hidropedološke konstante u grafikonu 3.16. Ukupni poljski vodni kapacitet tla na području pokušališta iznosi 28,3 % mas., točka venuća 10,5 % mas. dok je kapacitetla za biljku pristupačne vode u tlu 17,8 % mas.



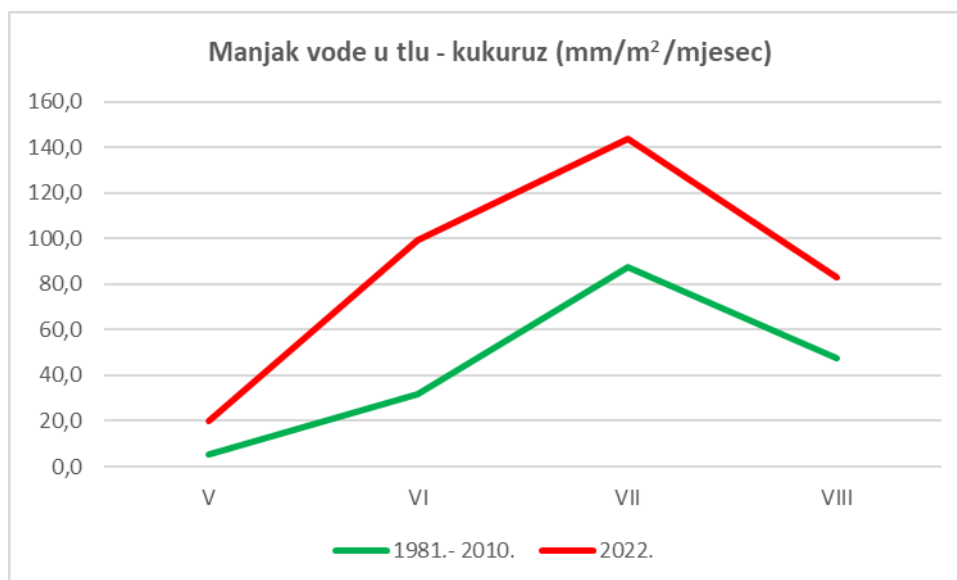
Grafikon 3.16. Hidropedološke konstante

Tablica 3.12. Eutrično smeđe tipično tla na lesu, Tenja

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	P	0-30	Boja: smeđe-žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO ₃ : +
	(B)	30-65	Boja: žuto-smeđa Tekstura: praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO ₃ : + Pedodinamske tvorevine: konkrecije i mazotine R ₂ O ₃
C	65-110	Boja tla: žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO ₃ : + + + Pedodinamske tvorevine: konkrecije CaCO ₃ i mazotine R ₂ O ₃	

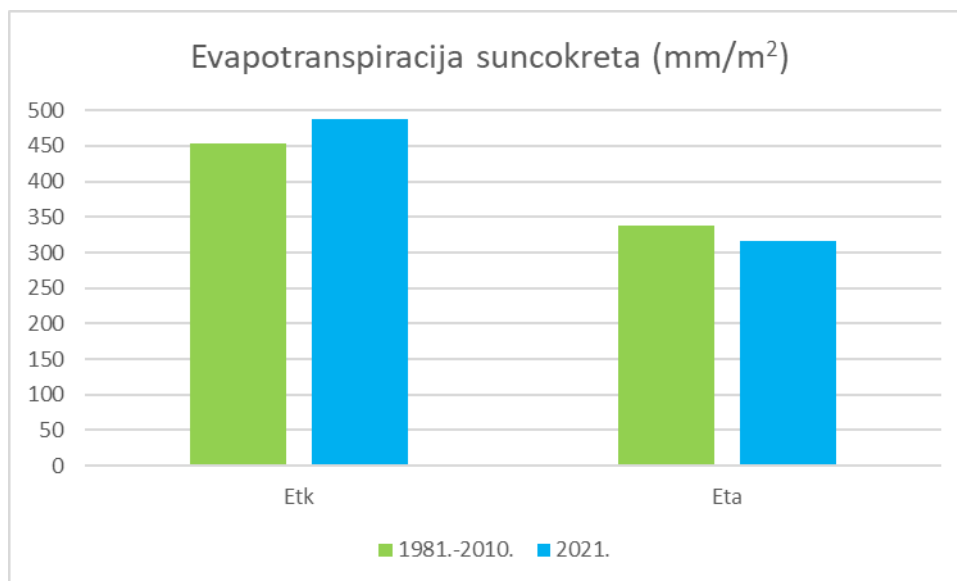


Grafikon 3.16. Nedostatak vode u tlu tijekom vegetacije suncokreta u prosječnoj i u 2021. godini

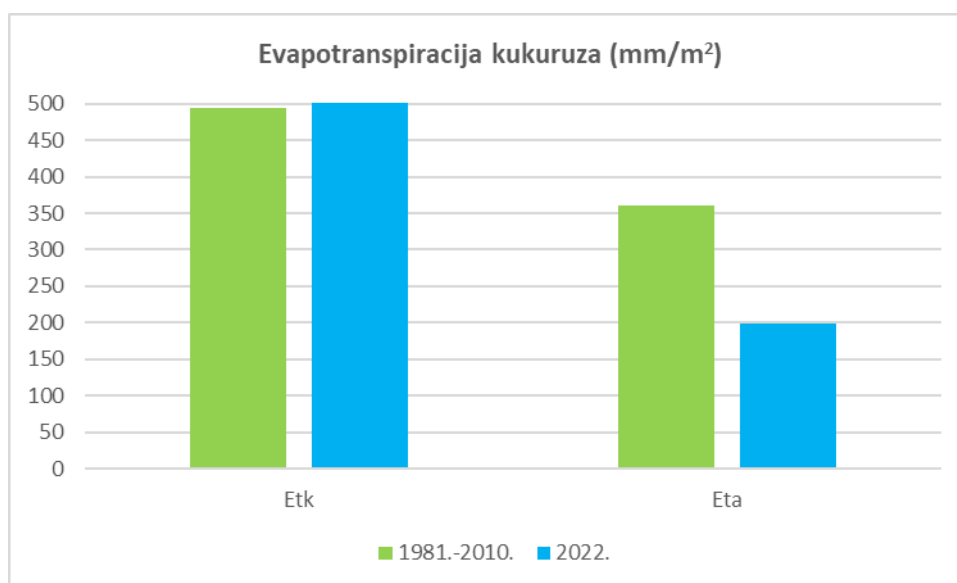


Grafikon 3.17. Nedostatak vode u tlu tijekom vegetacije kukuruza u prosječnoj i u 2022. godini

Manjak vode u tlu izračunat je modificiranom Palmerovom metodom koja uzima u obzir svojstva tla i evapotranspiraciju kulture prema metodi Penmann-Monteith. S obzirom na klimatske pokazatelje u prosječnoj godini su iznosile 453,1 mm/m² za suncokret i 494,0 mm/m² za kukuruz. U istraživanim godinama ukupne potrebe za vodom u vegetaciji za suncokret su iznosile 487,3 mm/m², a za kukuruz 520,2 mm/m². Stvarna ili aktualna evapotranspiracija s obzirom na opskrbljenost tla vodom u prosječnoj godini za suncokret iznosi 338,2 mm/m², a za kukuruz 360,9 mm/m², dok je 2021. godine za suncokret bila 315,6 mm/m², a za kukuruz 198,3 mm/m².

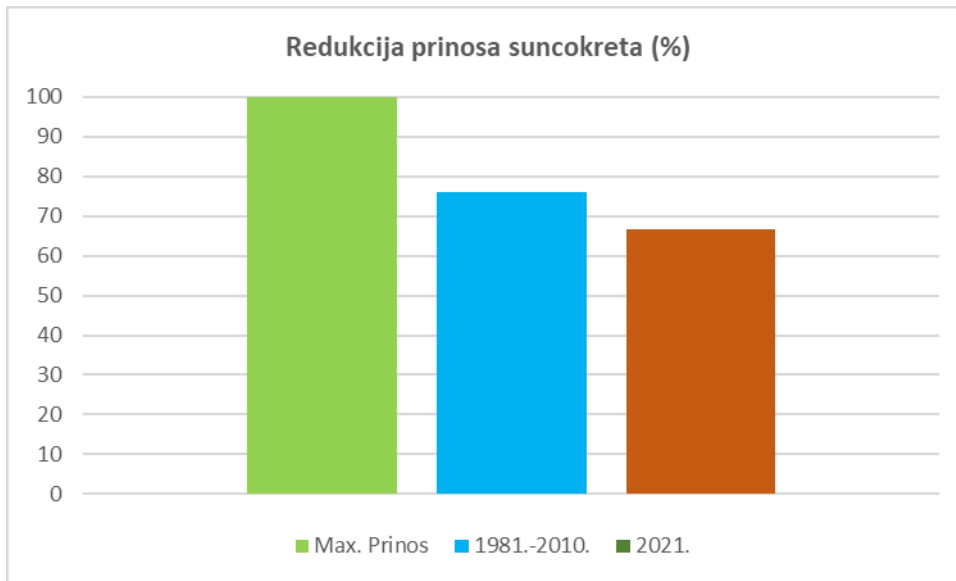


Grafikon 3.18. Potencijalna (Etk) i aktualna evapotranspiracija (Eta) suncokreta

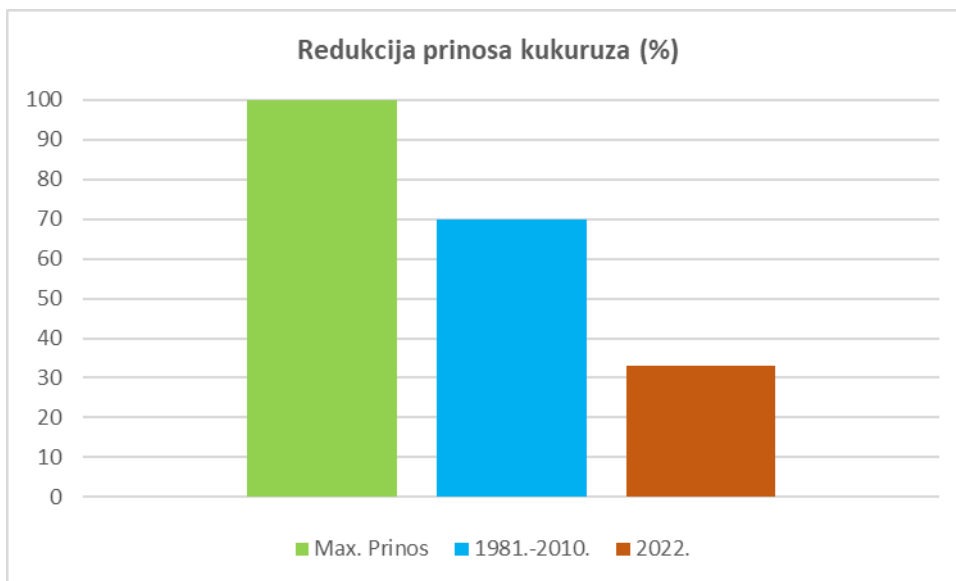


Grafikon 3.19. Potencijalna (Etk) i aktualna evapotranspiracija (Eta) kukuruza

Za izračun redukcije prinosa s obzirom na potencijalnu i aktualnu evapotranspiraciju koja ne uzima u obzir agrokemijska i pedološka svojstva na grafovima 3.20. i 3.21. vidljivo je smanjenje prinosa i u prosječnim i u istraživanim godinama. U prosječnoj godini možemo očekivati smanjenje prinosa, u odnosu na genetski potencijal prinosa, za 24% kod suncokreta (Grafikon 3.20.) i za 31% kod kukuruza (Grafikon 3.21.)



Grafikon 3.20. Redukcija prinosa suncokreta u prosječnoj i u 2021. godini




Grafikon 3.21. Redukcija prinosa kukuruza u prosječnoj i u 2022. godini


3.6. Istraživanje potrebe navodnjavanja u kontroliranim uvjetima

Na osnovu dobivenih rezultata i evidentnog nedostatka vode gotovo u svim godinama postavljen je pokus u strogo kontroliranim uvjetima na 3 različita tipa tla s obzirom na sadržaj čestica gline u tri ponavljanja. Izabrana su tri lokaliteta na području Osječko-baranjske i Brodsko-posavske županije: Zelčin, Tenja i Vrpolje (Tablice 3.13.-3.15) . U fitotronima su postavljene posude s tlom iz oraničnih horizonata. U svaku posudu je stavljeno 4,5 kg tla u suhom stanju i zasićeno do poljskog vodnog kapaciteta. Nakon toga zasijano je po 5 biljaka u svaku posudu. Pomoću sustava navodnjavanja mikrokapaljka različitog kapaciteta i mjerača vremena navodnjavanja održavana je vlažnost tla na razini 40%, 70% i 100% poljskog vodnog kapaciteta.


Tablica 3.13. Lesivirano pseudoglejno tlo, Zelčin

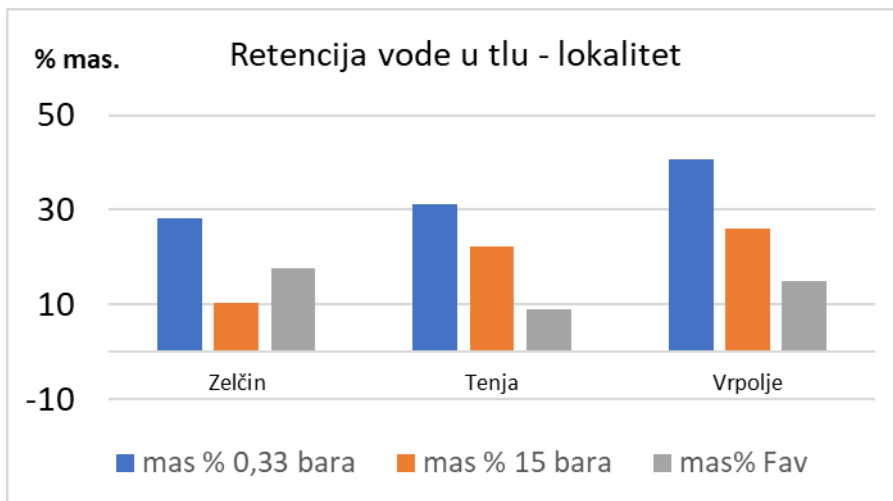
	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	Pg	0-30	Boja tla: žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO ₃ : -
	Btg	30-75	Boja tla: smeđe žuta Tekstura: praškasto glinasta ilovača Struktura: mrvičasta CaCO ₃ : - Pedodinamske tvorevine: konkrekcije i mazotine R ₂ O ₃
	BtgC	75-110	Boja tla: smeđe žuta Tekstura: praškasto glinasta ilovača Struktura: mrvičasta CaCO ₃ : - Pedodinamske tvorevine: konkrekcije i mazotine R ₂ O ₃
	C	110-	Boja tla: žuta Tekstura: prah Struktura: praškasta CaCO ₃ : +++ Pedodinamske tvorevine: konkrekcije R ₂ O ₃ i CaCO ₃ , mazotine R ₂ O ₃

Tablica 3.14. Eutrično smeđe tipično tla na lesu, Tenja

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	P	0-30	Boja: smeđe-žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO ₃ : +
	(B)	30-65	Boja: žuto-smeđa Tekstura: praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO ₃ : + Pedodinamske tvorevine: konkrecije i mazotine R ₂ O ₃
	C	65-110	Boja tla: žuta Tekstura: praškasta ilovača Struktura: praškasta CaCO ₃ : + + + Pedodinamske tvorevine: konkrecije CaCO ₃ i mazotine R ₂ O ₃

Tablica 3.15. Močvarno glejno, amfiglejno, mineralno, vertično, drenirano tlo, Vrpolje

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0-35	Ap	Boja tla: sivo smeđa Tekstura: Praškasta glina Struktura: graškasta poliedrična CaCO ₃ : -
	35-53	AGr	Boja tla: smeđe siva Tekstura: Praškasta glina Struktura: graškasta CaCO ₃ : +
	53-100	Gr	Boja tla: siva Tekstura: Praškasto glinasta ilovača Struktura: krupno mrvičasta CaCO ₃ : + + +
	100-140	Gso/Gr	Boja tla: sivo žuta Tekstura: Praškasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta CaCO ₃ : + + +



Grafikon 3.22. Hidropedološke konstante

Vrijednosti hidropedoloških konstanti prate sadržaj čestica gline s obzirom da se radi o tlima s manje od 3% organske tvari koja jako malo utječe na vodne konstante. Najveće vrijednosti pojskog vodnog kapaciteta kao i vrijednosti nepristupačne vode utvrđene su na tlu s najvišim sadržajem gline, dok su najmanje vrijednosti utvrđene na lokalitetu Zelčin s najmanjim sadržajem čestica gline. Što se tiče kapaciteta tla pristupačne vode za biljke (Fav) najveće vrijednosti su utvrđene na lokalitetu Zelčin zbog povoljnog odnosa čestica tla dobijenih teksturnom analizom.

Slika 3.2. Shema pokusa u fitotronima

Repeticija	40%	70%	100%	Lokalitet
I	Dark Brown	Dark Green	Dark Blue	Vrpolje (teža tekstura)
II	Dark Brown	Dark Green	Dark Blue	
III	Dark Brown	Dark Green	Dark Blue	
I	Light Orange	Light Green	Light Blue	Tenja (srednja tekstura)
II	Light Orange	Light Green	Light Blue	
III	Light Orange	Light Green	Light Blue	
I	Light Orange	Light Green	Light Blue	Zelčin (lakša tekstura)
II	Light Orange	Light Green	Light Blue	
III	Light Orange	Light Green	Light Blue	

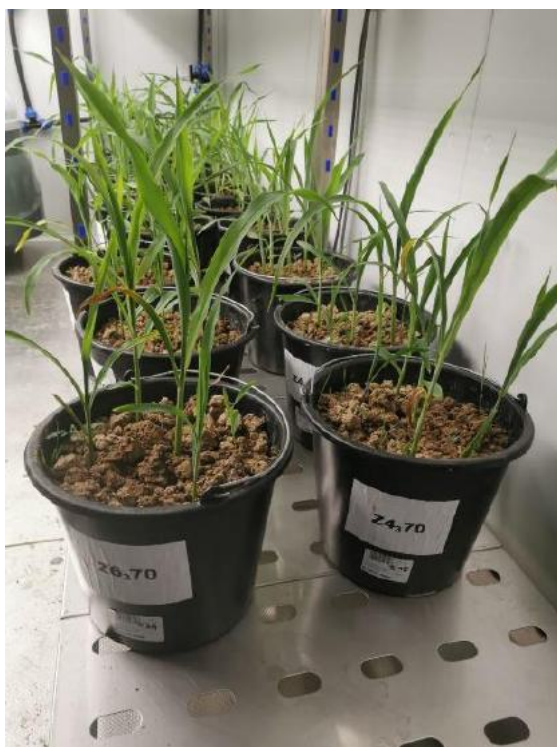
Slika 3.3. Kukuruz šećerac u posudama po lokalitetima i različitim tretmanima navodnjavanja



Slika 3.4. A - Kukuruz šećerac u fitotronima pri vlažnosti od 40% PVK

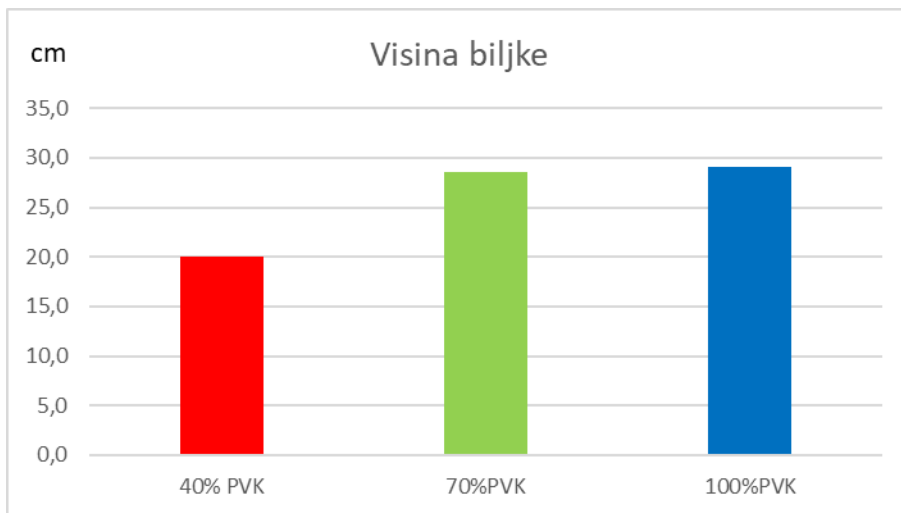


Slika 3.4. B - Kukuruz šećerac u fitotronima pri vlažnosti od 70% PVK

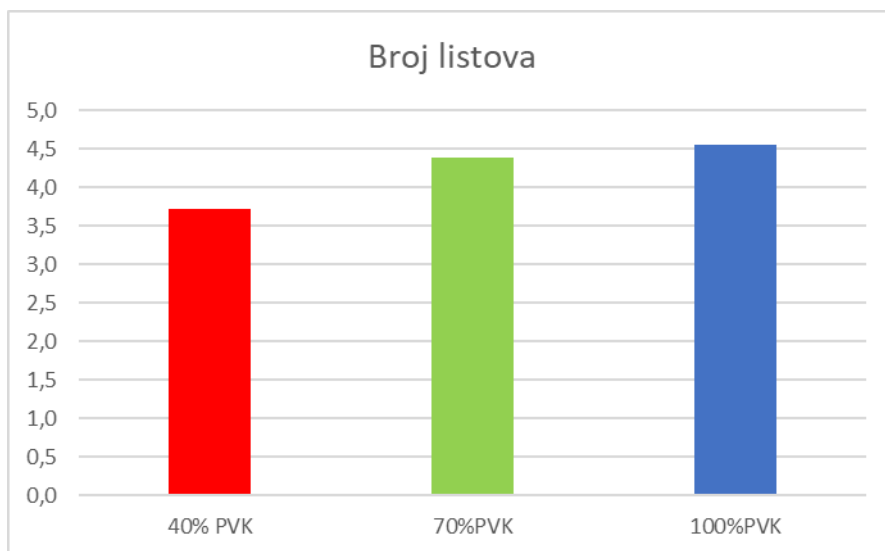


Slika 3.4. C - Kukuruz šećerac u fitotronima pri vlažnosti od 100% PVK

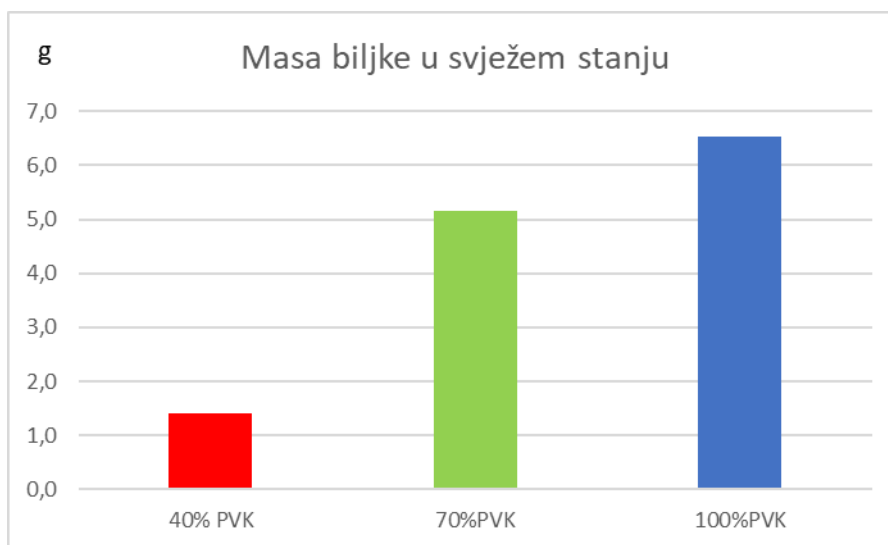




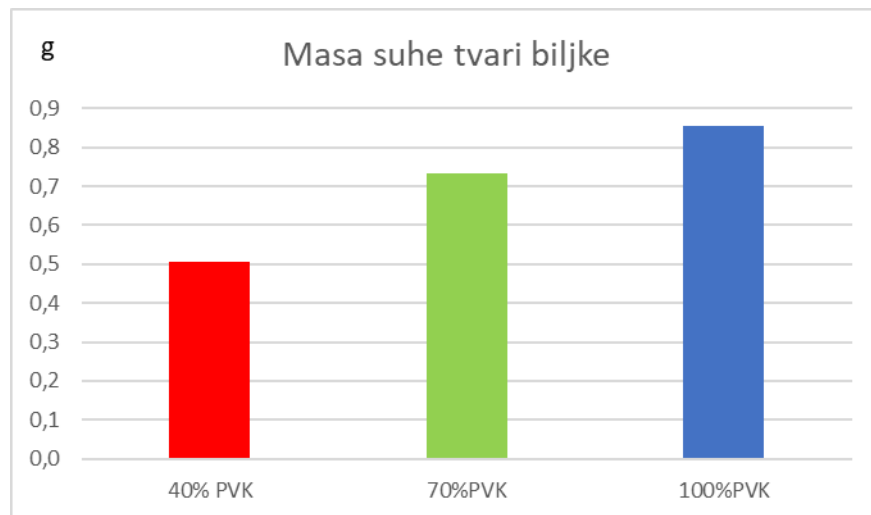
Grafikon 3.23. Visina biljke kukuruza kod različitih režima vlažnosti tla



Grafikon 3.24. Broj listova kukuruza kod različitih režima vlažnosti tla



Grafikon 3.25. Masa biljke kukuruza u svježem stanju kod različitih režima vlažnosti tla



Grafikon 3.26. Masa suhe tvari biljke kukuruza u svježem stanju kod različitih režima vlažnosti tla

Nakon 25 dana od sjetve uzeti su uzorci po dvije biljke kukuruza te su izmjereni pokazatelji morfoloških svojstava kukuruza i masa svježe i suhe tvari. Iz grafikona 3.23. do 3.26. možemo zaključiti da je najveća visina biljke i broja listova utvrđena kod održavanja vlažnosti na 100 % poljskog vodnog kapaciteta. Međutim također su vidljive manje razlike između 70 % PVK i 100 % PVK što otvara mogućnosti racionalnog korištenja vode prilikom navodnjavanja i ublažavanja evidentnih klimatskih promjena. Također je vidljivo na osnovu mase biljke u svježem stanju da je režim vlažnosti pri 40 %PVK nedostatan za fizičku kondiciju biljke jer je na rubu sušenja i jako je lošeg habitusa.

Specifični cilj 4.

4. ISTRAŽIVANJE UTJECAJA AGROTEHNIČKIH MJERA NA OBOGAĆIVANJE TLA ORGANSKOM TVARI (HUMUSOM)

4.1. Prilagodba klimatskim promjenama povećanjem humoznosti tala

4.1.1. Humus i plodnost tala

Humus je stabilna organska tvar tla, čini stabilnu frakciju organskih čestica (koloida) i izuzetno je značajna za plodnost tala. Naime, veća humoznost tala (veći sadržaj humusa) povećava potencijal mineralizacije, elastičnost i puferna svojstva tla, apsorpcijski kompleks tla i raspoloživost hraniva. Elastičnost tla vrlo je značajna za neutralizaciju nepovoljnih uvjeta u tlu, npr. nepovoljnih sezonskih promjena vlažnosti, konduktiviteta i reakcije tla (kiselosti tla). Slabo humozna tla nisu elastična i ne mogu održavati stabilnu ravnotežu hraniva u tlu te stresni uvjeti štetno utječu na biljku jer ih tlo ne može „amortizirati“. Veća humoznost uključuje i veću količinu organskih koloida u tlu koji čine apsorpcijski kompleks tla i omogućuju sorpciju hraniva, tj. njihovo zadržavanje u tlu u izmjenjivom biljci pristupačnom obliku.

Humozna tla izravno utječu na ciklus dušika značajnim godišnjim potencijalom mineralizacije. Godišnja mineralizacija N u tlima s 4 % humusa može biti iznad 100 kg/ha (kao 200 kg ureje ili 400 kg KAN-a), a u siromašnom tlu s oko 1 % humusa godišnja mineralizacija dostiže tek 20-25 kg N/ha (kao 100 kg KAN-a).

Niska humoznost tla znači manju elastičnost i manju sorpcijsku sposobnost tla, ali takvo tlo istovremeno zahtijeva veću gnojidbu dušikom. Posljedica je veća opasnost od ispiranja i fiksacije hraniva, dodatno zakiseljavanje tla, veći gubitci dušika, tj. manja efikasnost gnojiva uz neopravdanu uporabu većih doza mineralnih gnojiva. Problem siromašnog humoznog tla se povećava što je tlo kiselije i siromašnije fosforom. Naizgled je rješenje intenzivnija mineralna gnojidba. To je vrlo pogrešno jer u najboljem slučaju rezultira samo kratkoročnim povećanjem raspoloživosti hraniva. Međutim, tlo se dodatno zakiseljava i degradira, mineralna gnojidba je male efikasnosti i proizvodnja je skupa, ali i vrlo rizična, objektivno uz nizak prinos jer tlo ne može neutralizirati stresne uvjete (suša, prekomjerne oborine, ekstremne temperature). Na tlima niske humoznosti organska gnojidba i ostale mjere humizacije tala (zelena gnojidba, zaoravanje žetvenih ostataka) neizostavne su agrotehničke mjere. Ako je tlo prekiselo i siromašno humusom, jedino prihvatljivo rješenje su kalcizacija i organska gnojidba koji su praktično nužan preduvjet učinkovite gnojidbe mineralnim gnojivima.

Teksturno lagana tla (pjeskovita tla) imaju niski kapacitet (KIK) i malu sorpcijsku sposobnost. Na takvim je tlima nemoguća gnojidba na zalihu, tj. teško je mineralnom gnojidbom stvarati rezerve hraniva jer su takva hraniva podložna ispiranju. Rješenje je opet povećanje humoznosti organskom gnojidbom jer se tako povećava količina čestica (koloida) koje povećavaju kapacitet za vodu i izmjenjiva hraniva.

S druge strane, teška glinovita tla imaju nepovoljni vodo-zračni režim, često prevladavaju redukcijski uvjeti što uz čestu kiselost povećava gubitke dušika denitrifikacijom. Na ovakvim je tlima neophodno prorahljivanje i česta organska gnojidba uključujući i zelenu gnojidbu i

zaoravanje žetvene mase kako bi se smanjila zbijenost tla, poboljšao vodo-zračni odnos i tako izbjegli redukcijски uvjeti.

4.1.2. Degradacija humoznosti tala u Hrvatskoj

Analizama tla u Hrvatskoj od 2019. do 2021. godine utvrđeno je da 85-90 % tala ima sadržaj humusa <3 % uz prosječan sadržaj humusa 1,94-2,12 %. Istovremeno čak 49-55 % tala sadrži <2 % humusa uz prosječni sadržaj oko 1,6 % humusa. Rezultati pokazuju da je nedovoljna humoznost tala najveća prijetnja plodnosti tala, posebice u kombinaciji s kiselim reakcijom i niskom raspoloživosti fosfora. Pošto je prosječno je 1/5 tala slabe humoznosti i istovremeno siromašno fosforom, 1/5 slabe humoznosti i jake kiselosti, a 1/10 tala slabe humoznosti, jake kiselosti i slabo opskrbljeno fosforom, nedvojbeno su najznačajnije mjere očuvanja plodnosti tala organska gnojdba i gospodarenje organskom tvari, optimizacija gnojdbе fosforom i kalcijacija kiselih tala.

Dodatno je zabrinjavajuće što su ovako niske razine humoznosti posljedica lošeg gospodarenja na oranicama u proteklom srednjeročnom razdoblju. Naime, na ¾ analiziranih oranica utvrdili smo smanjenje sadržaja humusa što ukazuje na vrlo ozbiljno pogoršanje plodnosti tla. U tim je tlima u razdoblju od 15 godina izgubljeno prosječno 21,7 t/ha humusa ili 1,45 t/ha godišnje (tj. 9,9 % početnog sadržaja humusa), što predstavlja značajan gubitak rezervi organskog dušika od 1.086 kg/ha, odnosno godišnji gubitak od 72,4 kg/ha. Smanjenje udjela humusa rezultira smanjenjem potencijala mineralizacije za prosječno 18,7 %, ali je u 43 % tala potencijal mineralizacije smanjen za više od 20 %. Utvrđeno smanjenje rezervi organskog dušika tijekom 15 godina ukazuje da je u uvjetima kontinentalne Hrvatske godišnje mineralizirano više od 1,5 % organskih rezervi dušika, tj. humusa. Rezultat razgradnje humusa ogleda se i u činjenici da je za gnojdbu kukuruza potrebno više od 195 kg/ha N na više od tri četvrtine analiziranih tala, a prije 15 godina to je bilo potrebno na polovici tala. Gubici rezervi organskog dušika i posljedično veća potreba za gnojdbom pokazuju koliko je važno zaustaviti degradaciju sadržaja humusa u tlima, čak i ako se uzme u obzir samo izravno smanjenje sadržaja N.

4.1.3. Prilagodba klimatskim promjenama optimizacijom gnojdbе dušikom

Osnovni principi optimizacije gnojdbе dušikom

Potrebna gnojdba dušikom je ukupnu fiziološka potreba usjeva za postizanje planiranog prinosa umanjena za količinu rezidualnog mineralnog dušika u tlu (dušik zaostao u tlu nakon žetve predusjeva) i količinu procijenjene mineralizacije tijekom vegetacije planiranog usjeva. Također, gnojdbu dušikom potrebno je prilagoditi posebnostima usjeva i predusjeva (npr. leguminoza kao predusjev), prethodno provedenoj organskoj gnojdbi i plodnosti tla, prvenstveno humoznosti i kiselosti tla.

Stajska gnojiva u gnojdbi dušikom

Korekcija zbog organske gnojdbе provodi se izračunom količine N koja će usjevu biti na raspolaganju iz prethodno apliciranog organskog gnojiva. Pri tome su potrebni podatci o količini i godini aplikacije gnojiva, postotnom udjelu N u gnojivu i procijenjenoj dinamici razgradnje organskog gnojiva u tlu.

Najčešće se predviđa dinamika raspoloživosti N iz stajskih gnojiva tijekom 3 godine (50 + 30 + 20 % N po godinama) na lakšim tlima ili tijekom 4 godine (40 + 30 + 20 + 10 % N po godinama) na težim tlima. Međutim, dinamika raspoloživosti može biti bitno različita tako da u prvoj godini nakon aplikacije usjev može iskoristiti do 70 % N iz tekućih stajskih gnojiva ili peradarskih gnojiva, a znatno manje iz krutih stajskih gnojiva (tablica 4.1.).

Tablica 4.1. Količine raspoloživog N (% od ukupnog N) u 1. godini nakon aplikacije stajskih gnojiva

Vrsta stajskog gnojiva	raspoloživi N u 1. godini (% od ukupnog N)
gnojovka i gnojnica	45-75
pileći i kokošji stajski gnoj	40-70
separat svinjske gnojovke	35-55
ovčji stajski gnoj	25-50
goveđi stajski gnoj	20-50

Također, sadržaj dušika u stajskim gnojivima može biti jako različit iako se radi o istim vrstama stajskog gnojiva. Naime, sadržaj N ovisi o vrsti i načinu prehrane stoke, o vrsti i udjelu slame (prostirke) te o uvjetima čuvanja i "sazrijevanja" stajskog gnojiva, prvenstveno o stupnju aeriranosti i izloženosti padalinama i različitim temperaturama tijekom sazrijevanja. Analizom velikog broja uzoraka različitih vrsta stajskih gnojiva utvrdili smo veliku varijabilnost sadržaja N, P i K (tablica 4.2.).

Tablica 4.2. Prosječne količine i rasponi N, P i K u različitim vrstama stajskih gnojiva u Hrvatskoj

Vrsta gnojiva	stajskog	N (kg/t)	P ₂ O ₅ (kg/t)	K ₂ O (kg/t)
		Prosjek (Min – Max)	Prosjek (Min – Max)	Prosjek (Min – Max)
Goveđi stajski gnoj		6,9 (2,2-26,8)	6,0 (1,2-25,0)	10,6 (2,4-37,7)
Svinjski kruti gnoj		7,0 (4,4-10,0)	19,0 (4,6-84,6)	11,7 (2,6-23,4)
Brojlerski gnoj		19,9 (12,5-24)	32,3 (13,8-47,6)	31,9 (15,2-48,9)
Ovčji stajski gnoj		7,7 (3,1-14,8)	7,1 (2,4-18,6)	13,9 (4,9-36,0)
Konjski stajski gnoj		5,9 (4,7-8,1)	8,0 (2,8-13,1)	12,2 (5,7-20,6)
Goveđa gnojovka		4,8 (1,5-9,6)	4,2 (0,2-19,2)	8,6 (1,7-38,9)
Svinjska gnojovka		4,6 (0,5-10,1)	3,6 (0,2-27,7)	6,6 (0,6-28,9)

Zbog velike varijabilnosti sadržaja sva tri glavna hraniva u stajskim gnojivima, **neophodno je analizirati sadržaj hraniva u stajskom gnojivu** kako bismo točno znali koju količinu hraniva dodajemo gnojidbom.

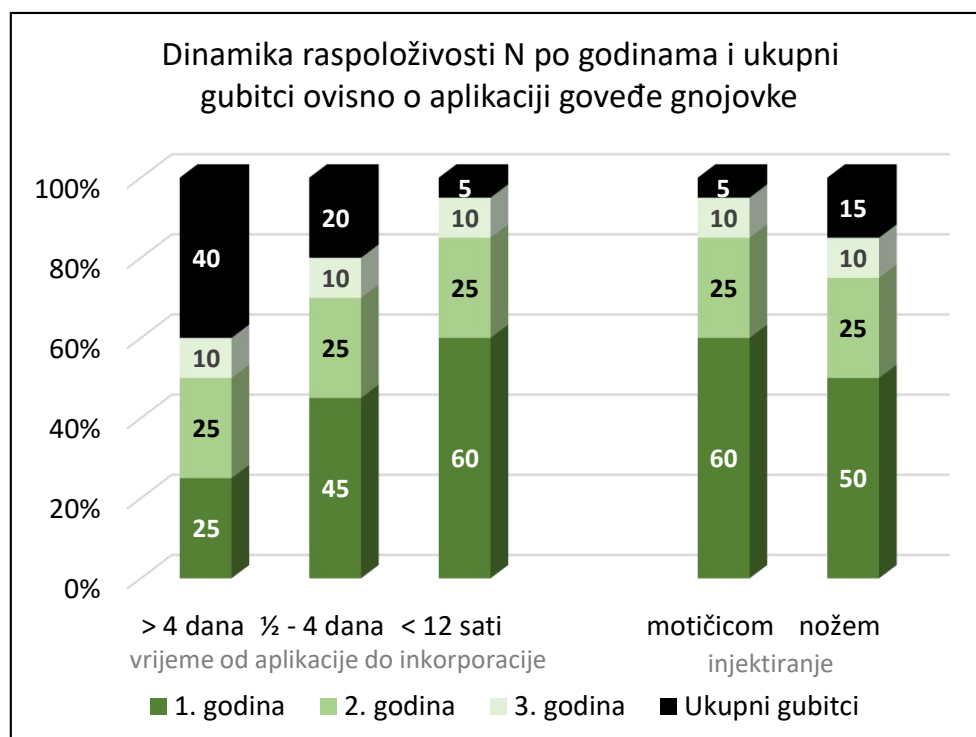
U organskoj gnojidbi potrebno je koristiti zrela stajska gnojiva koja su tijekom sazrijevanja prošla termofilnu fazu što neutralizira klijavost sjemenki korova i smanjuje eventualnu prisutnost patogenih mikroorganizama. Također, u zrelih je gnojivima veći dio N u nitratnom obliku zbog nitrifikacije amonijskog oblika, što smanjuje gubitke dušika isparavanjem amonijskog oblika N.

Međutim, gubitci dušika pri aplikaciji organskih gnojiva mogu biti vrlo veliki. U određenim uvjetima, npr. pri suhom i toplom vremenu, nakon nekoliko dana bez unošenja u tlo isparit će sva količina amonijskog oblika N u stajskom gnojivu (tablica 4.3.). Stoga je neophodno

stajsko gnojivo ili direktno aplicirati u tlo injektorima ili motičicama ili unijeti u tlo odmah nakon raspodjeljivanja po tlu, a najbolje unutar 12 sati. Iskoristivost N iz goveđe gnojovke može biti 60 % u 1. godini nakon aplikacije, 25 % u 2. godini i samo 10 % u 3. godini, ali samo ako se inkorporira u tlo najkasnije do 12 sati nakon aplikacije po površini tla ili ako se izravni njektira motičicom (grafikon 4.1.). Odgađanje inkorporacije 4 dana povećava gubitke na 40 % i tako u 1. godini preostaje samo 25 % N.

Tablica 4.3. Očekivani gubitak amonijskog oblika N s obzirom na način i vrijeme inkorporacije gnojiva i vremenske prilike nakon raspodjeljivanja gnojiva

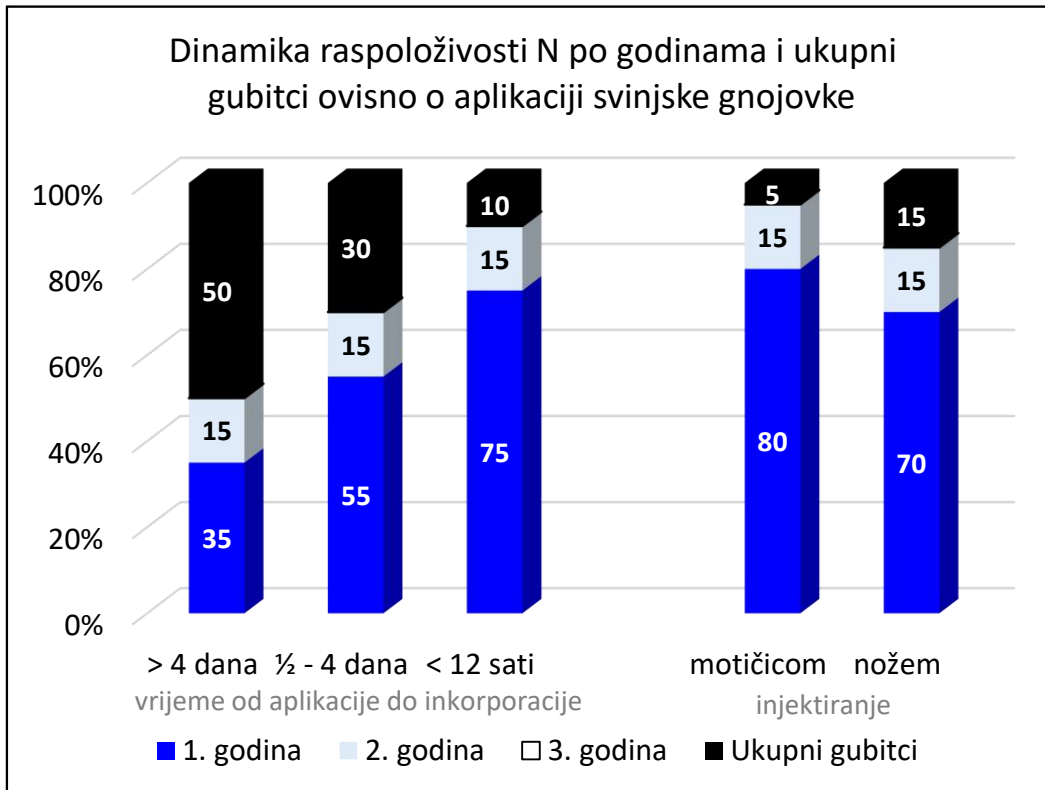
Način aplikacije i vrijeme do inkorporacije u tlo	Hladno vrijeme		Toplo vrijeme		Prosjek
	vlažno	suho	vlažno	suho	
Raspodjela širom po površini, inkorporirano tijekom 1 dana	10 %	15 %	25 %	50 %	25 %
Raspodjela širom po površini, inkorporirano unutar 2 dana	13 %	19 %	31 %	57 %	30 %
Raspodjela širom po površini, inkorporirano unutar 3 dana	15 %	22 %	38 %	65 %	35 %
Raspodjela širom po površini, inkorporirano unutar 4 dana	17 %	26 %	44 %	72 %	40 %
Raspodjela širom po površini, inkorporirano unutar 5 dana	20 %	30 %	50 %	80 %	45 %
Raspodjela širom po površini, bez inkorporacije	40 %	50 %	75 %	100%	66 %
Injektirano u tlo	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %



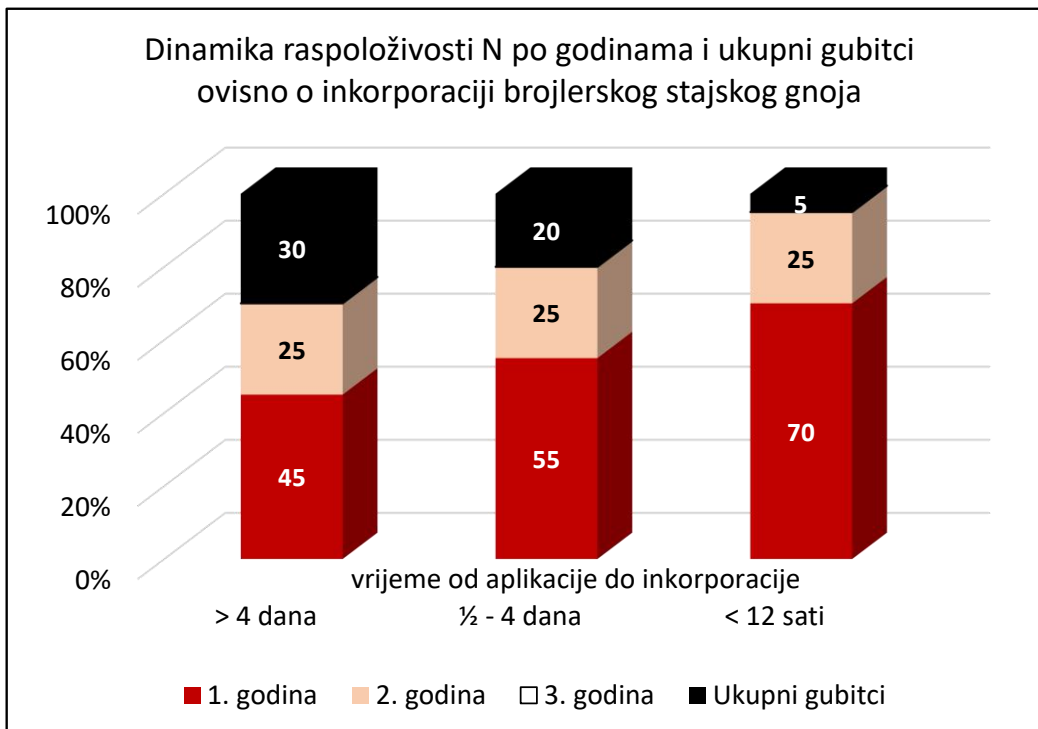
Grafikon 4.1. Dinamika raspoloživosti i ukupni gubitci N iz goveđe gnojovke

Nešto veći su gubitci uslijed kasne inkorporacije svinjske gnojovke (do 50 % gubitaka). Iskoristivost N može biti 75 ili čak 80 % u 1. godini, a u 3. godini nakon aplikacije više nema rezidualnog N iz svinjske gnojovke (grafikon 4.2.).

Slično svinjskoj gnojovci, iz brojlerskog stajskog gnoja u 3. godini više neće preostati rezidualnog N, gubitci inkorporacijom unutra 12 sati su samo 5 %, a nakon 4 dana već 30 %. Maskimalna iskoristivost u 1. godini nakon inkorporacije je 70 % (grafikon 4.3.).



Grafikon 4.2. Dinamika raspoloživosti i ukupni gubitci N iz svinjske gnojovke



Grafikon 4.3. Dinamika raspoloživosti i ukupni gubitci N iz brojlerskog stajskog gnoja

4.1.4. Plan gnojidbe dušikom

Plan gnojidbe dušikom uvažava dinamiku potrebe usjeva i dinamiku raspoloživosti N u tlu. Dinamiku raspoloživosti čine utvrđeni N u tlu zaostao nakon žetve predusjeva i procijenjena potencijalna mineralizacija tijekom vegetacije usjeva. Ova dinamika raspoloživosti podloga je kojoj ćemo dodati mineralni oblik dušika osnovnom i presjetvenom gnojidbom i prihranama.

Svakako nije poželjno previše raspoloživog N u jesen pred razdoblje mirovanja zbog razvoja prebujne mase usjeva, niti je dobra nedostatna količina N tijekom intenzivnog proljetnog vegetativnog porasta jer će rezultirati manjim prinosom. S druge strane, previše raspoloživog N u kasnim fazama vegetacije (npr. u vrijeme nalijevanja zrna) odgodit će zriobu i produžiti vegetaciju, povećati osjetljivost usjeva na bolesti i štetočine, te smanjiti kvalitetu prinosa. Stoga proljetnu gnojidbu korigiramo na temelju stvarno utvrđenih količina mineralnog N u tlu (rezultati N_{\min} metode) i stanja usjeva (ostvareni sklop, vegetativna masa, ishranjenost usjeva dušikom), a pored količine i oblika N, vrlo je značajno i vrijeme provedbe proljetne gnojidbe.

Posljedica prerane prihrane je manja učinkovitost gnojidbe zbog nižeg intenziteta fotosinteze (niske temperature) i manje vegetativne mase usjeva, a posljedice prekasne prihrane su sporiji vegetativni porast do prihrane, manja otpornost usjeva i produžetak vegetacije, odnosno kasnija zrioba, što može dodatno naglasiti negativan učinak sušnog razdoblja na visinu prinosa.

Izbor najpogodnijeg mineralnog oblika dušika

Izbor mineralnog oblika dušika u gnojidbi u najvećoj mjeri ovisi o vremenu primjene i svojstvima tla. Pri tome izbor amidnog oblika dušika (urea) znači da ćemo dodati dušično gnojivo s izrazito produžnim učinkom, s najmanjim rizikom ispiranja dušika, ali s najvećim rizikom gubitka volatizacijom (za toplog vremena bez unošenja u tlo na suhim karbonatnim tlima). Ureju ćemo zbog toga najčešće koristiti u osnovnoj gnojidbi, ali možemo i u presjetvenoj gnojidbi pa čak i u folijarnoj prihrani.

Amonijski oblik dušika usjev će usvojiti nešto brže nego N dodan urejom, ali je taj oblik u tlu podložan nitrifikaciji što ga ipak čini oblikom s produžnim djelovanjem posebice u usporedbi s nitratnim oblicima. Amonijski dušik nije podložan ispiranju, ali postoji opasnost volatizacije kao i kod ureje. Ovaj oblik nalazi se u većini kompleksnih gnojiva (NPK) i MAP-u pa manju količinu N možemo dodavati ovim gnojivima u osnovnoj gnojidbi fosforom i kalijem.

Nitratni oblik N biljke usvajaju odmah, nema opasnosti od gubitaka volatizacijom, ali mogući su gubitci ispiranjem (na laganim, slabo humoznim tlima uz veće količine oborina) i gubitci denitrifikacijom (na težim saturiranim kiselim tlima u redukcijским uvjetima, tj. bez dovoljno kisika). Nitratni je N najčešći izbor u prihranama jer djeluje odmah, ali se najčešće koristi u kombinaciji s amonijskim dušikom (KAN, AN, amonijev sulfonitrat) jer tada postizemo trenutno i produžno djelovanje.

Međutim, izbor dušičnog gnojiva mora biti usklađen s reakcijom tla, što se vrlo često zanemaruje. Naime, sva dušična gnojiva koja sadrže amonijski ili amidni oblik dušika su kiselotvorna (izuzetak je KAN), tj. njihovo unošenje u tlo u konačnici rezultira dodatnim zakiseljavanjem tla. Razlog je proces nitrifikacije kojim se amonijski N transformira u nitratni N uz protone (tj. kisele katione) koji zaostaju u tlu nakon usvajanja nitrata. Takav je učinak ureje, UAN-a, amonijevog nitrata, amonijevog sulfata, amonijevog klorida i amonijevog sulfonitrata. Izuzetak je KAN jer sadrži vapnenac ili dolomit koji neutralizira veći dio kiselotvornosti amonijske komponente. Ovo je vrlo značajno jer primjena kiselotvornih gnojiva na kiselim tlima dodatno zakiseljava tlo (dakle na otprilike 50 % naših oranica), što je

posebice intenzivno na kiselim tlima siromašnim humusom (otprilike na 20 % naših oranica) i uzrokuje intenzivnu degradaciju tala. U ovakvim je slučajevim još značajnija pravovremena kalcijacija i organska gnojidba, a u prihranama na kisleim površinama uvijek treba koristiti KAN.

KAN je doista najčešće gnojivo u prihranama na oranicama u Hrvatskoj, ali ne bi ga trebalo koristiti na karbonatnim tlima. Naime, kiselotvornost dušičnih gnojiva je vrlo štetna na kiselim tlima, ali je korisna na karbonatnim tlima jer rezultira lokalnim zakiseljavanjem. Ovo zakiseljavanje je korno jer će povećati raspoloživost P, Fe, Mn i Zn koji mogu biti deficitarni upravo zbog karbonatnosti tala. Koristimo li KAN na karbonatnim tlima, nećemo naštetiti tlu, ali nećemo iskoristiti pozitivan učinak kiselotvornosti mineralnog gnojiva.

4.1.5. Smanjenje upotrebe mineralnih dušičnih gnojiva

Tri osnovna načina redukcije upotrebe mineralnih dušičnih gnojiva su povećanje sadržaja humusa u tlu, upotreba organskih gnojiva i upotreba mikrobioloških preparata.

Povećanje sadržaja humusa je dugotrajan proces, a uključuje zaoravanje žetvenih ostataka, zelenu gnojidbu, konzervacijsku obradu tla i upotrebu organskih gnojiva (stajskih gnojiva i komposta). Pri tome su za povećanje sadržaja humusa u tlu najpogodnija stabilna i zrela kruta organska gnojiva sa srednjim CN odnosom, npr. komposti i vermikomposti, zatim zrela goveđa i konjska stajska gnojiva. Međutim, u takvim je gnojivima nešto sporija dinamika raspoloživosti N nego npr. u peradarskim gnojivima ili gnojovkama i gnojnicama. Istovremeno, upravo su gnojnice i gnojovke organska gnojiva s najbržom dinamikom raspoloživog dušika i stoga najbolji izbor trenutnog smanjenja upotrebe mineralnih dušičnih gnojiva, ali njihov je učinak na povećanje humoznosti najmanji.

Mikrobiološki preparati, kako sa simbiotskim bakterijama u uzgoju leguminoza, tako sve više i slobodni fiksatori dušika (*Azotobacter*, *Azospirillum*) imaju sve veći značaj u realizaciji gnojidbe jer mogu osigurati značajne količine N fiksacijom iz plinovite faze tijekom vegetacije. Naravno, i ovdje uspješnost primjene preparat ovisi o plodnosti tla i manja je na degradiranim kiselim tlima niske plodnosti.

4.1.6. Praktične preporuke u gnojidbi dušikom

1. Količinu dušika u gnojidbi prilagoditi realno planiranom prinosu, sadržaju mineralnog (rezidualnog) dušika u tlu i potencijalu mineralizacije.
2. Kalcizacijom kiselih tala smanjuju se potencijalni gubitci dušika denitrifikacijom, povećava se potencijal mineralizacije i učinkovitost mineralnih gnojiva.
3. Uz kalcizaciju obavezno planirati gnojidbu organskim gnojivima, najbolje zrelim krutim organskim gnojivima s manjim udjelom amonijskog oblika N.
4. Organska gnojiva svakako uključiti u redoviti plan gnojidbe, a vrstu ovisno o primarnom cilju organske gnojidbe: za veću količinu brzo raspoloživog N koristiti gnojnice, gnojovke i peradarska kruta gnojiva, za prvenstveno povećanje humoznosti i dugotrajno povećanja rezervi organskog N u tlu koristiti komposte i vermikomposte, a za oba učinka koristiti kruta goveđa, konjska, svinjska i ovčja stajska gnojiva.
5. Gnojnice i gnojovke izravno unijeti u tlo injektorom, motičicama ili diskom, a kruta stajska gnojiva unijeti u tlko nakon raspodjeljivanja po oranici, najbolje odmah, a najkasnije unutra 24 sata.
6. U osnovnoj gnojidbi koristiti amidni ili amonijski oblik N, nikako ne koristiti niratni oblik N, a u prihranama pretežno niratni ili amonijsko-niratni.
7. Na kiselim tlima izbjegavati ili u najvećoj mogućoj mjeri reducirati aplikaciju kiselotvornih dušičnih gnojiva (urea, UAN, amonijev nitrat, amonijev sulfonitrat, amonijev sulfat i amonijev klorid), a koristiti KAN. Ako je upotrebu kiselotvornih gnojiva nemoguće izbjeći, planirati aplikaciju vapnenih materijala (80-120 kg/ha vapnenca za svakih 100 kg kiselotvornog gnojiva).
8. Na karbonatnim tlima u prihranama umjesto KAN-a koristiti amonijev nitrat, amonijev sulfonitrat ili amonijev sulfat.
9. Broj aplikacija dušičnih gnojiva trebao bi biti obrnuto proporcionalan plodnosti tla i količini N u jednoj aplikaciji. Dakle, na siromašnim tlima provoditi maksimalni broj aplikacija (prihrana) sa što manjim količinama N kako bi se povećala iskoristivost apliciranog N.
10. Iskoristiti potencijal mikrobioloških preparata sa simbiotskim i posebice slobodnim fiksatorima dušika, najčešće aplikacijom u tlo i/ili tretiranjem sjemena, ali može i u pripremi organskog gnojiva.

4.2. Istraživanje učinkovitosti humizacije (pokusi u kontroliranim uvjetima)

4.2.1. Utjecaj humizacije kompostom i kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu kukuruza šećerca

U pokusu uzgoja kukuruza šećerca provedenog u posudama u kontroliranim uvjetima u fitotronu (opisano u poglavlju 3.2.1.), provedeno je i istraživanje utjecaja humizacije organskom gnojdom s kompostom, sa i bez istovremene aplikacije dolomita uz kompost (tablica 4.4).

U provedenom pokusu analizirana je učinkovitost dodavanja 50 kg komposta po toni tla (50 g/kg) sa i bez različitih količina fino mljevenog dolomita (ENV = 108), te je postavljeno ukupno 10 tretmana u 4 ponavljanja (tablica 4.4.).

Tablica 4.4. Tretmani u pokusu humizacije kompostom i kalcizacije dolomitom

br.	Tretman	dodana komposta u g/kg tla	dodano sredstva u g/kg tla	količina sredstva u t/ha	Ekvivalent u t/ha CaCO ₃
1	kontrola	0	0	0	0
2	KOMP	50	0	0	0
3	MD - 1	0	0,824	3,708	4
4	MD - 2	0	1,236	5,562	6
5	MD - 3	0	1,648	7,416	8
6	MD - 4	0	2,056	9,252	10
7	KOMP + MD - 1	50	0,824	3,708	4
8	KOMP + MD - 2	50	1,236	5,562	6
9	KOMP + MD - 3	50	1,648	7,416	8
10	KOMP + MD - 4	50	2,056	9,252	10

KOMP = kompost

MD = mljeveni dolomit (ENV = 108)

KOMP + MD = kompost + mljeveni dolomit

Tri tjedna nakon provedene humizacije i/ili kalcizacije fino mljevenim dolomitom u različitim količinama, tj. 21 dan nakon inkubacije tla, utvrđene su povećane vrijednosti trenutne (pH_{H2O}) i izmjenjive (pH_{KCl}) kiselosti (tablica 4.5.).

Tablica 4.5. Trenutna i izmjenjiva kiselost tla nakon humizacije i kalcizacije

br.	Tretman	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Masa suhe tvari šećerca (relativno prema kontroli)	Ciljana (očekivana) pH (H ₂ O) prema količini dodanog kalcizacijskog materijala
1	kontrola			100	
2	KOMP	6,04	4,95	129,1	
3	MD - 1	6,71	5,44	124,8	5,89
4	MD - 2	6,63	5,62	129,3	6,23
5	MD - 3	6,52	5,45	114,1	6,56
6	MD - 4	6,93	5,86	106,0	6,89
7	KOMP + MD - 1	6,71	5,62	126,7	5,89
8	KOMP + MD - 2	6,63	5,59	167,0	6,23
9	KOMP + MD - 3	6,48	5,61	144,9	6,56
10	KOMP + MD - 4	6,82	5,90	135,7	6,89

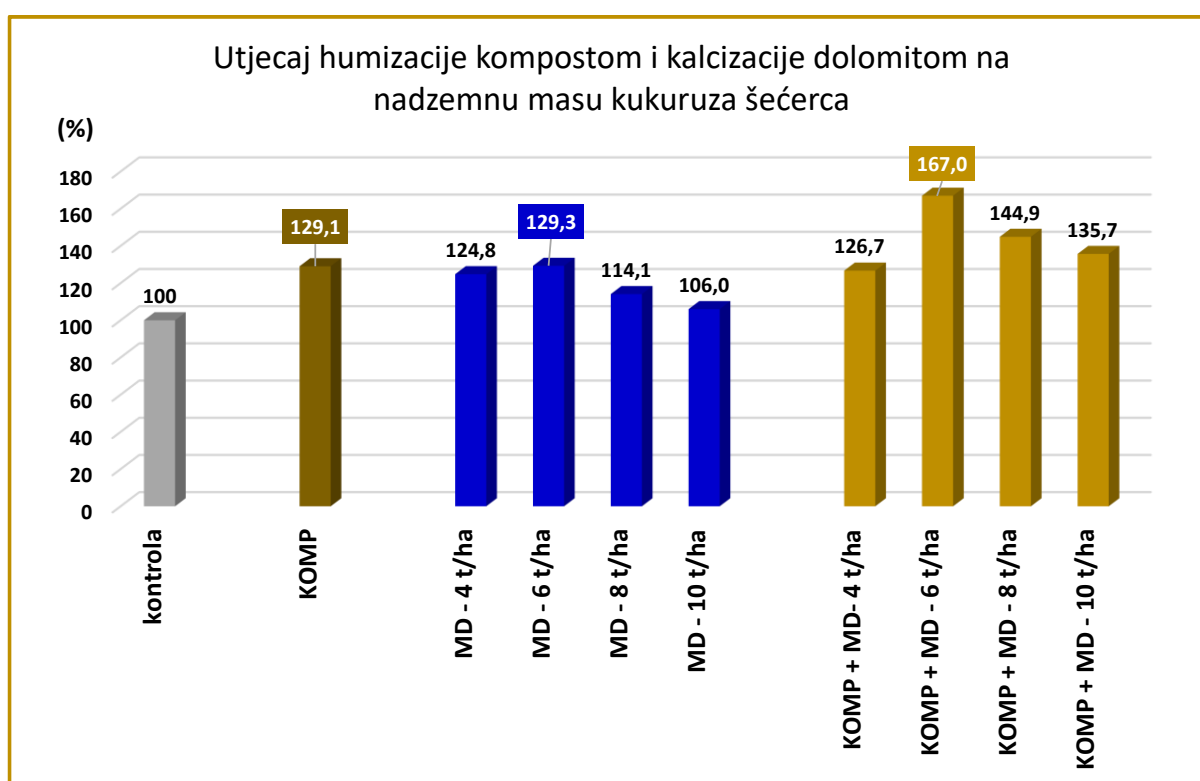
KOMP = kompost

MD = mljeveni dolomit (ENV = 108)

KOMP + MD = kompost + mljeveni dolomit

Utvrđeno je da kompost dodan istovremeno s dolomitom nije značajno utjecao na pH vrijednosti u usporedbi s tretmanom s dolomitom bez komposta jer su maksimalne razlike 0,11 (pH_{H2O}) do 0,16 (pH_{KCl}) pH jedinica. Istovremeno, kompost je očekivano utjecao na povećanje produkcije nadzemne mase kukuruza šećerca 29,1 %, što je vjerojatnije posljedica fertilizacijskog učinka komposta nego utjecaja na pH vrijednost.

Međutim, kombinacija komposta i dolomita utjecala je na prosječno povećanje produkcije mase suhe tvari kukuruza šećerca za 11,2 % u odnosu na primjenu komposta bez dolomita, a 21,4 % u odnosu na primjenu dolomita bez komposta. Navedeni rezultati pokazuju da je utvrđen očekivani pozitivan učinak komposta na povećanje produkcije nadzemne mase kukuruza šećerca, baš kao i kalcizacije dolomitom, ali je povrh toga utvrđen i blagi sinergijski učinak istovremene aplikacije komposta i dolomita (11,0 %) bez značajnog dodatnog učinka na pH vrijednost (grafikon 4.4). Pri tome je optimalan učinak na povećanje suhe tvari kukuruza šećerca ostvaren istovremenom aplikacijom komposta i mljevenog dolomita u količini koja je ekvivalenta 6 t/ha čistog vapnenca (5,56 t/ha dolomita).



Grafikon 4.4. Utjecaj humizacije kompostom i dolomita na produkciju nadzemne mase (suha tvar) mladih biljaka kukuruza šećerca (KOMP = kompost; MD = mljeveni dolomit; KOMP+MD = kompost + mljeveni dolomit)

4.2.2. Utjecaj humizacije vermikompostom i kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu krastavca

U pokusu uzgoja krastavca provedenog u posudama u kontroliranim uvjetima u fitotronu (opisano u poglavlju 3.2.2.), provedeno je i istraživanje utjecaja humizacije organskom gnojivom s vermikompostom, sa i bez istovremene aplikacije paljenog vapna uz vermikompost (tablica 4.6).

U provedenom pokusu analizirana je učinkovitost dodavanja 50 kg vermikomposta po toni tla (50 g/kg) sa i bez različitih količina paljenog vapna (ENV = 179), te je postavljeno ukupno 10 tretmana u 4 ponavljanja (tablica 4.6.).

Tablica 4.6. Tretmani u pokusu humizacije vermikompostom i kalcizacije paljenim vapnom

br.	Tretman	dodano vermikomposta u g/kg tla	dodano sredstva u g/kg tla	količina sredstva u t/ha	Ekvivalent u t/ha CaCO ₃
1	kontrola	0	0	0	0
2	VERMI	50	0	0	0
3	CaO - 1	0	0,496	2,24	4
4	CaO - 2	0	0,744	3,36	6
5	CaO - 3	0	0,992	4,48	8
6	CaO - 4	0	1,240	5,60	10
7	VERMI + CaO - 1	50	0,496	2,24	4
8	VERMI + CaO - 2	50	0,744	3,36	6
9	VERMI + CaO - 3	50	0,992	4,48	8
10	VERMI + CaO - 4	50	1,240	5,60	10

VERMI = vermikompost

CaO = paljeno vapno (ENV = 179)

VERMI + CaO = vermikompost + paljeno vapno

Tri tjedna nakon provedene humizacije vermikompostom i/ili kalcizacije paljenim vapnom u različitim količinama, tj. 21 dan nakon inkubacije tla, utvrđene su povećane vrijednosti trenutne (pH_{H2O}) i izmjenjive (pH_{KCl}) kiselosti (tablica 4.7.).

Tablica 4.7. Trenutna i izmjenjiva kiselost tla nakon humizacije vermikompostom i kalcizacije

br.	Tretman	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Masa suhe tvari krastavca (relativno prema kontroli)	Ciljana (očekivana) pH (H ₂ O) prema količini dodanog kalcizacijskog materijala
1	kontrola			100	
2	VERMI	7,60	6,34	253,5	
3	CaO - 1	6,23	5,20	107,5	5,72
4	CaO - 2	6,85	5,79	114,6	6,09
5	CaO - 3	7,21	6,04	174,3	6,45
6	CaO - 4	7,22	6,03	139,4	6,82
7	VERMI + CaO - 1	7,52	6,61	195,1	5,72
8	VERMI + CaO - 2	7,54	6,89	219,0	6,09
9	VERMI + CaO - 3	7,63	6,53	217,4	6,45
10	VERMI + CaO - 4	8,02	7,05	190,9	6,82

VERMI = vermikompost

CaO = paljeno vapno (ENV = 179)

VERMI + CaO = vermikompost + paljeno vapno

U ovom istraživanju je utvrđeno da je vermikompost značajno utjecao na pH tla jer je primjena vermikomposta rezultirala većim pH vrijednostima (pH_{H2O} 7,60 i pH_{KCl} 6,34) nego kalcizacija s najvećom količinom paljenog vapna (pH_{H2O} 7,22 i pH_{KCl} 6,03).

Utvrđen je značajan sinergijski učinak vermikomposta i paljenog vapna na povećanje pH vrijednosti tla jer su sve kombinacije vermikomposta i različitih doza paljenog vapna rezultirale značajno većom pH vrijednosti u uspoređivanju s aplikacijom samo paljenog vapna (razlike 0,42 do 1,29 pH jedinica).

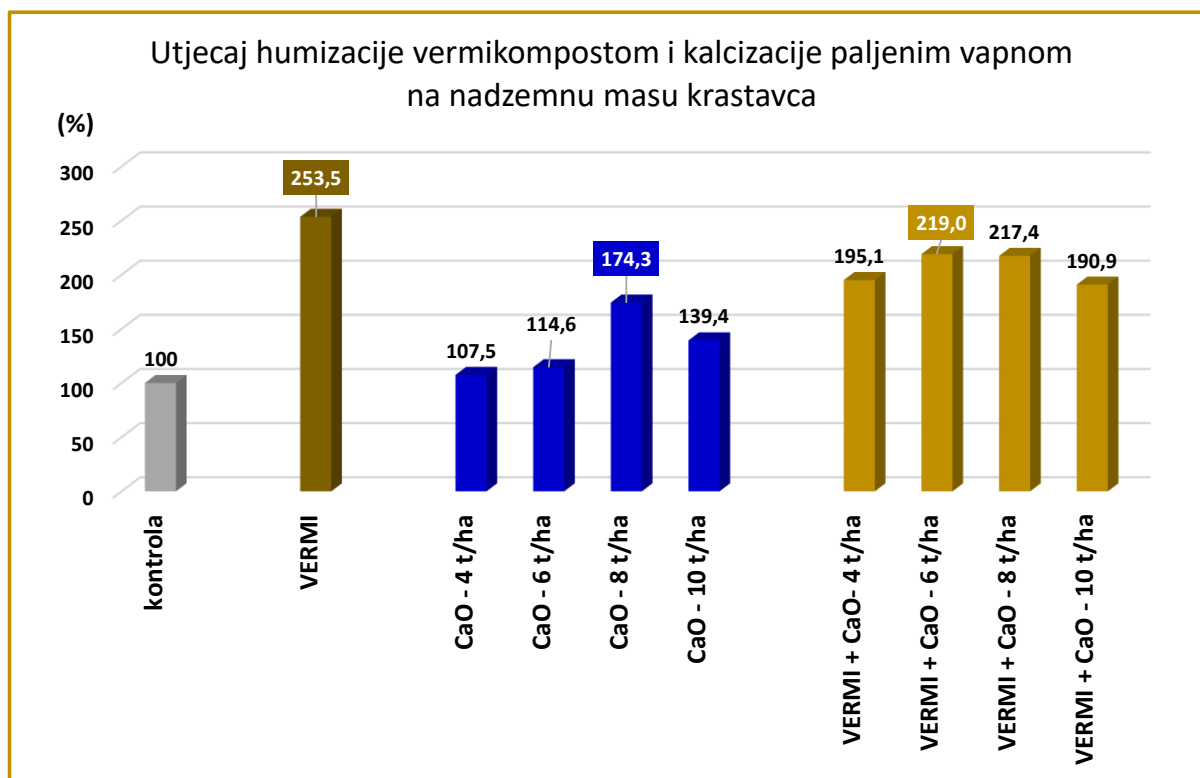
U pogledu produkcije nadzemne mase krastavca, najveća je količina utvrđena primjenom samo vermikomposta bez paljenog vapna (153,5 % veća od kontrolnog tretmana) i treba

zaključiti da je to utjecaj fertilizacijske vrijednosti vermikomposta, ali i činjenice da je aplikacijom samo vermikomposta potpuno neutralizirana sva kiselost tla.

Istovremeno, iako je paljeno vapno utjecalo na povećanje pH vrijednosti i veću masu krastavca (7,5 do 39,4 %), a kombinacija vermikomposta i paljenog vapna na još veću produkciju mase krastavca, izostao je sinergijski učinak vermikomposta i paljenog vapna na produkciju mase krastavca jer su povećanja uslijed zajedničke aplikacije vermikomposta i paljenog vapna (90,9 do 119 % više od kontrole) ipak značajno manja od samostalnog učinka vermikomposta (153,5 % veća od kontrole). Mogući razlog je visoka pH vrijednost (7,52 do 8,02) kao posljedica zajedničke aplikacije vermikomposta i paljenog vapna, što je možda previsoko i za krastavac.

Međutim, utvrđena je značajna činjenica sinergijskog učinka vermikomposta i paljenog vapna na povećanje pH vrijednosti.

Optimalan učinak na povećanje nadzemne mase krastavca ostvaren je aplikacijom samo vermikomposta (grafikon 4.5.), a slijedi istovremena aplikacija vermikomposta i paljenog vapna u količini koja je ekvivalenta 6 t/ha čistog vapnenca (3,36 t/ha paljenog vapna).



Grafikon 4.5. Utjecaj humizacije vermikompostom i paljenog vapna na nadzemnu masu mladih biljaka krastavca (VERMI = vermikompost; CaO = paljeno vapno; VERMI+CaO = vermikompost + paljeno vapno)

4.2.3. Utjecaj humizacije kompostom i kalcizacije na pH tla i nadzemnu masu rotkvice

Kalcizacijski pokus s rotkvicom u kontroliranim uvjetima u fitotronu (opisano u poglavlju 3.2.3.) obuhvatio je i istraživanje utjecaja humizacije organskom gnojivom s kompostom, sa i bez aplikacije mljevenog agronomskog vapna uz kompost (tablica 4.8).

U provedenom pokusu analizirana je učinkovitost dodavanja 50 kg komposta po toni tla (50 g/kg) s različitim količinama mljevenog agronomskog vapna (ENV = 100), te je postavljeno ukupno 10 tretmana u 4 ponavljanja (tablica 4.8.).

Tablica 4.8. Tretmani u pokusu humizacije kompostom i kalcizacije agronomskim vapnom

br.	Tretman	dodano komposta u g/kg tla	dodano sredstva u g/kg tla	količina sredstva u t/ha	Ekvivalent u t/ha CaCO ₃
1	kontrola	0	0	0	0
2	KOMP	50	0	0	0
3	MAV - 1	0	0,888	3,996	4
4	MAV - 2	0	1,332	5,994	6
5	MAV - 3	0	1,776	7,992	8
6	MAV - 4	0	2,224	10,008	10
7	KOMP + MAV - 1	50	0,888	3,996	4
8	KOMP + MAV - 2	50	1,332	5,994	6
9	KOMP + MAV - 3	50	1,776	7,992	8
10	KOMP + MAV - 4	50	2,224	10,008	10

KOMP = kompost

MAV = mljeveno agronomsko vapno (ENV = 100)

KOMP + MAV = kompost + mljeveno agronomsko vapno

Tri tjedna nakon provedene humizacije kompostom i/ili kalcizacije agronomskim vapnom u različitim količinama, tj. 21 dan nakon inkubacije tla, utvrđene su povećane vrijednosti trenutne (pH_{H₂O}) i izmjenjive (pH_{KCl}) kiselosti (tablica 4.9.).

Tablica 4.9. Trenutna i izmjenjiva kiselost tla nakon humizacije kompostom i kalcizacije

br.	Tretman	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Masa suhe tvari rotkvice (relativno prema kontroli)	Ciljana (očekivana) pH (H ₂ O) prema količini dodanog kalcizacijskog materijala
1	kontrola			100	
2	KOMP	6,76	5,28	125,2	
3	MAV - 1	7,12	5,64	178,7	6,16
4	MAV - 2	7,23	5,68	139,7	6,55
5	MAV - 3	7,04	5,86	153,2	6,94
6	MAV - 4	7,10	6,10	176,9	7,33
7	KOMP + MAV - 1	7,01	5,69	133,4	6,16
8	KOMP + MAV - 2	6,92	5,63	163,4	6,55
9	KOMP + MAV - 3	6,83	5,69	181,7	6,94
10	KOMP + MAV - 4	7,25	6,14	158,5	7,33

KOMP = kompost

MAV = mljeveno agronomsko vapno (ENV = 100)

KOMP + MAV = kompost + mljeveno agronomsko vapno

Iako je utvrđeno da je kompost utjecao na pH tla jer je primjena komposta rezultirala većim pH vrijednostima (pH_{H₂O} 6,76 i pH_{KCl} 5,28) nego na kontrolnom tretmanu, ipak je kompost u kombinaciji s istovremenom kalcizacijom rezultirao podjednakim pH vrijednostima kao i kalcizacija bez primjene komposta.

Međutim, kompost je rezultirao povećanjem nadzemne mase rotkvice 25,2 % u odnosu na kontrolni tretman.

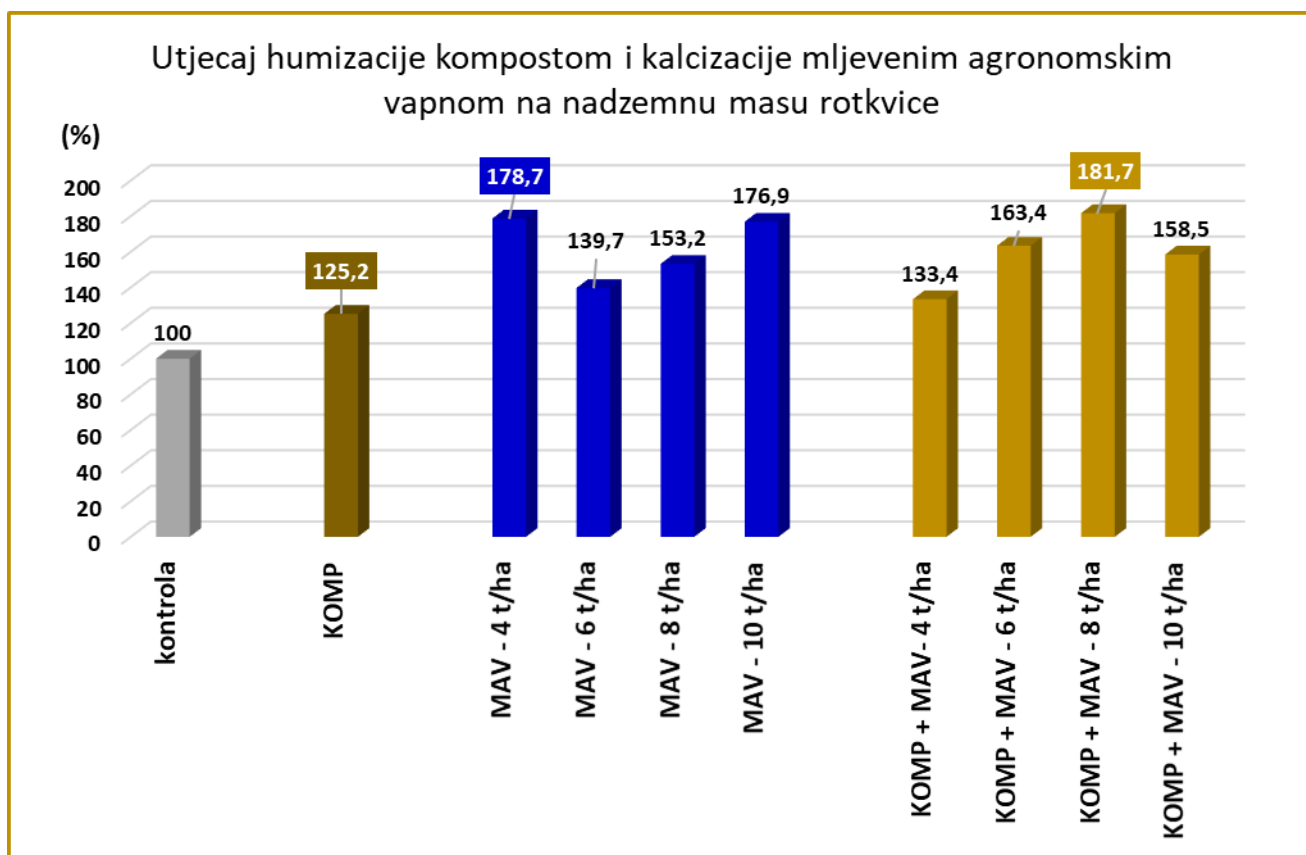
Istovremeno, primjena mljevenog agronomskog vapnenca rezultirala je većim povećanjem nadzemne mase rotkvice u odnosu na kontrolni tretman (prosječno 62,1 %), a i većom nadzemnom masom u odnosu na primjenu komposta (29,5 %), što navodi na zaključak da je

učinak vapna na neutralizaciju kiselosti bio učinkovitiji od fertilizacijskog i kondicionerskog učinka komposta.

Značajniji učinak kalcizacijskog sredstva od komposta potvrđuje i gotovo ista masa kao prosjek aplikacija različitih količina mljevenog agronomskog vapna sa ili bez istovremene primjene komposta (čak je prosječna masa uz aplikaciju komposta manja 1,8 %).

Zaključno, učinak komposta na rast rotkvice bio je značajno manji od učinka kalcizacije, a pri tome nije utvrđen niti antagonistički niti sinergistički učinak istovremene aplikacije mljevenog agronomskog vapna i komposta.

Ipak, pojedinačnom usporedbom doza i tretmana utvrđen je optimalni učinak na povećanje nadzemne mase rotkvice istovremenom aplikacijom komposta i 8 t/ha mljevenog agronomskog vapna, a slijedi aplikacija 4 t/ha mljevenog agronomskog vapna bez aplikacije komposta (grafikon 4.6.).



Grafikon 4.6. Utjecaj humizacije kompostom i mljevenog agronomskog vapna na nadzemnu masu mladih biljaka rotkvice

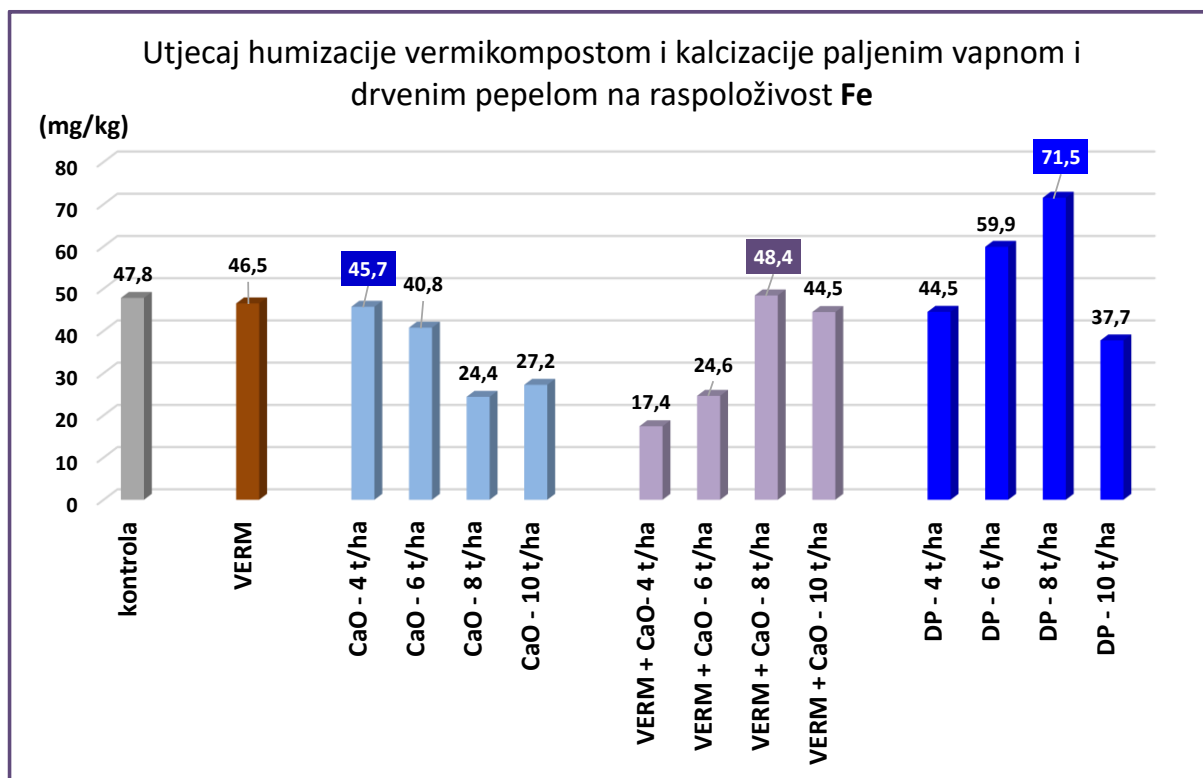
4.2.4. Utjecaj humizacije i kalcizacije na raspoloživost mikroelemenata u tlu

Utjecaj kalcizacije i humizacije na raspoloživost mikroelemenata u tlu istražen je na pokusu uzgoja krastavca u kontroliranim uvjetima s različitim kalcizacijskim tretmanima kiselog tla (uzorak oraničnog sloja tla u okolici Svetog Đurđa, ARKOD: 3185637, svojstva u tablici 3.5.).

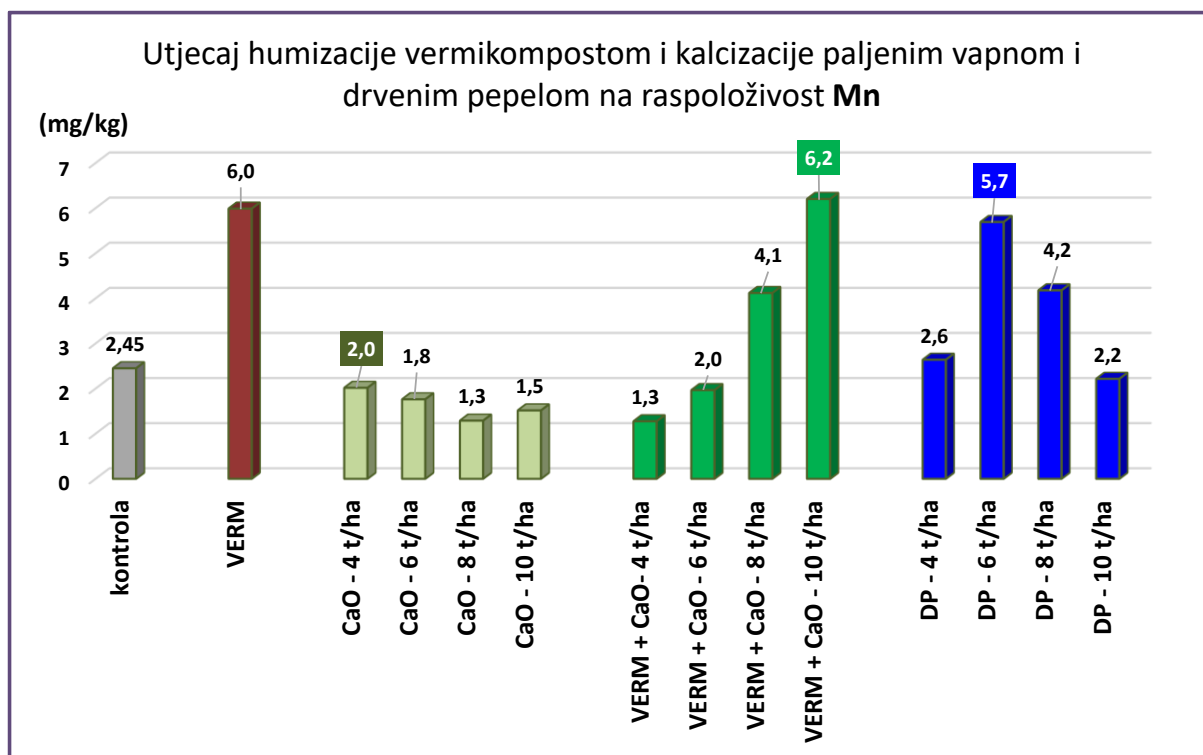
U provedenom pokusu analiziran je utjecaj različitih količina paljenog vapna, drvenog pepela, vermikomposta i kombinacije paljenog vapna i vermikomposta na raspoloživost mikroelemenata (Fe, Mn, Zn i Cu) u tlu s tretmanima aplikacije:

1. kontrola
2. vermikompost (oznaka VERM)
3. paljeno vapno u količini ekvivalentnoj 4 t/ha CaCO_3 (oznaka CaO – 4)
4. paljeno vapno u količini ekvivalentnoj 6 t/ha CaCO_3 (oznaka CaO – 6)
5. paljeno vapno u količini ekvivalentnoj 8 t/ha CaCO_3 (oznaka CaO – 8)
6. paljeno vapno u količini ekvivalentnoj 10 t/ha CaCO_3 (oznaka CaO – 10)
7. paljeno vapno (aliquot 4 t/ha CaCO_3) + vermikompost (oznaka VERM + CaO – 4)
8. paljeno vapno (aliquot 6 t/ha CaCO_3) + vermikompost (oznaka VERM + CaO – 4)
9. paljeno vapno (aliquot 8 t/ha CaCO_3) + vermikompost (oznaka VERM + CaO – 4)
10. paljeno vapno (aliquot 10 t/ha CaCO_3) + vermikompost (oznaka VERM + CaO – 10)
11. drveni pepeo u količini ekvivalentnoj 4 t/ha CaCO_3 (oznaka DP – 4)
12. drveni pepeo u količini ekvivalentnoj 6 t/ha CaCO_3 (oznaka DP – 6)
13. drveni pepeo u količini ekvivalentnoj 8 t/ha CaCO_3 (oznaka DP – 8)
14. drveni pepeo u količini ekvivalentnoj 10 t/ha CaCO_3 (oznaka DP – 10)

Provedena aplikacija vermikomposta bez kalcizacije rezultirala je vrlo značajnim povećanjem raspoloživosti Mn, Zn i Cu (grafikoni 4.8 do 4.10), ali ne Fe (grafikon 4.7.).

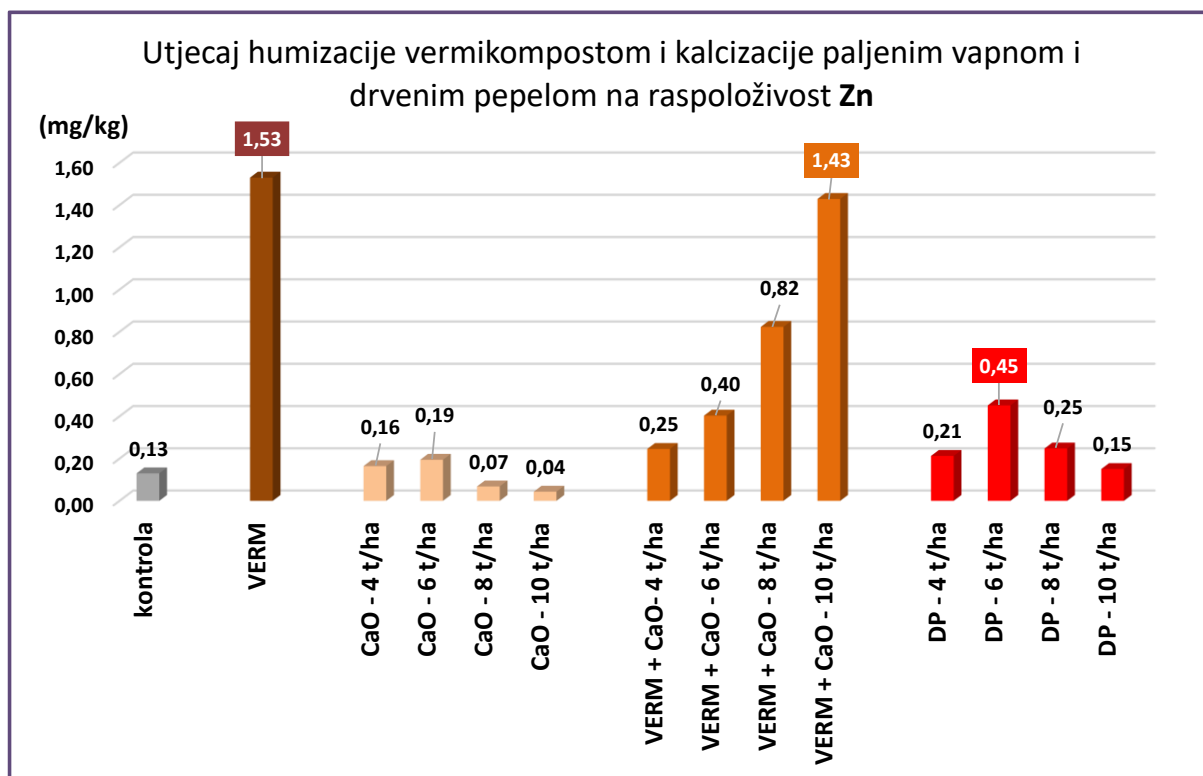


Grafikon 4.7. Utjecaj humizacije vermikompostom i kalcizacije paljenim vapnom i drvenim pepelom na raspoloživost Fe

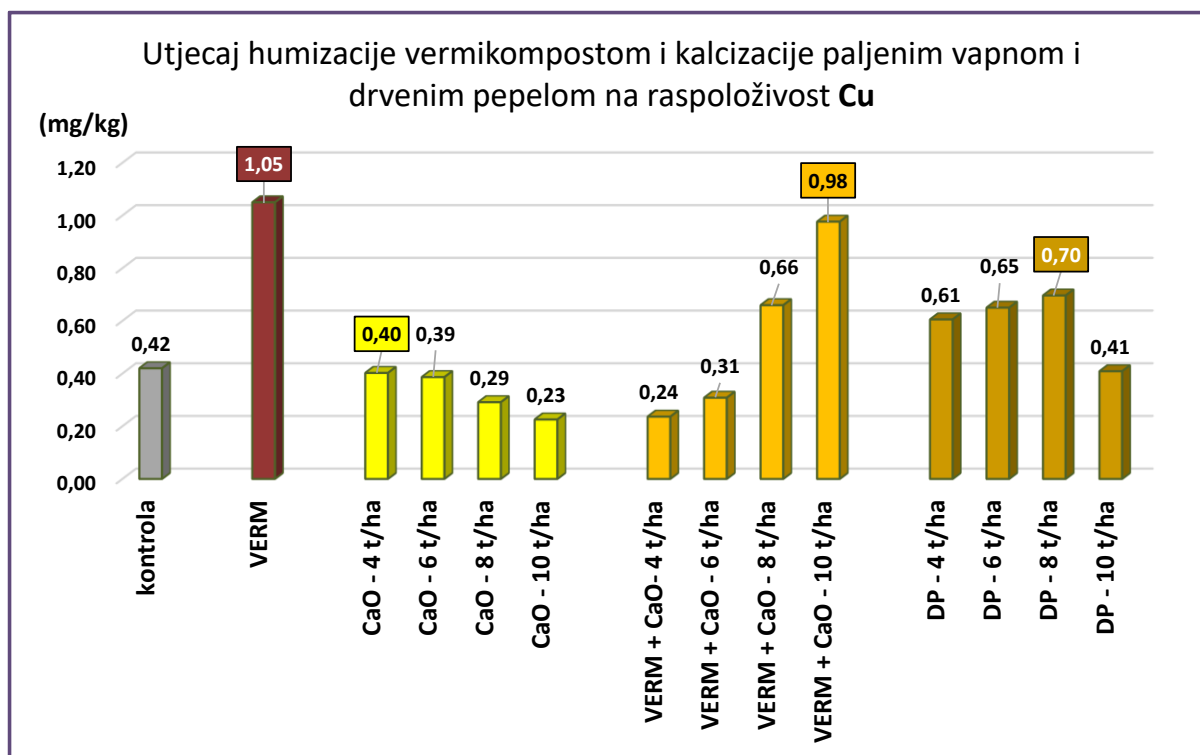


Grafikon 4.8. Utjecaj humizacije vermikompostom i kalcizacije paljenim vapnom i drvenim pepelom na raspoloživost Mn

Porast doze paljenog vapna rezultirao je gotovo pravilnim smanjenjem raspoloživosti svih mikroelemenata. Pri tome su utvrđene vrlo niske koncentracije raspoloživosti Mn, Zn i Cu.



Grafikon 4.9. Utjecaj humizacije vermikompostom i kalcizacije paljenim vapnom i drvenim pepelom na raspoloživost Zn



Grafikon 4.10. Utjecaj humizacije vermikompostom i kalcizacije paljenim vapnom i drvenim pepelom na raspoloživost Cu

Istovremeno, porast doze paljenog vapna uz istovremenu aplikaciju vermikomposta rezultirao je povećanjem raspoloživosti svih mikroelemenata, što ukazuje na sinergistički učinak paljenog vapna i vermikomposta na raspoloživost Fe, Mn, Zn i Cu. rezultirao je gotovo pravilnim smanjenjem raspoloživosti svih mikroelemenata. Pri tome su utvrđene vrlo niske koncentracije raspoloživosti Mn, Zn i Cu.

Utvrđen je različit učinak rastućih doza drvenog pepela na raspoloživost mikroelemenata. Raspoloživost Fe i Cu povećana je rastućim dozama drvenog pepela (8,9; 13,3 i 17,8 t/ha), ali je najveća doza (22,2 t/ha) rezultirala smanjenjem raspoloživosti i Fe i Cu, do razina manjih od raspoloživosti u kontrolnom tretmanu.

S druge strane, 8,9 t/ha drvenog pepela rezultiralo je malim povećanjem raspoloživosti Mn i Zn u odnosu na kontrolni tretman, doza 13,3 t/ha vrlo značajnim dvostrukim povećanjem raspoloživosti Mn i Zn, a zatim doze 17,8 i 22,2 t/ha vrlo značajnim smanjenjima raspoloživosti Mn i Zn, posebice Zn do vrlo niske raspoloživosti 0,25 i 0,15 mg/kg (grafikon 4.9.).

5. ZAKLJUČAK

1. Rezultati istraživanja pokazuju da se na istim proizvodnim površinama, bez obzira jesu li oranice ili trajni nasadi, nakon perioda od 15 godina sadržaj humusa u prosjeku smanjio sa 2,21 do 2,08 % što predstavlja smanjenje od 3,75 % početne količine organske tvari tla.
2. Gospodarenje organskom tvari tla u trajnim je nasadima pozitivno jer je u tlima vinograda i voćnjaka nakon 15 godina utvrđeno prosječno povećanje sadržaja humusa s početnih 2,09 % do 2,32 % (porast od 13,8 %), ali je pri tome u gotovo 1/3 trajnih nasada (30,2 %) utvrđen pad sadržaja organske tvari.
3. Nije održivo gospodarenje organskom tvari tla na oranicama jer se nakon 15 godina prosječni sadržaj humusa na oranicama smanjio s početnih 2,24 na 2,01 % (smanjenje početnog sadržaja organske tvari za 8,78 %), ali je pri tome ipak na ¼ oranica (24,7 %) utvrđeno povećanje sadržaja organske tvari.
4. Najveće smanjenje sadržaja organske tvari tla zabilježeno je na oranicama s najvećim početnim sadržajem humusa (površine s > 3 % humusa), a najveće povećanje u trajnim nasadima s najnižim početnim sadržajem humusa (< 2 % humusa).
5. Gospodarenje raspoloživim hranjivima u tlu i humusom bilo je puno uspješnije na trajnim nasadima nego na oranicama, pretpostavljamo dobrim dijelom zbog učinkovitijeg korištenja organskih gnojiva
6. Trajnim praćenjem stanja na postojećim monitoring postajama također je potvrđena degradacija humoznosti tala na velikoj većini postaja.
7. Na području provedenih pokusa (pokušalište Tenja u blizini Osijeka), zbog količina i distribucije oborina utvrđeno je potencijalno limitiranje prinosa suncokreta (2021. godina) na maksimalno 67 % potencijalnog prinosa, ne uzimajući u obzir utjecaj plodnosti tla, dok je prinosa kukuruza (2022. godina) bio ograničen na maksimalno 33 % potencijalnog prinosa.
8. U prosječnoj godini na području pokušališta Tenja u blizini Osijeka možemo očekivati 24 % smanjenja prinosa suncokreta i 31 % smanjenja prinosa kukuruza u odnosu na genetski potencijal. Ova ograničenja se u značajnoj mjeri mogu neutralizirati povećanjem humoznosti tla, prvenstveno organskom gnojivom.
9. Režim vlažnosti pri 40 % PVK nedostatan je za fizičku kondiciju biljke jer je na rubu sušenja te navodnjavanje mora osigurati veću vlažnost, ali manje razlike kao posljedica vlažnosti 70 % i 100 % PVK otvaraju prostor racionalnijeg korištenja vode prilikom navodnjavanja i ublažavanja evidentnih klimatskih promjena bez smanjenja prinosa.
10. Na tlima umjerene plodnosti goveđe stajsko gnojivo ili kompost mogu se učinkovito koristiti kao alternativa dijela mineralne gnojidbe. Pri tome se učinak stajskog gnojiva na prinos u većoj mjeri temelji na količini raspoloživog N nego učinak komposta, dok kompost u većoj mjeri utječe na ostala svojstva plodnosti tla (kondicionerski učinak).
11. U 2. godini nakon aplikacije organskog gnojiva, podjednak je rezidualni fertilizacijski učinak komposta i zrelog goveđeg stajskog gnojiva.
12. Fino mljeveni vapneni materijali, vapnenac (ENV=100) i dolomit (ENV=108), učinkovito neutraliziraju suvišnu kiselost tala do ciljanih pH vrijednosti blizu neutralne reakcije već nakon 3 tjedna inkubacije (karbonat dobro izmiješan s tlom optimalne vlažnosti i temperature), u skladu s efektivnom neutralizacijskom vrijednosti (ENV) sredstva za kalcijaciju.
13. Paljeno vapno (CaO) brzo i učinkovito neutralizira suvišnu kiselost tla sukladno visokoj ENV vrijednosti (179).

14. Hidratizirano (gašeno) vapno (ENV 135) također brzo neutralizira suvišnu kiselost, ali nešto manje učinkovitosti nego paljeno vapno, iako se koristi ekvivalenta količina u pogledu neutralizacijske vrijednosti.
15. Drveni pepel također uspješno neutralizira suvišnu kiselost tla (dobro izmiješan s tlom optimalne vlažnosti i temperature), ali efektivnom neutralizacijskom vrijednosti (ENV) može biti značajno veća od 50, što se uobičajeno nalazi u literaturi. Svakako je potrebno precizno izmjeriti ENV drvenog pepela.
16. Nemljeveni agronomski vapnenac ima značajno sporiji i produžni učinak u usporedbi s mljevenim agronomskim vapnencem (isti kemijski sastav). Nakon 3 tjedna inkubacije, 10 t/ha mljevenog agronomskog vapnenca manje je učinkovito od 4 t/ha istog, ali mljevenog vapnenca. Razlika se značajno smanjuje povećanjem kiselosti tla (niži pH) i dužim razdobljem nakon kalcizacije.
17. Za potrebe brze neutralizacije kiselosti tla podjednako su učinkoviti paljeno vapno, fino mljeveni vapnenac i hidratizirano vapno, nešto manje fino mljeveni dolomit, još manje drveni pepel, a vrlo sporo je djelovanje nemljevenog vapnenca (podrazumijeva se upotreba ekvivalentnih količina). Razlika brzine djelovanja se smanjuje što je tlo kiseliše, a povećava što je tlo bliže slabo kiseloj reakciji.
18. Za optimalnu kalcizaciju presudno je znati efektivnu neutralizacijsku vrijednost (ENV) sredstva za kalcizaciju, posebno za nemljevene materijale i nestandardizirane materijale (npr. drveni pepel).
19. Zreli i stabilni kompost proizveden od smjese žetvenih ostataka, svježih biljnih ostataka i stajskih gnojiva, pored izravnog fertilizacijskog utjecaja na povećanje prinosa, u kombinaciji s mljevenim vapnenim materijalima ima dopunski sinergijski učinak na povećanje prinosa bez značajnog utjecaja na pH tla.
20. Vermikompost proizveden od smjese žetvenih ostataka, svježih biljnih ostataka i stajskih gnojiva ima izraženi fertilizacijski učinak, a u kombinaciji s kalcizacijskim materijalima ima sinergijski učinak na povećanje pH vrijednosti pa je u tom slučaju potrebno smanjiti količinu vapnenih materijala u kalcizaciji.
21. Neophodno je poznavati kemijska svojstva organskih gnojiva koja se koriste u gnojidbi i/ili kombinaciji gnojidbe i kalcizacije.
22. Primjena vermikomposta značajno povećava raspoloživost mikroelemenata u tlu, dok primjena paljenog vapna smanjuje raspoloživost. Međutim, primjena vermikomposta i sredstva za kalcizaciju povećava raspoloživost mikroelemenata (Fe, Mn, Zn i Cu), tj. neutralizira negativan učinak vapnenih materijala na raspoloživost mikroelemenata.
23. Primjena drvenog pepela kao sredstva za kalcizaciju povećava raspoloživost mikroelemenata u tlu (Fe, Mn, Zn i Cu) do određenih doza u primjeni, a prevelike količine smanjuju raspoloživost.
24. U Hrvatskoj se povećava udio oraničnih tala koja su siromašna fosforom, procjena je da je fosforom siromašno oko 50 % oraničnih tala.
25. Gnojidba fosforom nije u skladu sa stvarnim potrebama na oko 1/2 oranica, pri tome se na 1/3 oranica raspoloživost P smanjuje iako su tla već siromašna, a na 1/8 oranica se raspoloživost P nepotrebno povećava jer su tla već bogata fosforom.
26. Vrlo značajna degradacija tala zbog osiromašenja fosforom utvrđena je na gotovo 38 % oranica i 17 % trajnih nasada
27. Gnojidba fosforom nije u skladu sa stvarnim potrebama na oko 1/4 trajnih nasada.
28. Najintenzivnija je degradacija sadržaja humusa, zatim pad raspoloživosti fosfora, a najmanji je pad raspoloživosti kalija.
29. Gospodarenje raspoloživim hranjivima u tlu i humusom puno je uspješnije na trajnim nasadima nego na oranicama gdje se organska gnojiva i mjere očuvanja plodnosti tla rijetko i/ili nedovoljno učinkovito koriste.

6. LITERATURA:

1. Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. In United Nations FAO, Irrigation and Drainage Paper 56; FAO: Rome, Italy, 1998.
2. Allen, R. G. and Pruitt, W. O. 1991. FAO-24 reference evapotranspiration factors. *J. Irrig. and Drain. Engrg.*, ASCE 117(5): 758-773.
3. Bašić, F., Bogunović, M., Božić, M., Husnjak, S., Jurić, I., Kisić, I., Mesić, M., Mirošević, N., Romić, D., Žugec, I. (2007). Regionalization of Croatian agriculture, *Agric. Consp. Sci.* 72 (1): 27–38.
4. Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1975. Guidelines for predicting crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 24, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 179 p
5. Halter, J., Hefer, H., Andrišić, M., Rašić, D., Zegnal, I. (2021): Implementation of agro-technical measures in the Republic of Croatia in 2019. Book of Abstract. 56th Croatian & 16th International Symposium on Agriculture. Rozman, V., Antunović, Z. (ed). Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Osijek. 2021: 16-17.
6. Hefer, H., Andrišić, M., Zegnal, I., Mikulić, D., Rašić, D., Lončarić, Z. (2023): Agrochemical indicators of soil fertility in the Republic of Croatia in 2021. Book of Abstracts. 58th Croatian & 18th International Symposium on Agriculture. Sarović-Stanko, K., Širić, I. (ed). University of Zagreb Faculty of Agriculture, Zagreb. 2023: 17.
7. Hefer, H., Andrišić, M., Zegnal, I., Mikulić, D., Rašić, D., Lončarić, Z. (2022): Agrochemical analyzes of soil and soil supply classes in the Republic of Croatia. Book of Abstracts. 57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture. Majić, I., Antunović, Z. (ed). Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Osijek. 2022: 17-18.
8. Hefer, H., Andrišić, M., Zegnal, I., Rašić, D., Halter, J., Lončarić, Z. (2021.): Kemijska svojstva tala i tumačenje klasa opskrbljenosti. U: Rozman, V., Antunović, Z. (ur.) Zbornik sažetaka 56. hrvatski i 16. međunarodni simpozij agronoma. Osijek, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 18-19.
9. Ivezić, V., Singh, B. R., Gvozdić, V., Lončarić, Z. (2015): Soil Quality Index in relation to trace metal availability under different land uses, *Soil Science Society of America Journal* 79 (6): 1629-1637.
10. Lončarić, Z., Hefer, H., Andrišić, M., Rašić, D., Zegnal, I., Rastija, D., Jelić Milković, S., Lončarić, R. (2023.): The impact of different land uses on the available soil phosphorus budget in Croatia. U: Bogavac, M., Miladinovic-Bogavac, Z., Marcinko Trkulja, Z. (ur.) Economic and Social Development, 96th International Scientific Conference on Economic and Social Development - Era of Global Crises. Book of Proceedings. University of Aveiro, Varazdin Development i Entrepreneurship Agency and University North, Koprivnica, 2023: 358-368.
11. Lončarić, Z., Rastija, D., Hefer, H., Andrišić, M., Rašić, D., Zegnal, I., Lončarić, R. (2023.): Decreasing content of soil organic matter as direct lost of nitrogen and money from soil. U: Ribeiro, H.N., Fotova Cickovic, K., Kovač, I. (ur.) Economic and Social Development, 95th International Scientific Conference on Economic and Social Development. Book of Proceedings. University of Aveiro, Varazdin Development i Entrepreneurship Agency and University North, Koprivnica, 2023: 259-267.
12. Lončarić, Z., Ravnjak, B., Nikolin, I., Perić, K., Zebec, V., Jović, Jurica, Štolfa Čamagajevac, Ivna, Vuković, A., Lončarić, R. (2022.): The nutrient content in manure as a variable of profitability of organic fertilization. U: Janjušević, J., Hopkinson, P. & Pandža Bajs, I. (ur.) Economic and Social Development, 88th International Scientific Conference on Economic and Social Development – "Roadmap to NetZero Economies and Businesses", Book of Proceedings. Dubai, Varazdin Development and Entrepreneurship Agency and Heriot-Watt University, 2022: 516-525.
13. Lončarić, Z., Hefer, H., Andrišić, M., Rašić, D., Zegnal, I., Rastija D. (2022.): Long-term changes of soil organic matter as a consequence of land use in Croatia. U: Popović, B., Zebec, V. & Perčin, A. (ur.) 14. Kongres Hrvatskog tloznanstvenog društva; Knjiga sažetaka

14. "Degradacija tla – izazov za poljoprivrednu proizvodnju". Sveti Martin na Muri, Hrvatsko tloznanstveno društvo, 2022: 54-55.
15. Lončarić, Z., Hefer, H., Andrišić, M., Perić, K., Nemet, F., Kerovec, D., Rastija, D. (2022.): Impact of organo-mineral fertilization and manures on nutrient balance in crop production. U: Popović, B., Zebec, V., Perčin, A. (ur.) 14. Kongres Hrvatskog tloznanstvenog društva; Knjiga sažetaka "Degradacija tla – izazov za poljoprivrednu proizvodnju". Sveti Martin na Muri, Hrvatsko tloznanstveno društvo, 2022: 3-5.
16. Lončarić, R., Jelić Milković, S., Sudarić, T., Florijančić, T., Lončarić, Z. (2022.): Model of agricultural waste management by the municipal service companies. U: Janjušević, J., Hopkinson, P., Pandža Bajs, I. (ur.) Economic and Social Development, 88th International Scientific Conference on Economic and Social Development – "Roadmap to NetZero Economies and Businesses". Dubai, Varazdin Development i Entrepreneurship Agency and Heriot-Watt University, 2022: 475-484.
17. Lončarić, Z., Hefer, H., Zebec, V., Nemet, F., Perić, K., Ivezic, V., Jović, J., Andrišić, M., Božić, V., Uzelac, I., Varga, I., Rastija, D. (2022.): Utjecaj organske i mineralne gnojidbe na prinos suncokreta i iznošenje dušika. U: Majić, I., Antunović, Z. (ur.) Zbornik sažetaka 57. hrvatski i 17. međunarodni simpozij agronoma. Osijek, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 2022: 40-41.
18. Lončarić, Z., Hefer, H., Andrišić, M., Kerovec, D., Perić, K., Nemet, F., Zegal, I., Rašić, D., Mikulić, D., Božić, V., Hokal, N., Bradarić, I. (2022.): Fertilizacijska vrijednost stajskih gnojiva i utjecaj na potrebu gnojidbe mineralnim gnojivima. U: Majić, I., Antunović, Z. (ur.) Zbornik sažetaka 57. hrvatski i 17. međunarodni simpozij agronoma. Osijek, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 2022: 38-39.
19. Lončarić, Z., Kristek, S., Popović, B., Ivezic, V., Rašić, S., Jović, J. (2019.): Plodnost tala i gospodarenje organskim gnojivima. Priručnik objavljen u okviru Interreg IPA CBC projekta: Utjecaj dobre poljoprivredne prakse na zaštitu okoliša u pograničnom području (IMPACT ENVI). Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Osijek, 2019: 51.
20. Lončarić, Z., Rastija, D., Karalić, K., Popović, B., Ivezic, V., Lončarić, R. (2015.): Kalcizacija tala u pograničnome području. Urednik: Lončarić, Z. Sveučilišni priručnik. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek, 2015: 75.
21. Lončarić, Z., Parađiković, N., Popović, B., Lončarić, R., Kanisek, J. (2015.): Gnojidba povrća, organska gnojiva i kompostiranje. Urednik: Lončarić, Z. Sveučilišni priručnik. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek, 2015: 123.
22. Lončarić, Z., Karalić, K. (2015.): Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva. Urednik: Lončarić, Z. Sveučilišni priručnik. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek, 2015: 120.
23. Nkoa, R. (2014). Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 473-492.
24. Panagos, P., Köninger, J., Ballabio, C., Liakos, L., Muntwyler, A., Borrelli, P., Lugato, E. (2022): Improving the phosphorus budget of European agricultural soils. *Science of the Total Environment* 853 (2022): 158706.
25. Rastija, D., (2002.): Vodni režim i pedomehanička svojstva hidromelioriranog hipogleja na slivnom području Vuke. Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet u Zagrebu, Magistarski rad.
26. Rastija, D. (2006.): Režim vlažnosti i prinosi kukuruza i pšenice na kalciziranim kiselim tlima. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Doktorski rad.
27. Smith, M. (2006.): Example of the Use of CROPWAT 8.0. Food and Agriculture Organization of the United States.
28. Vidaček, Ž., (1981.): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u Istočnoj Slavoniji i Baranji, disertacija. Poljoprivredna znanstvena smotra, br. 57, str. 471-502, Zagreb
29. Wershaw, R. (1993). Model for humus in soils and sediments. *Environmental Science & Technology*, 27(5), 814-816.

