



EUROPSKI POLJOPRIVREDNI FOND ZA RURALNI RAZVOJ  
EUROPA ULAŽE U RURALNA PODRUČJA



## Završno izvješće

### EIP-Agri-Projekt

Mjera 16, Podmjera 16.1. "Potpora za osnivanje i rad operativnih skupina Europskog partnerstva za inovacije (EIP) za produktivnost i održivost" – provedba tipa operacije 16.1.2. Operativne skupine

### Mogućnosti korištenja digestata iz bioplinskog postrojenja kao gnojiva i poboljšivača tla



**OVAJ PROJEKT SUFINANCIRAN JE SREDSTVIMA EUROPSKE UNIJE**  
Europski poljoprivredni fond za ruralni razvoj

**Maksimalni iznos dodijeljene potpore 1.374.789,88 HRK**

**Intenzitet javne potpore 100 % (90 % EU i 10 % RH)**

**Trajanje projekta: 19.1.2021.-29.12.2023.**

**Voditeljica Projekta: dr. sc. Ivka Kvaternjak, prof. struč. stud.**



EUROPSKI POLJOPRIVREDNI FOND ZA RURALNI RAZVOJ  
EUROPA ULAŽE U RURALNA PODRUČJA



Autori:

Dr. sc. Ivka Kvaternjak, prof. struč. stud.

Dr. sc. Marijana Ivanek-Martinčić, prof. struč. stud.

Dr. sc. Marcela Andreato-Koren, prof. struč. stud.

Veleučilište u Križevcima, M. Demerca 1, Križevci, Hrvatska

Glavna odgovorna osoba za operativnu skupinu:

do 30. rujna 2021. dr. sc. Marijana Ivanek-Martinčić, prof. struč. stud., dekanica

od 1. listopada 2021. dr. sc. Marcela Andreato-Koren, prof. struč. stud., dekanica

Organizacija: Veleučilište u Križevcima

Ulica: Milislava Demerca 1

48260 Križevci

Prosinac, 2023.



## POPIS TABLICA

	<b>Str.</b>
Tablica 1. Varijante gnojidbe tla pri uzgoju kukuruza, ozime pšenice i talijanskog ljulja u plodoredu .....	5
Tablica 2. Ukupne mjesečne količine oborina za 2021., 2022. i 2023. godinu i prosjek za višegodišnje razdoblje od 1961. do 2021. ....	9
Tablica 3. Srednje mjesečne temperature zraka za 2021., 2022. i 2023. godinu te za višegodišnje razdoblje od 1961. do 2021. ....	9
Tablica 4. Sadržaj suhe tvari, organske tvari i pH vrijednost digestata .....	12
Tablica 5. Sadržaj minerala u suhoj tvari digestata .....	13
Tablica 6. Sadržaj dušika fosfora i kalija u 1 m <sup>3</sup> svježeg digestata .....	15
Tablica 7. Količine teških metala u krutom i tekućem digestatu .....	16
Tablica 8. Maksimalno dozvoljene količine teških metala u tlu .....	17
Tablica 9. Mehanički sastav tla na lokacijama pokusa .....	18
Tablica 10. Stabilnost strukturnih agregata po lokacijama pokusa.....	18
Tablica 11. Kapacitet tla za vodu .....	19
Tablica 12. Kapacitet tla za zrak .....	20
Tablica 13. Volumna gustoća tla .....	21
Tablica 14. Ukupni sadržaj pora u tlu .....	22
Tablica 15. Sadržaj vlage u tlu kod pF 0,33 bara .....	24
Tablica 16. Sadržaj vlage u tlu kod pF 6,25 bara .....	25
Tablica 17. Sadržaj vlage u tlu kod pF 6,25 bara .....	26
Tablica 18. Mehanički otpor i trenutna vlaga u tlu pri uzgoju kukuruza .....	27
Tablica 19. Mehanički otpor i trenutna vlaga u tlu pri uzgoju ozime pšenice i talijanskog ljulja .....	28
Tablica 20. Reakcija tla u vodi.....	33
Tablica 21. Reakcije tla u 1 M KCl .....	31
Tablica 22. Električna vodljivosti tla (EC) .....	32
Tablica 23. Udio humusa u tlu.....	34
Tablica 24. Sadržaj fosfora u tlu .....	35
Tablica 25. Sadržaj biljkama pristupačnog kalija .....	37
Tablica 26. Udio ukupnog dušika u tlu .....	38
Tablica 27. Sadržaj amonijskog dušika .....	40
Tablica 28. Sadržaj nitratnog dušika .....	41
Tablica 29. Sadržaja kalcija u tlu .....	42
Tablica 30. Sadržaj magnezija u tlu .....	43
Tablica 31. Sadržaj željeza u tlu .....	45
Tablica 32. Sadržaj mangana u tlu .....	47
Tablica 33. Sadržaj cinka u tlu .....	50
Tablica 34. Sadržaj bakra u tlu .....	51
Tablica 35. Sadržaj nikla u tlu .....	52
Tablica 36. Sadržaj kadmija u tlu .....	53
Tablica 37. Sadržaj olova u tlu .....	54
Tablica 38. Sadržaj kroma u tlu .....	55
Tablica 39. Sadržaj žive u tlu .....	56
Tablica 40. Prinos nadzemne mase kukuruza u voštanoj zriobi i prinos zrna te sadržaj vlage u biljnoj masi i zrnu u berbi .....	57
Tablica 41. Prinos zrna pšenice i sadržaj vlage u žetvi .....	59
Tablica 42. Prinos zelene mase i sijena talijanskog ljulja .....	60
Tablica 43. Sadržaj makroelemenata u nadzemnom dijelu biljke kukuruza.....	61
Tablica 44. Sadržaj makroelemenata u zrnu kukuruza.....	63
Tablica 45. Sadržaj makroelemenata u zrnu pšenice .....	65
Tablica 46. Sadržaj makroelemenata u suhoj masi talijanskog ljulja .....	67



Tablica 47.	Sadržaj Fe, Mn, Cu, Zn i Ni u nadzemnom dijelu biljke kukuruza.....	69
Tablica 48.	Sadržaj Cd, Pb, Hg i Cr u nadzemnom dijelu biljke kukuruza .....	71
Tablica 49.	Sadržaj Fe, Mn, Cu, Zn i Ni u zrnu kukuruza .....	72
Tablica 50.	Sadržaj Cd, Pb, Hg i Cr u zrnu kukuruza.....	74
Tablica 51.	Sadržaj Fe, Mn, Cu, Zn i Ni u zrnu pšenice.....	75
Tablica 52.	Sadržaj Fe, Mn, Cu, Zn i Ni u talijanskom ljulju .....	77
Tablica 53.	Prosječni rang isplativosti za kukuruznu silažu .....	79
Tablica 54.	Prosječni rang isplativosti za zrno kukuruza.....	79
Tablica 55.	Prosječni rang isplativosti za zrno ozime pšenice.....	79
Tablica 55.	Prosječni rang isplativosti sijena talijanskog ljulja.....	80

#### POPIS SLIKA

	Str.
Slika 1. Mjerenje pokusnih površina.....	6
Slika 2. Gnojidba krutim digestatom.....	6
Slika 3. Gnojidba tekućim digestatom .....	6
Slika 4. Sjetva kukuruza. ....	6
Slika 5. Uzimanje uzoraka tla za fizikalne analize .....	6
Slika 6. Vlaženje uzoraka tla .....	6
Slika 7. Osušeni uzorci za fizikalne analize .....	6
Slika 8. Određivanje gustoće čvrstih čestica .....	6
Slika 9. Mjerenje mehaničkog otpora tla .....	7
Slika 10. Mjerenje vlage tla .....	7
Slika 11. Određivanje pF 0,33 bara; 6,25 bara i 15 bara .....	7
Slika 12. Uzimanje prosječnih uzoraka tla .....	7
Slika 13. Prosječni uzorci tla .....	7
Slika 14. Određivanje prinosa nadzemne mase kukuruza.....	8
Slika 15. Određivanje prinosa zrna kukuruza .....	8
Slika 16. Određivanje prinosa talijanskog ljulja .....	8
Slika 17. Određivanje prinosa ozime pšenice .....	8
Slika 18. Vršenje klasova ozime pšenice .....	8

#### POPIS GRAFIKONA

	Str.
Grafikon 1. Klimadijagram po Walteru za razdoblje od 1961.do 2021. ....	10
Grafikon 2. Klimadijagram po Walteru za 2021. godinu .....	10
Grafikon 3. Klimadijagram po Walteru za 2022. godinu .....	11
Grafikon 4. Klimadijagram po Walteru za 2023. godinu.....	11



## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1. Ciljevi Projekta</b> .....	3
<b>1.2. Tijek projekata</b> .....	3
<b>2. REZULTATI</b> .....	9
<b>2.2. Rezultati analiza tekućeg i krutog digestata</b> .....	11
<b>2.3. Učinak gnojidbe na fizikalne značajke tla</b> .....	17
<b>2.3.1. Mehanički sastav tla</b> .....	17
<b>2.3.2. Kapacitet tla za vodu</b> .....	19
<b>2.3.3. Kapacitet tla za zrak</b> .....	20
<b>2.3.4. Volumna gustoća tla</b> .....	21
<b>2.3.5. Ukupni porozitet</b> .....	22
<b>2.3.6. Režim vlažnosti tla</b> .....	23
<b>2.3.7. Mehanički otpor tla</b> .....	27
<b>2.4. Utjecaj gnojidbe na kemijska svojstva tla</b> .....	29
<b>2.4.1. Reakcija tla</b> .....	29
<b>2.4.2. Električna vodljivosti tla</b> .....	32
<b>2.4.3. Humus u tlu</b> .....	33
<b>2.4.4. Biljkama pristupačan fosfor</b> .....	35
<b>2.4.5. Biljkama pristupačan kalij</b> .....	36
<b>2.4.6. Dušik u tlu</b> .....	38
<b>2.4.6.1. Ukupni dušik u tlu</b> .....	38
<b>2.4.6.2. Amonijski i nitratni oblik dušika</b> .....	39
<b>2.4.7. Kalcij u tlu</b> .....	42
<b>2.4.8. Magnezij u tlu</b> .....	43
<b>2.4.9. Željezo u tlu</b> .....	45
<b>2.4.10. Mangan u tlu</b> .....	47
<b>2.5. Sadržaj teških metala u tlu</b> .....	48
<b>2.6. Prinosi uzgajanih kultura</b> .....	57
<b>2.6.1. Prinos kukuruza</b> .....	57
<b>2.6.2. Prinos ozime pšenice</b> .....	59
<b>2.6.3. Prinos talijanskog ljulja</b> .....	60



<b>2.7. Sadržaj minerala u kukuruзу, pšenici i talijanskom lјulju .....</b>	<b>61</b>
<b>2.7.1. Sadržaj minerala u nadzemnom dijelu biljke kukuruза .....</b>	<b>61</b>
<b>2.7.1.2. Sadržaj minerala u zrnu kukuruза .....</b>	<b>63</b>
<b>2.7.2. Sadržaj minerala u zrnu pšenice .....</b>	<b>65</b>
<b>2.7.3. Sadržaj minerala u talijanskom lјulju .....</b>	<b>67</b>
<b>2.8. Sadržaj teških metala u kukuruзу, pšenici i talijanskom lјulju .....</b>	<b>69</b>
<b>2.8.1. Sadržaj teških metala u kukuruзу .....</b>	<b>69</b>
<b>2.8.1.1. Sadržaj teških metala u nadzemnom dijelu biljke kukuruза .....</b>	<b>69</b>
<b>2.8.1.2. Sadržaj teških metala u zrnu kukuruза .....</b>	<b>72</b>
<b>2.8.2. Sadržaj teških metala u zrnu pšenice .....</b>	<b>75</b>
<b>2.8.3. Sadržaj teških metala u talijanskog lјulju .....</b>	<b>76</b>
<b>2.9. Analiza isplativosti proizvodnje kukuruzne silaže, zrna kukuruза, zrna ozime pšenice i sijena talijanskog lјulja .....</b>	<b>79</b>
<b>3. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>81</b>
<b>4. LITERATURNI IZVORI .....</b>	<b>86</b>
<b>PRILOZI .....</b>	<b>87</b>



## 1. UVOD

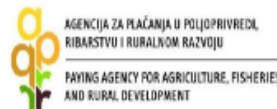
Jedan od najvažnijih ciljeva Europskog zelenog plana (EZP) kojeg je Europska komisija predstavila krajem 2019. postizanje je klimatske neutralnosti do 2050. godine. EZP sadržava okvirni plan s mjerama za unapređenje učinkovitog iskorištavanja resursa prelaskom na čisto kružno gospodarstvo te za zaustavljanje klimatskih promjena, obnovu biološke raznolikosti i smanjenje onečišćenja. Iz EZP-a proizlazi niz strateških dokumenata i akcijskih planova kao što su Strategija „od polja do stola“, Strategija EU za bioraznolikost do 2030, Novi akcijski plan za kružno gospodarstvo, Akcijski plan prema nultom onečišćenju zraka, vode i tla itd. Povećanje udjela obnovljivih izvora energije u proizvodnji energije, rješavanje problema gubitka hranjivih tvari i promicanje upotrebe organskih gnojiva, podupiranje prevencije otpada, cirkularnosti i recikliranja hranjivih tvari važni su ciljevi ovih dokumenata.

Proizvodnja energije iz obnovljivih izvora u EU bilježi stalni rast. Od 2.832 TWh energije proizvedene iz obnovljivih izvora u EU u 2021. godini 58% (1.636 TWh) dolazi iz izvora bioenergije, a bioplinovi su činili 13% izvora bioenergije u 2021. i 8 % ukupnih obnovljivih izvora (EBA, 2023). Predviđa se da će se proizvodnja bioplina i biometana koji se dobiva daljnjom preradom bioplina, do 2030. udvostručiti, a do 2050. čak upeterostručiti te da će bioplin i biometan pokrivati više od 60% potreba Europe za plinom. Broj bioplinских postrojenja u Europi i njihova instalirana snaga u stalnom su porastu.

Bioplin nastaje u bioplinским postrojenjima kao proizvod anaerobne digestije (AD), odnosno razgradnje organske tvari koja se odvija u nepropusnim spremnicima (digestorima, fermentorima) u anaerobnim uvjetima djelovanjem različitih mikroorganizama. Ovako dobiveni bioplin može se koristiti za različite namjene, a najviše za proizvodnju električne i toplinske energije te može zamijeniti prirodni plin koji spada u fosilna goriva. Kao najčešće sirovine za proizvodnju bioplina koriste se sirovine poljoprivrednog porijekla, kao što su stajski gnoj i gnojovka, različite energetske kulture, najčešće silaža kukuruza, sirka, travna silaža i sl., otpad od hrane, komunalni organski otpad, mulj iz pročišćivača voda itd.

No, u procesu anaerobne digestije, osim bioplina, nastaje i vrijedan nusproizvod, digestat. S porastom proizvodnje bioplina raste i proizvodnja nusproizvoda digestata. U Europi je u 2022. proizvedeno 31 Mt suhe tvari digestata, računa se da bi u 2030. te količine mogle rasti do 75 Mt suhe tvari, a u 2050. godini i do 177 Mt suhe tvari (EBA, 2023). Zbog sadržaja organske tvari te makro i mikronutrijenata digestat ima veliki potencijal za primjenu u poljoprivredi kao poboljšivač tla ili kao gnojivo. Upotrebom digestata smanjuje se potreba primjene mineralnih gnojiva te se indirektno smanjuje emisija stakleničkih plinova i drugih štetnih tvari koje nastaju kod njihove proizvodnje, a čije nakupljanje u atmosferi ima negativan utjecaj na klimu.

Prema EBA (2023), današnja proizvodnja digestata već ima kapacitet zamijeniti 15% gnojiva na bazi dušika koja su trenutno u upotrebi. Do 2030. ova brojka mogla bi narasti na 40%, a do



2050. potencijal za zamjenu dušika u sintetičkom gnojivu primjenom digestata mogao bi doseći 93%.

Fosfor iz digestata trenutno ima kapacitet da zamijeni 11% fosfora iz sintetičkih gnojiva. Do 2030. ova brojka mogla bi narasti na 27%, a do 2050. potencijal zamjene fosfora u sintetičkim primjenom digestata mogla bi dostići 64%. Digestat dobiven anaerobnom digestijom može se koristiti bez daljnje prerade. Najčešće se razdvaja u dvije frakcije, kruti digestat i tekući digestat. Sastav digestata uvelike ovisi o ulaznim sirovinama i procesu prerade. Tekuća frakcija digestata bogata je biljci dostupnim dušikom, a može se primijeniti na poljima u blizini bioplinskih postrojenja, dok je kruti digestat stabilnije strukture, bogatiji fosforom te organskim i ukupnim dušikom i može se smatrati poboljšivačem tla (Nkoa, 2014). Dugoročna primjena bioplinskog digestata poboljšava fizikalna svojstva tla (Mayerová i sur., 2023). Transport krutog digestata i primjena na udaljenijim gospodarstvima zbog veće koncentracije hranjivih tvari može biti isplativija od primjene tekućeg digestata.

Primjena digestata kao gnojiva i poboljšivača tla može imati niz prednosti za poljoprivredna gospodarstva, pogotovo ona u blizini bioplinskih postrojenja. Supstrati poljoprivrednog porijekla dolaze s farmi i gospodarstava u okruženju, čime se omogućava pozitivna povratna sprega proizvodnje bioplina kao obnovljivog izvora energije, namijenjenog proizvodnji električne energije i topline, i poljoprivredne proizvodnje na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima. Poljoprivrednim gospodarstvima se otvara mogućnost da ugovorno proizvode supstrate za anaerobnu digestiju u bio-plinskom postrojenju te da zbrinjavaju organski otpad svojih farmi u skladu s nitratnom direktivom u situaciji kada nemaju dovoljno vlastitih poljoprivrednih površina za tu namjenu, što se pozitivno odražava na zaštitu okoliša. To im ujedno omogućava i povećanje proizvodnih kapaciteta gospodarstva, a korištenje digestata, kao kvalitetnog organskog gnojiva i poboljšivača tla, omogućava im održavanje i poboljšavanje strukture tla, povećavanje plodnosti poljoprivrednih površina, povećanje otpornosti prema suši, veće prinose poljoprivrednih kultura uz manje troškove gnojidbe, a time i veće i stabilnije prihode, čime se direktno povećava konkurentnost poljoprivrednoga gospodarstva. Pravilnom upotrebom digestata kao organskog gnojiva i poboljšivača tla zaokružio bi se ciklus proizvodnje električne energije iz energetske usjeva i organskog otpada farmi.

Osim dobrobiti koju može donijeti pravilna uporaba digestata kao gnojiva i poboljšivača tla, svakako treba spomenuti i zabrinutost zbog mogućeg negativnog utjecaja na okoliš i samu poljoprivrednu kulturu, prvenstveno zbog povećanja sadržaja teških metala u tlu i biljci, ali i zbog moguće fitotoksičnosti. Veći broj radova (Barlog i sur., 2020; Dragičević i sur., 2018; Tigini i sur., 2016) potvrđuje da sadržaj teških metala u digestatu prvenstveno ovisi o ulaznoj sirovini, a akumulacija teških metala u tlu ovisi o svojstvima samog tla.

Kao jedan od važnih problema vezanih uz primjenu digestata kao gnojiva i poboljšivača tla treba navesti i nedorečenu zakonsku regulativu.





Program  
RURALNOG RAZVOJA



AGENCIJA ZA PLAĆANJA U POLJOPRIVREDI,  
RIBARSTVU I RURALNOM RAZVOJU  
PAYING AGENCY FOR AGRICULTURE, FISHERIES  
AND RURAL DEVELOPMENT

Poljoprivredna gospodarstva u blizini bioplinskih postrojenja u Hrvatskoj koriste digestat, ali se uporaba digestata ne provodi na osnovi znanstveno utemeljenih preporuka, što može rezultirati različitim problemima u uzgoju kulture, ali i u okolišu, ili, s druge strane, u nedovoljnom korištenju potencijala koji digestat ima za poljoprivrednu proizvodnju.

Trenutno ne postoje pouzdane i precizne preporuke za gnojidbu digestatom s obzirom na niz nepoznanica o ponašanju digestata u tlu, odnosno o dinamici oslobađanja hraniva iz digestata i njihovoj dostupnosti biljci.

## 1.1. Ciljevi Projekta

Ciljevi Projekta bili su:

- izraditi znanstvenu i stručnu osnovu za održivu uporabu digestata iz bioplinskih postrojenja kao gnojiva i poboljšivača tla
- utvrditi utjecaj digestata na fizikalna i kemijska svojstva tla
- utvrditi utjecaj digestata da dinamiku hraniva u tlu i dostupnost hraniva biljci
- utvrditi utjecaj digestata na prinos i kvalitetu poljoprivredne kulture
- utvrditi eventualni negativan utjecaj digestata na tlo i uzgajanu kulturu
- utvrditi gospodarsku isplativost primjene digestata
- povećati znanje poljoprivrednika o održivoj uporabi digestata

Projekt donosi promjenu u načinu korištenja digestata, od stihijskog ili nedovoljnog korištenja do optimalnog načina korištenja digestata s pozitivnim učinkom na tlo, poljoprivrednu kulturu i gospodarsku učinkovitost i zaštitu okoliša.

Istraživanjima u okviru Projekta stvorila bi se znanstvena i stručna osnova za optimalno korištenje digestata u poljoprivredi.

## 1.2. Tijek projekata

EIP-Agri projekt „Mogućnosti korištenja digestata iz bioplinskog postrojenja kao gnojiva i poboljšivača tla“ započeo je u siječnju 2021. godine. Prethodno je (2018.) u okviru podmjere 16.1. „Potpora za osnivanje i rad operativnih skupina Europskog partnerstva za inovacije (EIP) za poljoprivrednu produktivnost i održivost“ osnovana Operativna skupina koja je sudjelovala u provedbi projekta.

Operativnu skupinu čini šest obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava (OPG) čije se poljoprivredne površine nalaze u blizini bioplinskih postrojenja, dvije jedinice lokalne samouprave na čijem području djeluju bioplinska postrojenja i gdje su provođena istraživanja, Tvrtka Consultare, d.o.o., te Veleučilište u Križevcima, kao znanstvena visokoškolska ustanova i odgovorna osoba Operativne skupine. Istraživanja za projekt provedena su na području Koprivničko-križevačke i Zagrebačke županije (sjeverozapadna Hrvatska)



## POPIS ČLANOVA (PARTNERA) OPERATIVNE SKUPINE

1. VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA (danas VELEUČILIŠTE U KRIŽEVCIMA), OIB: 75480885018, Ul. Milislava Demerca 1, 48260 Križevci, kojega zastupa dekanica dr. sc. Marcela Andreato-Koren, odgovorna osoba Operativne skupine
2. OPG SINIŠA GLATKI, Gradec 62, 10345 Gradec, kojeg zastupa Siniša Glatki, OIB partnera: 86046574951, MIBPG: 116855
3. OPG MARIO SVEČNJAK, Podolec 7, 10340 Vrbovec, kojeg zastupa Mario Svečnjak, OIB: 33179060189, MIBPG: 101705
4. OPG DARIO VUKALOVIĆ, GRAČINA 19, 48260 KRIŽEVCI, kojeg zastupa DARIO VUKALOVIĆ, OIB partnera 67282636117, MIBPG: 41212
5. OPG SANJA ŠABIJAN, DROPKOVEC 47, GORNJA RIJEKA, kojeg zastupa SANJA ŠABIJAN, OIB: 32218103572, MIBPG: 238108
6. OPG DANIJEL HARČA, Gregurovec 31, 48260 Križevci, kojeg zastupa Danijel Harča, OIB: 01734132615, MIBPG: 55315
7. OPG LUKA SOKOL, MIHOLEC 15, 48267 OREHOVEC, kojeg zastupa LUKA SOKOL, OIB: 22127990461, MIBPG: 42478
8. OPĆINA SVETI PETAR OREHOVEC, Sveti Petar Orehovec 12, 48267 Orehovec, kojeg zastupa Franjo Poljak, OIB: 06622464897
9. OPĆINA GRADEC, Gradec 134, 10345 Gradec, kojeg zastupa Ljubica Ambrušec, OIB: 16296383026
10. CONSULTARE d.o.o., Zagrebačka 159, 10340 Vrbovec, kojeg zastupa direktor Marko List, OIB: 13887968886,

Na prvim sastancima operativne skupine voditeljica Projekta prikazala je plan provedbe dvogodišnjeg istraživanja. Gnojidbeni pokusi bit će postavljeni na poljoprivrednim površinama OPG-ova na tri kulture u plodoredu/plodosmjeni: kukuruzu, ozimoj pšenici i talijanskom ljulju. Postavljanju pokusa prethodit će uzimanje uzoraka tla na planiranim površinama kako bi se utvrdilo početno stanje, te će se provesti analiza digestata koji će se koristiti u istraživanju. Drugi korak bit će postavljanje pokusa te provođenje svih potrebnih agrotehničkih mjera. U skladu s planom istraživanja kontinuirano će se uzimati i analizirati uzorci tla i biljnog materijala te vršiti sva potrebna mjerenja na pokusu. Utvrdit će se prinosi po varijantama gnojidbe te troškovi proizvodnje i isplativost po pojedinoj varijanti pokusa.

Svaki partner OPG ustupio je jednu proizvodnu površinu na kojoj je provedeno istraživanje u polju. Za svaku parcelu izrađena je shema gnojidbe s veličinama pokusnih parcela. Izmjere pokusnih varijanti na izabranim parcelama obavili su članovi Operativne skupine Veleučilišta i tvrtka Consultare d.o.o. (slika 1). Partneri OPG-ovi su na svojim oraničnim površinama proveli sve agrotehničke mjere u uzgoju odabranih poljoprivrednih kultura uključujući i gnojidbu prema planu pokusa. Što se tiče gnojidbe, treba napomenuti da gnojiva za prvu kulturu kukuruz



nisu unesena u tlo prilikom zaoravanja, kako je planirano, jer je projekt započeo tek u siječnju 2021., a u jesen 2020. površine planirane za pokus već su bile preorane. Stoga su gnojiva određena za zaoravanje primijenjena prilikom predsjedvene pripreme tla za kukuruz u proljeće 2021. godine. Za ostale dvije kulture gnojidba je obavljena u potpunosti prema planu pokusa. Gnojidbu primijenjenu na pokusne površine od početka do završetka projekta prikazuje tablica 1.

Tablica 1. Varijante gnojidbe tla pri uzgoju kukuruza, ozime pšenice i talijanskog ljulja u plodoredu

Varijanta gnojidbe	Vrijeme primjene	Kukuruz 2021., kg/ha - vrsta gnojiva	Ozima pšenica 2021./2022., kg/ha - vrsta gnojiva	Talijanski ljulj, 2022/2023. kg/ha - vrsta gnojiva
<b>Kontrola</b>	-	-	-	-
<b>Kruti digestat + mineralno gnojivo</b>	Zaorano	-	15.000 - digestat	15.000 - digestat
	Predsj. priprema tla	15.000 - digestat	-	-
	Prihrana 1	200 - KAN	150 - KAN	200 - KAN
	Prihrana 2	-	5% - UREA	-
<b>Tekući digestat + mineralno gnojivo</b>	Zaorano	-	30.000 - digestat	30.000 - digestat
	Predsj. priprema tla	40.000 - digestat	-	-
	Prihrana 1	200 - KAN	150 - KAN	200 - KAN
	Prihrana 2	-	5% - UREA	-
<b>Mineralno gnojivo</b>	Zaorano	-	250 - NPK 7:20:30	-
	Predsj. priprema tla	300 - NPK 15:15:15	150 - NPK 15:15:15	300 - NPK 15:15:15
	Prihrana 1	200 - KAN	150 - KAN	200 - KAN
	Prihrana 2	-	5% - UREA	-

Kao što se vidi iz tablice 1, varijante gnojidbe bile su: primjena isključivo mineralnih gnojiva (osnovna gnojidba, startna gnojidba i prihrana) ili primjena krutog ili tekućeg digestata u osnovnoj gnojidbi uz prihranu mineralnim gnojivima. Na lokaciji Dropkovec i Miholec gnojeno je digestatom iz Bioplinske elektrane u Sv. Petru Orehovcu, na lokaciji Gregurovec korišten je digestat iz Bioplinske Organica Kalnik 1 u Gregurovcu, a na lokacijama Gradec, Podolec i Gračina gnojidba je izvršena digestatom iz bioplinskog postrojenja Gradec. Prije sjetve kukuruza, prije sjetve pšenice i prije sjetve talijanskog ljulja izvršene su analize tekućeg i krutog digestata iz tri bioplinska postrojenja. Uzorkovanje i dostavu digestata u laboratorij Veleučilišta obavila je tvrtka Consultare d.o.o. Analize su izvršene u Agrokemijskom laboratoriju Veleučilišta u Križevcima. Analiziran je sadržaj suhe tvari, pH vrijednost, sadržaj organske tvari u suhoj tvari i sadržaj organskog ugljika, sadržaj minerala (biljnih hraniva) i teških metala. Gnojidbu krutim digestatom prikazuje slika 2, tekućim slika 3, a sjetvu kukuruza u proljeće 2021. prikazuje slika 4.



Slika 1.

Mjerenje pokusnih površina



Slika 2.

Gnojidba krutim digestatom



Slika 3.

Gnojidba tekućim digestatom



Slika 4.

Sjetva kukuruza

U ožujku 2021., prije sjetve kukuruza, obavljeno je uzorkovanje tla za fizikalne i kemijske analize te je izmjeren mehanički otpor tla i vlaga u polju. Uzorkovanje tla za utvrđivanje fizikalnih i kemijskih svojstava nastavljeno je tijekom trajanja projekta. Analiza fizikalnih svojstava tla obuhvatila je određivanje retencijskog kapaciteta tla za vodu, određivanje kapaciteta tla za zrak, određivanje volumne gustoće i gustoće čvrstih čestica te ukupnog sadržaja pora (slike 5, 6, 7 i 8). Uzorci su uzimani u cilindre po Kopeckom. Uzimanje uzoraka tla za fizikalne analize nastavljeno je tijekom trajanja projekta na svim varijantama gnojidbe tla slijedećom dinamikom: u voštanoj zriobi kukuruza, u berbi kukuruza, u busanju pšenice, u žetvi pšenice i kod prvog otkosa ljulja na svih šest lokacija. Uzorkovanje tla za fizikalne analize obavili su članovi projektnog tima Veleučilišta, na svih šest lokacija uz pomoć partnera Operativne skupine (OPG-ova), na čijoj površini je vršeno uzorkovanje. Također je istom dinamikom kao i uzorkovanje tla izvršeno mjerenje mehaničkog otpora i vlage u polju. Vlaga u polju mjerena je četiri puta po slojevima tla do 30 cm dubine. Slika 9 i 10 prikazuje mjerenje mehaničkog otpora i vlage.



Slika 5.

Uzimanje uzoraka tla  
za fizikalne analize



Slika 6.

Vlaženje uzoraka tla



Slika 7.

Osušeni uzorci  
za fizikalne analize



Slika 8.

Određivanje gustoće  
čvrstih čestica



Slika 9.  
Mjerenje mehaničkog  
otpora tla



Slika 10.  
Mjerenje vlage tla

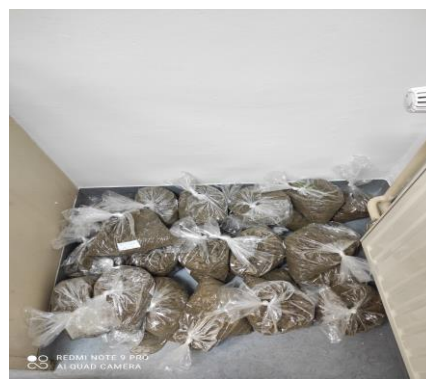


Slika 11.  
Određivanje pF 0,33 bara; 6,25 bara i 15 bara

Tijekom istraživanja, istovremeno istom dinamikom, na svih šest lokacija uzimani su prosječni uzorci tla za kemijske analize. Uzorkovanje prosječnih uzoraka tla obuhvatilo je još stadij intenzivnog porasta kukuruza i stadij klananja pšenice za određivanje amonijskog i nitratnog dušika u tlu (slika 12). Uzorkovanje su izvršili članovi projektnog tima Veleučilišta uz pomoć OPG-a slika Prosječni uzorci tla su dostavljeni u laboratoriju Veleučilišta u Križevcima (slika 13).



Slika 12.  
Uzimanje prosječnih uzoraka tla



Slika 13.  
Prosječni uzorci tla

U laboratoriju su prosječni uzorci tla pripremljeni su za analize, osušeni i usitnjeni. U prosječnim uzorcima tla određena je reakcija tla u H<sub>2</sub>O i 1 MKCl-u, sadržaj humusa ukupni dušik, amonijski i nitratni oblik dušika, sadržaj biljkama pristupačnog fosfora i kalija te sadržaj minerala (biljnih hraniva) i teških metala.

U voštanoj zriobi kukuruza 2021., u berbi kukuruza, u žetvi pšenice, 2022. i kod prvog otkosa ljulja, 2023., određivani su prinosi po varijantama gnojidbe na svim lokacijama istraživanja. Prinos nadzemne mase kukuruza određen je ručnom košnjom biljaka s površine 10 m<sup>2</sup> vaganjem biljaka u polju (slika 14). Izdvojeno je slučajnim odabirom 5 biljaka za analize minerala i teških metala. Prinos zrna kukuruza određen je ručnom berbom klipova s površine



10 m<sup>2</sup>. Klipovi su vagnuti u polju (slika 15). Na Veleučilištu su ručno okrunjeni, a zrno je izvagano te su uzimani uzorci zrna za određivanje vlage, minerala i teških metala. Prinos zrna pšenice određen je ručnom košnjom biljka s 1 m<sup>2</sup>. Pšenica je u polju spremljena u vreće, dostavljena na Veleučilište gdje su vršeni klasovi i vagano zrno (slika 17 i 18). Istovremeno je određen sadržaj vlage u zrnu. Prinos talijanskog ljulja kod prvog otkosa određen je ručnim košnjom biljaka s 1 m<sup>2</sup>. Nadzemna masa je izvagana u polju, izdvojeni su uzorci za određivanje vlage i drugih analiza koje su provedene u laboratoriju Veleučilišta (slika 16).



Slika 14.  
Određivanje prinosa  
nadzemne mase kukuruza



Slika 15.  
Određivanje prinosa  
zrna kukuruza



Slika 16.  
Određivanje prinosa  
talijanskog ljulja



Slika 17.  
Uzimanje uzoraka  
za utvrđivanje prinosa ozime pšenice



Slika 18.  
Vršenje klasova

U izdvojenim uzorcima nadzemne mase kukuruza u voštanoj zriobi, u zrnu kukuruza, u zrnu ozime pšenice i u suhoj tvari talijanskog ljulja izvršene su analize minerala (biljnih hraniva) i teških metala. Uzorci su nakon pripreme, sušenja i vaganja, usitnjeni i analize su izvršene u suhoj tvari biljnog materijala. Analiziran je sadržaj minerala i teških metala. Nakon pripreme uzorka, očitavanja fosfora su izvršena na spektrofotometru, kalija na plamenom fotometru te ostalih minerala i teških metala na atomsko apsorpcijskom spektrometru.



Metode kojima su rađeni uzorci su priprema uzoraka tla za analize (ISO 11464:2004), određivanje reakcije tla, pH u vodi i 1 MKCl-u (HRN ISO 10390:2005), određivanje specifične električne vodljivosti (EC), (ISO 11265:1994+Cor1:1996), određivanje biljkama pristupačnog P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O (AL -metodom,.), određivanje ukupnog N% modificiranom metodom po Kjeldahl-u (ISO 11261:1995), određivanje nitrata i amonijaka u tlu (CFA analizator), određivanje organskog ugljika sulfkromnom oksidacijom/humusa (ISO 14235.1998), ukupni Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Cd, Pb, Cr i Hg (zlatotopka - očitavanje na AAS).

Tijekom vegetacije kukuruza i ozime pšenice izvršene su kontrole pojave bolesti i štetnika.

## 2. REZULTATI

### 2.1. Analiza klimatskih uvjeta tijekom istraživanja

Budući da učinak gnojidbe, rast i razvoj usjeva ovisi o klimatskim uvjetima, za razdoblje istraživanja obrađeni su klimatski pokazatelji za najbližu meteorološku postaju Križevci. Ukupne mjesečne količine oborina za klimatološko razdoblje od 1961. do 2021. te za 2021., 2022. i 11 mjeseci 2023. godine za Križevce prikazani u tablici 2 i 3.

Tablica 2. Ukupne mjesečne količine oborina za Križevce po godinama istraživanja i za višegodišnje razdoblje

MJESEC	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma
<b>1961.-2021.</b>	42,6	43,7	49,1	56,7	78,5	82,5	77,7	72,6	82,7	70,7	78,2	60,6	795,6
<b>2021.</b>	50,2	32,6	44	54,7	123,5	5,4	53,8	60,5	37,3	75	77	77,5	691,5
<b>2022.</b>	15,7	23,1	5,0	84,6	71,3	58,0	17,5	49,0	154,2	26,4	91,8	94,3	690,9
<b>2023.</b>	148,1	34,2	71,3	89,6	121,2	100,7	95,4	93,3	34,2	68,6			

Izvor: Državi hidrometeorološki zavod

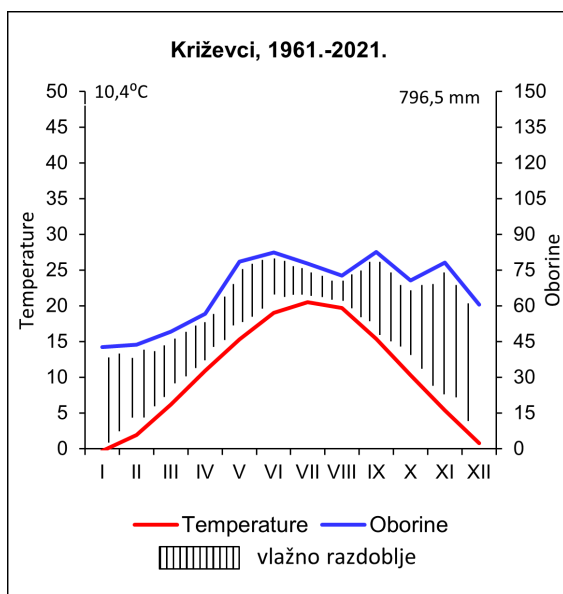
Tablica 3. Srednje mjesečne temperature zraka za Križevce po godinama istraživanja i za višegodišnje razdoblje

MJESEC	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Pros.
<b>1961.-2021.</b>	- 0,3	1,9	6,2	10,9	15,3	19,0	20,5	19,7	15,4	10,3	5,4	0,8	10,40
<b>2021.</b>	2,3	4,8	6,5	9,1	13,8	22,6	23	20,2	16,6	9,3	5,9	3,2	11,44
<b>2022.</b>	1,1	5,2	6,1	10,3	17,9	22,3	17,5	23,3	16,4	13,6	7,2	4,3	12,10
<b>2023.</b>	4,3	3,6	8,3	10,0	15,6	20,7	23,6	22,5	19,4	14,8			

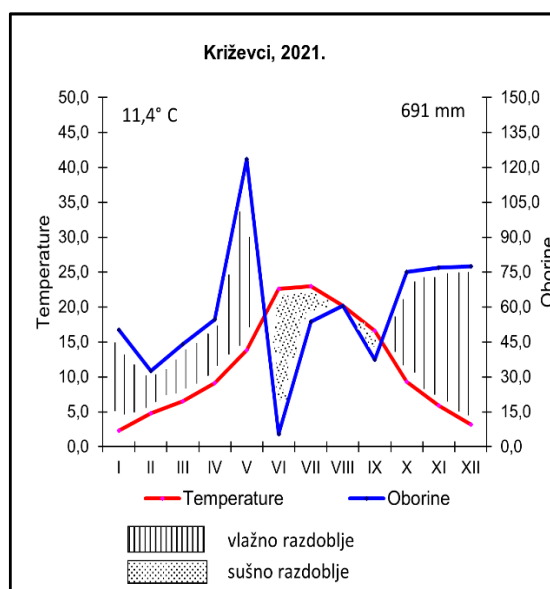
Izvor: Državi hidrometeorološki zavod



Godišnji hod oborina i temperatura zraka u razdoblju istraživanja prikazan je na klimadijagramima po Walteru koje prikazuju grafikoni 1, 2, 3 i 4.



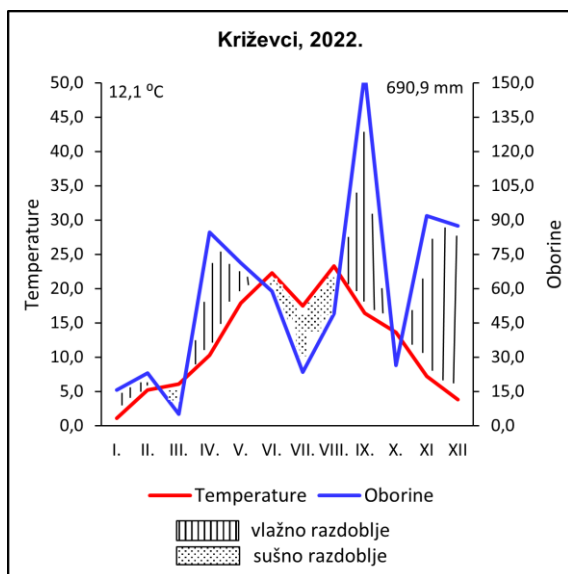
Grafikon 1.  
Klimadijagram po Walteru  
za razdoblje od 1961. do 2021. godine



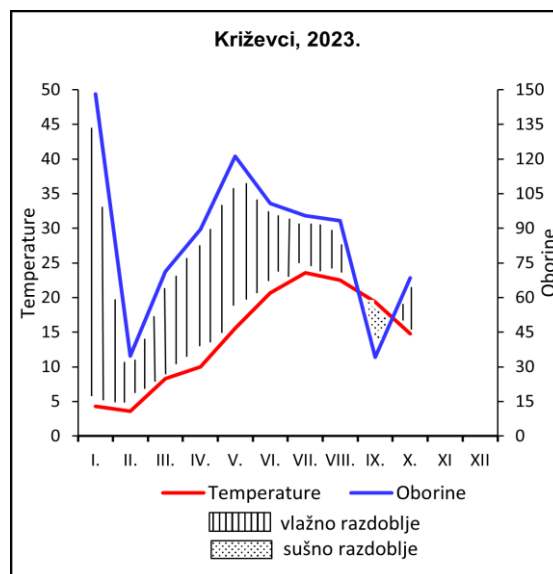
Grafikon 2.  
Klimadijagram po Walteru  
za 2021. godinu

Klimatski uvjeti tijekom vegetacije kukuruza u 2021. godini bili su nepovoljni. U lipnju je srednja mjesečna temperatura zraka bila veća nego u višegodišnjem prosjeku (1961. - 2021.) za isti mjesec, a ukupna količina oborina u lipnju, u stadiju intenzivnog porasta kukuruza, bila je svega 5,4 mm, slično je bilo i u srpnju. Na klimadijagramu po Walteru koji prikazuje grafikon 2. vidljiva je pojava klimatskih ekstrema, izrazito vlažno razdoblje u svibnju i izrazita suša u lipnju, srpnju, a nešto blaža do berbe kukuruza. Srednja godišnja temperatura zraka u 2021. godini veća je za 1°C u usporedbi s prethodnim višegodišnjim razdobljem, a ukupna godišnja količina oborina u usporedbi s navedenim razdobljem manja je za 10.





Grafikon 3.  
Klimadijagram po Walteru  
za 2022. godinu



Grafikon 4.  
Klimadijagram po Walteru  
za 2023. godinu

Nepovoljne klimatske prilike zabilježene su i u 2022. godini. U vegetacijskom razdoblju ozime pšenice 2021/2022. zabilježeno je samo 411 mm oborina, što je cca. 200 mm manje od potreba pšenice. Srednja godišnja temperatura zraka bila je za 1,7 °C veća u odnosu na uspoređivani višegodišnji prosjek, a količina oborina manja za 105,6 mm. Kako klimu nije moguće mijenjati, potrebno je prilagođavanje proizvodnje, osobito čuvanje vlage u tlu za sušno razdoblje. Vegetaciju ljulja 2022./2023. obilježilo je vrlo vlažno razdoblje s obiljem oborina. U razdoblju listopad 2022. zaključno s travnjem 2023. palo je 555,7 mm oborina, što je za 154 mm više od višegodišnjeg prosjeka. Istovremeno, srednja temperatura zraka u istom razdoblju iznosila je 7,3 °C, što je za čak za 2,3 °C više od višegodišnjeg prosjeka za isto razdoblje. Ovakvi uvjeti bili su vrlo povoljni za talijanski ljulj.

## 2.2. Rezultati analiza tekućeg i krutog digestata

Anaerobna digestija je biološki proces u kojem mikroorganizmi razgrađuju biorazgradive materijale bez prisustva kisika stvarajući dva važna proizvoda: bioplina i digestat. Kao nusproizvod je tekuća frakcija digestata, a izdvajanjem vode u separatorima dobiva se kruti digestat.

Prosječne rezultate tri određivanja sadržaja suhe tvari, organske tvari, organskog ugljika i pH vrijednosti u krutom i tekućem digestatu iz tri bioplinska postrojenja iz kojih je korišten digestat u provedbi projekta prikazuju tablice 4.



Tablica 4. Sadržaj suhe tvari, organske tvari i pH vrijednost digestata

Bioplinsko postrojenje	Mjerenje	Suha tvar, %	pH u H <sub>2</sub> O, (1:10)	Organska tvar, % u ST	Organski ugljik, % u ST
Gradec	Krti digestat				
	I	21,72	8,65	83,77	46,91
	II	18,32	8,11	86,74	48,57
	III	22,94	8,34	89,60	50,18
	Prosjeck	20,99	8,36	87,70	48,55
	Tekući digestat				
	I	4,68	8,08	67,09	35,57
	II	2,78	7,82	62,38	34,94
	III	3,97	7,94	66,65	37,22
	Prosjeck	3,81	7,95	65,37	35,91
Gregurovec	Krti digestat				
	I	19,29	8,94	81,70	45,75
	II	21,38	8,82	83,90	46,98
	III	22,43	8,75	84,31	47,22
	Prosjeck	21,03	8,83	83,30	46,65
	Tekući digestat				
	I	6,45	8,08	65,31	36,57
	II	5,44	7,82	59,12	33,11
	III	8,44	8,11	64,33	36,02
	Prosjeck	6,77	8,00	62,92	35,23
Sveti Petar Orehovec	Krti digestat				
	I	18,38	9,23	78,88	44,17
	II	19,75	8,94	88,77	49,72
	III	28,24	8,75	91,73	51,20
	Prosjeck	22,12	8,97	86,46	48,36
	Tekući digestat				
	I	7,89	8,08	62,62	35,07
	II	6,89	7,45	57,92	32,43
	III	5,92	7,98	64,33	36,02
	Prosjeck	6,90	7,83	61,62	34,50

Iz tablice 4 može se vidjeti da su se vrijednosti suhe tvari krutog digestata, promatrajući sve tri lokacije bioplinskog postrojenja i rezultate uzorkovanja, kretale od 18,32 do 28,24. Analizirajući prosječne vrijednosti za kruti digestat između lokacije postrojenja, može se vidjeti da je nije bilo većih razlika prema postrojenjima, vrijednosti su bile u rasponu od 20,99 do 22,12%. Vrijednosti za tekući digestat bile u rasponu od 2,78 do 8,44% suhe tvari. Prosječne vrijednosti bile su u rasponu od 3,81% u Gradecu do 6,90% suhe tvari u tekućem digestatu u Svetom Petru Orehovcu.

Promatrajući sve tri lokacije bioplinskog postrojenja i rezultate uzorkovanja, pH vrijednosti za kruti digestat 8,11 do 9,23, a u prosjeku postrojenja od 8,36 (Gradec) do pH 8,97 (Orehovec). U tekućem digestatu vrijednosti su bile u rasponu od pH 7,45 do 8,11. U prosjeku tri uzorkovanja u tekućeg digestata vrijednosti su bile u rasponu od 7,83 (Orehovec) do 8.0 (Gregurovec).



Prema sadržaju organske tvari u suhoj tvari (%), iz tablice se vidi kretanje vrijednosti za kruti digestat od 78,88 do 91,73% na svim postrojenjima, a prema prosjeku tri mjerenja po postrojenju od 83,3% u Gregurovcu do 91,73% u Gradecu. Kod tekućeg digestata te su se vrijednosti kretale od 57,92 do 67,09%, promatrajući sve lokacije i sva tri mjerenja po lokaciji, a u prosjeku lokacija od 61,62% u Orehovcu do 65,37% u Gradecu.

Prema sadržaju organskog ugljika u suhoj tvari (%) u krutom digestatu, variranja između rezultata svih mjerenja bila su između 44,17 i 51,20%, a prema prosječnim vrijednostima između 46,55% (Gregurovec) i 48,55% (Gradeć). U tekućem digestatu svih uzoraka varirana su bila u rasponu od 32,43 do 37,22%, a u prosjeku vrijednosti po postrojenju od 34,5% (Orehovec) do 35,91% (Gradeć).

Zaključno se može reći da nije bilo većih odstupanja kod istraživanih parametara (sadržaj suhe tvari, pH u H<sub>2</sub>O, sadržaj organske tvari i organskog ugljika u ST), ni između tri mjerenja niti u prosjeku bioplinskih postrojenja, u krutom, odnosno tekućem digestatu. Uspoređujući vrijednosti za kruti i tekući digestat, kruti digestata je, logično imao znatno više suhe tvari, nešto višu pH reakciju, iako oba alkalne reakcije, znatno veći sadržaj organske tvari u suhoj tvari, s daleko većim rasponom najnižih i najviših vrijednostima svih rezultata uzorkovanja, te većim sadržajem organskog ugljika u suhoj tvari)

Budući da digestat sadrži minerale (biljna hraniva), digestat je analiziran na sadržaj ukupnih minerala: dušika (N), fosfora (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), kalija (K<sub>2</sub>O), kalcija (Ca) magnezija (Mg) u suhoj tvari (ST) digestata. Rezultati su prikazani u tablici 5.

Tablica 5. Sadržaj minerala u suhoj tvari digestata

Bioplinsko postrojenje	Mjerenje	Ukupni N, % ST	Ukupni P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , % ST	Ukupni K <sub>2</sub> O, % ST	Ukupni Ca, % ST	Ukupni Mg, % ST
Gradeć	Kruti digestat					
	I	2,71	1,34	2,48	1,27	0,37
	II	2,54	1,10	2,35	1,18	0,28
	III	2,63	1,23	2,45	1,35	0,35
	Prosjek	2,62	1,22	2,42	1,27	0,33
	Tekući digestat					
	I	5,13	2,12	3,95	2,61	0,16
	II	5,43	2,28	6,00	2,16	0,11
	III	5,62	2,26	6,15	3,25	0,15
	Prosjek	5,39	2,27	5,37	2,67	0,14
Gregurovec	Kruti digestat					
	I	2,28	1,24	2,44	1,18	0,25
	II	2,35	1,15	2,64	2,25	0,23
	III	2,42	1,27	2,73	2,95	0,28
	Prosjek	2,35	1,22	2,60	2,13	0,25
	Tekući digestat					
	I	3,13	1,95	5,84	3,35	0,15
	II	4,82	2,36	5,92	2,74	0,17



	III	4,94	2,16	6,17	2,92	0,19
	Prosjek	4,30	2,16	5,98	3,00	0,17
Sveti Petar Orehovec	Kruti digestat					
	I	2,43	1,22	2,67	1,35	0,34
	II	2,63	0,97	2,57	2,71	0,31
	III	2,58	1,19	2,43	2,34	0,29
	Prosjek	2,55	1,13	2,56	2,13	0,31
	Tekući digestat					
	I	3,27	1,49	3,68	2,64	0,26
	II	4,17	2,15	4,73	1,14	0,24
	III	4,81	1,94	4,92	1,46	0,18
	Prosjek	4,08	1,86	4,44	1,75	0,23

Iz tablice 5 vidljivo je da nije bilo velikih odstupanja u pojedinim mjerenjima (tri uzorkovanja obje vrste digestata po jednom postrojenju). Prema prosječnim sadržajima, sadržaj dušika u krutom digestatu bio je u rasponu od 2,35 do 2,62%, fosfora od 1,13 do 1,22%, kalija od 2,42 do 2,6%, kalcija od 1,27 do 2,13% i magnezija od 0,25 do 0,33%. Ukoliko se pogledaju sadržaji hraniva prema postrojenjima, može se konstatirati da je najniži prosječni sadržaj dušika i magnezija utvrđen u Gradecu, fosfora u Gradecu i Gregurovcu, kalija u Gregurovcu i kalcija u Gregurovcu i Orehovcu. S druge strane, u Gregurovcu je zabilježen najviši sadržaj dušika i magnezija, u Orehovcu fosfora, a u Gradecu kalija i kalcija.

Prema prosječnim sadržajima minerala u tekućem digestatu, vidljivo je da je sadržaj dušika bio u rasponu od 4,08 do 5,39%, fosfora od 1,86 do 2,27%, kalija od 4,44 do 5,98%, kalcija od 1,75 do 3% i magnezija od 0,14 do 0,23%. Ukoliko se pogledaju sadržaji hraniva prema postrojenjima, može se konstatirati da je najniži prosječni sadržaj dušika, fosfora i kalija bio u Orehovcu, kalcija u Gregurovcu, a magnezija Gradecu.

Što se tiče vrijednosti biljna hraniva u tekućem digestatu, može se zaključiti da nije bilo velikih variranja unutar pojedine vrste digestata po postrojenju, jedino za sadržaj kalija u tekućem digestatu u Gradecu.

U Gradecu je utvrđen najviši sadržaj dušika i fosfora, u Gregurovcu kalija i kalcija, a u Orehovcu je bilo najviše magnezija.

Ukoliko se usporede vrijednosti za istraživana biljna hraniva između krutog i tekućeg digestata, može se vidjeti da je u krutom digestatu manji sadržaj dušika, fosfora i kalija i kalcija, a nešto viši magnezija, u odnosu na sadržaj hraniva u tekućem digestatu.

Kruta i tekuća frakcija digestata sadrži minerale neophodne za rast i razvoj usjeva. Znatno veći sadržaj dušika i ostalih minerala u suhoj tvari utvrđen je u tekućem digestatu. Međutim, tekući digestat sadrži puno vlage pa je sadržaj minerala u svježem digestatu manji.

Utvrđene količine osnovnih minerala (biljnih hraniva) u suhoj tvari digestata izračunate su na količine hraniva u svježem digestatu u kg/m<sup>3</sup>. Količine osnovnih minerala (biljnih hraniva),



dušika (N), fosfora ( $P_2O_5$ ), kalija ( $K_2O$ ), kalcija (Ca), magnezija (Mg) u  $kg/m^3$  u svježem digestatu, prikazuje tablica 6.

Tablica 6. Sadržaj dušika, fosfora i kalija u  $1m^3$  svježeg digestata

Bioplinsko postrojenje	Mjerenje	N, $kg/m^3$	$P_2O_5$ , $kg/m^3$	$K_2O$ , $kg/m^3$
Gradec	Krti digestat			
	I	4,97	2,50	4,50
	II	5,83	2,52	5,39
	III	5,11	2,39	4,76
	Prosjeck	5,30	2,47	4,88
	Tekući digestat			
	I	2,40	1,10	1,80
	II	1,51	0,61	1,67
	III	2,23	0,90	2,44
	Prosjeck	2,05	0,87	1,97
Gregurovec	Krti digestat			
	I	4,40	2,39	4,71
	II	5,02	2,46	5,64
	III	5,43	2,85	6,12
	Prosjeck	4,95	2,57	5,49
	Tekući digestat			
	I	2,02	1,30	3,80
	II	2,62	1,28	3,22
	III	4,17	1,82	5,21
	Prosjeck	2,94	1,47	4,08
Sveti Petar Orehovec	Krti digestat			
	I	4,47	2,30	4,91
	II	5,19	1,92	5,08
	III	7,29	2,36	6,86
	Prosjeck	5,62	2,19	5,62
	Tekući digestat			
	I	2,58	1,20	2,90
	II	2,87	1,48	3,26
	III	2,85	1,15	2,91
	Prosjeck	2,77	1,28	3,02

Prema prosječnim sadržajima biljnih hraniva u  $kg/m^3$  svježeg krtog digestata može se vidjeti da je sadržaj dušika bio u rasponu od 4,95 do 5,62  $kg/m^3$ , fosfora od 2,19 do 2,57  $kg/m^3$ , kalija od 4,88 do 5,62  $kg/m^3$ . Ukoliko se pogledaju sadržaji hraniva prema postrojenjima, može se konstatirati da je najniži prosječni sadržaj dušika, bio u Gregurovcu, a najveći u Orehovcu, najniži sadržaj fosfora u Orehovcu, a najveći u Gregurovcu te najniži sadržaj kalija u Gradecu, a najveći u Orehovcu.

Prema prosječnim sadržajima biljnih hraniva u  $kg/m^3$  svježeg tekućeg digestata može se vidjeti da je sadržaj dušika bio u rasponu od 2,05 do 2,94  $kg/m^3$ , fosfora od 0,87 do 1,47  $kg/m^3$  i najveće su razlike, tako i rasponi utvrđeni kod sadržaja kalija od 1,97 do 4,08  $kg/m^3$ . Iz tablice



se može vidjeti da su najniži prosječni sadržaji, i dušika i fosfora i kalija, utvrđeni u tekućem digestatu iz Gradeca, a najviše u digestatu iz Gregurovca.

Ukoliko se usporede vrijednosti za istraživana biljna hraniva između krutog i tekućeg digestata, može se vidjeti da je u svježem krutom digestatu bilo više dušika, fosfora i kalija ( $\text{kg/m}^3$ ) u odnosu na sadržaj tih hraniva u svježem tekućem digestatu.

U tablici 7 prikazani su sadržaji teških metala u krutom i tekućem digestatu, željeza (Fe), mangana (Mn), cinka (Zn) bakra (Cu), nikla (Ni), kadmija (Cd), kroma (Cr) i žive (Hg) u mg/kg suhe tvari tla.

Tablica 7. Količine teških metala u krutom i tekućem digestatu

Bioplinsko postrojenje	Mjerenje	Fe, mg/kg ST	Mn, mg/kg ST	Zn, mg/kg ST	Cu, mg/kg ST	Ni, mg/kg ST	Cd, mg/kg ST	Cr, mg/kg ST	Hg, mg/kg ST
Gradec	Krti digestat								
	I	1075	122,4	117,4	14,48	8,32	0,60	9,17	0,004
	II	2159	140,4	114,7	17,61	7,94	0,50	9,18	0,003
	III	1078	113,5	106,8	18,56	9,22	0,40	9,67	0,003
	Prosjeck	1437	125,4	113,0	16,88	8,49	0,50	9,34	0,003
	Tekući digestat								
	I	2195	303,7	302,6	72,81	14,44	0,90	14,32	0,009
	II	4390	403,7	392,0	96,16	12,81	0,86	16,11	0,005
	III	2920	290,4	315,6	68,45	15,31	0,78	19,36	0,008
	Prosjeck	3168	332,6	336,7	79,14	14,19	0,85	16,60	0,009
Gregurovec	Krti digestat								
	I	1217	173,3	105,7	17,46	9,01	0,40	7,16	0,002
	II	1120	163,0	178,5	17,84	8,44	0,50	8,92	0,004
	III	1025	154,6	180,6	21,87	8,45	0,52	9,81	0,003
	Prosjeck	1121	163,6	154,9	19,06	8,63	0,47	8,63	0,003
	Tekući digestat								
	I	2392	380,6	320,4	83,40	16,23	0,80	19,21	0,008
	II	2826	281,3	362,8	72,57	12,63	0,75	19,35	0,009
	III	2570	282,4	336,4	75,95	15,48	0,80	24,89	0,007
	Prosjeck	2596	314,8	339,9	77,31	14,78	0,78	21,15	0,007
Sv. Petar Orehovec	Krti digestat								
	I	1419	125,6	127,1	20,81	8,54	0,40	9,16	0,002
	II	1217	108,2	138,6	21,34	9,25	0,54	6,23	0,003
	III	1120	119,6	133,7	18,36	7,74	0,55	8,23	0,002
	Prosjeck	1252	117,8	133,1	20,17	8,51	0,50	7,87	0,002
	Tekući digestat								
	I	2270	366,8	296,2	78,00	15,48	0,80	24,62	0,009
	II	3848	293,3	289,7	81,38	18,62	0,76	19,40	0,008
	III	2830	284,7	301,8	89,77	15,92	0,92	19,71	0,007
	Prosjeck	2983	314,9	295,9	83,05	16,67	0,83	21,24	0,008



Iz tablice 7 može se iščitati da je sadržaj željeza bio u krutom digestatu najniži u Gregurovcu i iznosio je 1121 mg/kg suhe tvari tla, a najviši u Gradecu gdje je utvrđeno 1437 mg/kg suhe tvari tla. Željeza je u u tekućem digestatu bilo najmanje u Orehovcu (117,8 mg/kg suhe tvari tla), a najviše u Gregurovcu (163,6 mg/kg suhe tvari tla).

Što se tiče ostalih teških metala, kadmija (Cd), kroma (Cr), bakra (Cu), žive (Hg), nikla (Ni) i cinka (Zn), za njih su propisane maksimalne dozvoljene vrijednosti, a kako bi se mogle usporediti dobiveni rezultati i maksimalno propisane vrijednosti za navedene teške metale, za propisane vrijednosti korišten je Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019). Tablica 8. prikazuje maksimalno dozvoljene količine teških metala u tlu.

Tablica 8. Maksimalno dozvoljene količine teških metala u tlu

Element, mg kg <sup>-1</sup> zrakosuhog tla	pH u 1MKCL-u		
	< 5	5 – 6	> 6
Kadmij, Cd	1,0	1,5	2,0
Krom, Cr	40	80	120
Bakar, Cu	60	90	120
Živa, Hg	0,5	1	1,5
Nikal, Ni	30	50	75
Olovo, Pb	50	100	150
Cink, Zn	60	150	200

Izvor: Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019)

Prema navedenom Pravilniku sadržaj onečišćujućih tvari u organskim gnojivima i poboljšivačima tla koji se koriste uz miješanje s tlom ne smije prelaziti peterostruku količinu teških metala navedenu u tablici 8, osim Cd koji ne smije prelaziti dvostruku količinu.

Iz usporedbe vrijednosti iz tablica 7 i 8 može se vidjeti da je sadržaj teških metala u tekućem i krutom digestatu, koji je korišten kao gnojivo i poboljšivač tla, manji od maksimalno propisanih vrijednosti Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019).

## 2.3. Učinak gnojidbe na fizikalne značajke tla

### 2.3.1. Mehanički sastav tla

Mehanički sastav tla definira se kao postotni udio pojedinih kategorija čestica u nekoj masi tla. Predstavlja važan parametar koji utječe na fizikalna i kemijska svojstva tla te njegovu plodnost. Na istraživanim lokacijama, prije uvođenja varijanti istraživanja, izvršene su analize mehaničkog sastava tla. Rezultate mehaničkog sastava tla na istraživanim lokacijama prikazuje tablica 9.



Tablica 9. Mehanički sastav tla na lokacijama pokusa

Lokacija	u Na pirofosfatu				u H <sub>2</sub> O				Teksturna oznaka
	% čestica – Φ u mm				% čestica – Φ u mm				
	2 - 0,2 krupni pijesak	0,2 - 0,02 sitni pijesak	0,02 - 0,002 prah	< 0,002 glina	2 - 0,2 krupni pijesak	0,2 - 0,02 sitni pijesak	0,02 - 0,002 prah	< 0,002 glina	
Podolec	3,14	80,06	12,00	4,80	4,03	72,77	20,25	2,95	Ilovasti pijesak
Gradec	1,75	83,35	9,25	5,65	2,01	76,69	17,30	4,00	Ilovasti pijesak
Gračina	1,27	83,98	9,05	5,70	1,53	77,32	17,10	4,05	Ilovasti pijesak
Gregurovec	2,74	81,05	10,50	8,45	3,05	71,60	19,40	5,95	Ilovasti pijesak
Miholec	3,18	77,77	9,60	9,45	3,44	71,11	19,05	6,40	Ilovasti pijesak
Dropkovec	3,47	70,93	10,75	14,85	3,46	64,54	22,80	9,20	Pjeskovita ilovača

Prema rezultatima analiza mehaničkog sastava tala na kojima su provedena istraživanja (tablica 9) vidljivo je da tla prema teksturnoj oznaci pripadaju ilovastom pijesku na pet od šest lokacija. Jedino na lokaciji Dropkovec utvrđena je drugačija teksturna oznaka tla, pjeskovita ilovača.

Iz postotnog udjela čestica gline u vodi i natrijevom pirofosfatu izračunat je stupanj stabilnosti strukturnih mikroagregata (Ss). Stupanj stabilnosti strukturnih mikroagregata utvrđen u tlima po lokacijama pokusa na početku istraživanja prikazan je u tablici 10.

Tablica 10. Stabilnost strukturnih agregata po lokacijama pokusa

Lokacija	Dubina, cm	Stupanj stabilnosti mikroagregata (Ss)	Ocjena stabilnosti
Podolec	0 - 30	39,54	Malo stabilni
Gradec	0 - 30	29,20	Vrlo malo stabilni
Gračina	0 - 30	28,94	Vrlo malo stabilni
Gregurovec	0 - 30	29,58	Vrlo malo stabilni
Miholec	0 - 30	32,27	Malo stabilni
Dropkovec	0 - 30	38,04	Malo stabilni

Prema prikazanim rezultatima u tablici 10 vidljiva je vrlo mala stabilnost strukturnih mikroagregata na lokaciji Gradec, Gračina i Gregurovec, a mala na lokaciji Podolec, Miholec i Dropkovec.





### 2.3.2. Kapacitet tla za vodu

Kapacitet tla za vodu predstavlja ukupnu količinu vode koju tlo može primiti u mikroporama nakon procjeđivanja iz makropora. Zadržavanje (retencija) vode u tlu vrlo je važno za biljnu proizvodnju, osobito u sušnom razdoblju. Rezultate istraživanja retencijskog kapaciteta za vodu prikazuje tablica 11.

Tablica 11. Kapacitet tla za vodu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Kapacitet tla za vodu, vol. %					
		Početno stanje	Kukuruz		Pšenica		Otkos ljulja
			Voštana zrioba	Berba	Busanje	Nakon žetve	
Gračina	KD	42,94	39,11 <sup>a</sup>	42,22 <sup>a</sup>	43,40 <sup>a</sup>	43,73 <sup>a</sup>	43,01 <sup>a</sup>
	TD		41,28 <sup>a</sup>	42,10 <sup>a</sup>	42,46 <sup>a</sup>	41,39 <sup>b</sup>	39,79 <sup>a</sup>
	MG		41,05 <sup>a</sup>	40,79 <sup>a</sup>	41,97 <sup>a</sup>	41,73 <sup>b</sup>	43,00 <sup>a</sup>
	KO		39,95 <sup>a</sup>	39,66 <sup>b</sup>	38,29 <sup>b</sup>	40,44 <sup>b</sup>	40,62 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	41,45	40,50 <sup>a</sup>	41,45 <sup>a</sup>	43,85 <sup>a</sup>	41,45 <sup>a</sup>	42,01 <sup>a</sup>
	TD		40,35 <sup>a</sup>	39,11 <sup>b</sup>	42,98 <sup>ab</sup>	40,07 <sup>ab</sup>	40,07 <sup>ab</sup>
	MG		39,74 <sup>a</sup>	36,70 <sup>b</sup>	41,50 <sup>ab</sup>	40,22 <sup>ab</sup>	40,33 <sup>ab</sup>
	KO		40,01 <sup>a</sup>	39,71 <sup>b</sup>	40,17 <sup>b</sup>	39,42 <sup>b</sup>	39,32 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	42,23	41,45 <sup>a</sup>	41,28 <sup>a</sup>	44,47 <sup>a</sup>	41,78 <sup>a</sup>	43,51 <sup>a</sup>
	TD		40,97 <sup>a</sup>	42,20 <sup>a</sup>	44,25 <sup>a</sup>	39,33 <sup>b</sup>	43,95 <sup>a</sup>
	MG		40,00 <sup>a</sup>	42,65 <sup>a</sup>	42,36 <sup>b</sup>	41,61 <sup>a</sup>	41,97 <sup>a</sup>
	KO		38,73 <sup>a</sup>	41,61 <sup>a</sup>	40,30 <sup>b</sup>	38,56 <sup>b</sup>	41,61 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Miholec	KD	39,94	35,53 <sup>a</sup>	37,41 <sup>a</sup>	42,21 <sup>a</sup>	41,39 <sup>a</sup>	40,78 <sup>a</sup>
	TD		37,18 <sup>a</sup>	37,84 <sup>a</sup>	41,25 <sup>a</sup>	40,88 <sup>a</sup>	40,50 <sup>a</sup>
	MG		40,60 <sup>a</sup>	38,51 <sup>a</sup>	41,30 <sup>a</sup>	42,11 <sup>a</sup>	41,16 <sup>a</sup>
	KO		39,72 <sup>a</sup>	37,50 <sup>a</sup>	41,48 <sup>a</sup>	41,12 <sup>a</sup>	39,48 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	39,82	39,91 <sup>a</sup>	43,92 <sup>a</sup>	46,02 <sup>a</sup>	43,40 <sup>a</sup>	49,03 <sup>a</sup>
	TD		36,29 <sup>a</sup>	42,33 <sup>a</sup>	46,47 <sup>a</sup>	42,73 <sup>a</sup>	46,87 <sup>ab</sup>
	MG		34,97 <sup>a</sup>	42,17 <sup>a</sup>	45,05 <sup>a</sup>	42,73 <sup>a</sup>	44,52 <sup>b</sup>
	KO		36,78 <sup>a</sup>	39,96 <sup>a</sup>	44,83 <sup>a</sup>	41,84 <sup>a</sup>	45,93 <sup>ab</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	40,69	42,69 <sup>a</sup>	40,81 <sup>a</sup>	42,17 <sup>a</sup>	41,09 <sup>a</sup>	42,42 <sup>a</sup>
	TD		40,83 <sup>ab</sup>	41,09 <sup>a</sup>	40,86 <sup>a</sup>	40,97 <sup>a</sup>	40,86 <sup>a</sup>
	MG		42,40 <sup>ab</sup>	40,12 <sup>a</sup>	40,96 <sup>a</sup>	40,58 <sup>a</sup>	41,21 <sup>a</sup>
	KO		39,95 <sup>b</sup>	40,51 <sup>a</sup>	41,90 <sup>a</sup>	39,95 <sup>a</sup>	41,15 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola



Iz tablice 12 vidljivo je da je kapacitet tla za vodu na svim lokacijama osrednji, osim na lokaciji Dropkovec gdje je na završetku istraživanja, nakon dvogodišnje gnojidbe prema varijantama pokusa u vrijeme prvog otkosa ljulja na varijanti gnojidbe krutim digestatom velik. Uglavnom je na varijanti gnojidbe krutim digestatom utvrđen najveći kapacitet tla za vodu, no samo je na pojedinim lokacijama i u pojedinim terminima uzorkovanja ta razlika statistički značajna. Najmanji kapacitet tla za vodu bio je uglavnom na kontrolnoj varijanti bez gnojidbe.

### 2.3.3. Kapacitet tla za zrak

Kapacitet tla za zrak je količina zraka koja se nalazi u tlu kad je zasićeno vodom do retencijskog kapaciteta. Zrak se nalazi u makroporama tla. Kapacitet tla za zrak ovisi o teksturi, strukturi, sadržaju organske tvari, a osobito je važan antropogeni utjecaj, odnosno način korištenja i gospodarenja tlom. Kapacitet tla za zrak indikator je vodozračnih odnosa. Učinak gnojidbe na kapacitet tla za zrak prikazuje tablica 12.

Tablica 12. Kapacitet tla za zrak

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Kapacitet tla za zrak, vol. %					
		Početno stanje	Kukuruz		Pšenica		Otkos ljulja
			Voštana zrioba	Berba	Busanje	Nakon žetve	
Gračina	KD	6,81	9,09 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>	6,62 <sup>a</sup>	6,47 <sup>a</sup>	10,35 <sup>a</sup>
	TD		8,64 <sup>ab</sup>	4,81 <sup>ab</sup>	5,46 <sup>ab</sup>	5,11 <sup>b</sup>	8,97 <sup>ab</sup>
	MG		7,78 <sup>ab</sup>	4,20 <sup>b</sup>	2,68 <sup>b</sup>	3,89 <sup>b</sup>	6,47 <sup>b</sup>
	KO		6,35 <sup>b</sup>	2,70 <sup>c</sup>	4,15 <sup>ab</sup>	3,58 <sup>b</sup>	6,49 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	7,08	10,81 <sup>b</sup>	8,17 <sup>a</sup>	5,44 <sup>a</sup>	8,81 <sup>a</sup>	6,05 <sup>a</sup>
	TD		10,93 <sup>b</sup>	12,09 <sup>a</sup>	4,44 <sup>ab</sup>	7,74 <sup>a</sup>	7,04 <sup>a</sup>
	MG		16,37 <sup>a</sup>	7,84 <sup>a</sup>	3,08 <sup>b</sup>	7,88 <sup>a</sup>	5,25 <sup>a</sup>
	KO		11,22 <sup>b</sup>	6,69 <sup>a</sup>	3,62 <sup>ab</sup>	6,97 <sup>a</sup>	5,95 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	3,69	12,28 <sup>a</sup>	5,95 <sup>a</sup>	6,79 <sup>a</sup>	6,82 <sup>a</sup>	6,80 <sup>a</sup>
	TD		11,87 <sup>a</sup>	4,76 <sup>a</sup>	3,80 <sup>b</sup>	7,74 <sup>a</sup>	6,78 <sup>a</sup>
	MG		11,0 <sup>a</sup>	3,51 <sup>a</sup>	5,81 <sup>ab</sup>	5,19 <sup>b</sup>	6,38 <sup>a</sup>
	KO		14,74 <sup>a</sup>	4,36 <sup>a</sup>	4,13 <sup>b</sup>	6,84 <sup>a</sup>	4,85 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	7,68	6,45 <sup>a</sup>	7,69 <sup>a</sup>	6,42 <sup>a</sup>	6,82 <sup>a</sup>	6,86 <sup>a</sup>
	TD		4,70 <sup>a</sup>	3,18 <sup>b</sup>	5,65 <sup>ab</sup>	7,04 <sup>a</sup>	6,22 <sup>ab</sup>
	MG		4,39 <sup>a</sup>	7,11 <sup>ab</sup>	4,50 <sup>b</sup>	6,67 <sup>a</sup>	3,37 <sup>b</sup>
	KO		6,31 <sup>a</sup>	4,92 <sup>ab</sup>	4,28 <sup>b</sup>	4,59 <sup>a</sup>	6,32 <sup>ab</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	4,57	11,72 <sup>a</sup>	9,44 <sup>a</sup>	4,61 <sup>a</sup>	6,16 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>
	TD		8,93 <sup>a</sup>	8,56 <sup>a</sup>	4,31 <sup>a</sup>	4,28 <sup>b</sup>	5,95 <sup>a</sup>
	MG		11,48 <sup>a</sup>	5,23 <sup>a</sup>	3,80 <sup>a</sup>	4,55 <sup>b</sup>	2,67 <sup>b</sup>
	KO		9,45 <sup>a</sup>	5,56 <sup>a</sup>	3,96 <sup>a</sup>	4,51 <sup>b</sup>	2,59 <sup>b</sup>



* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	7,61	5,87 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>	4,37 <sup>a</sup>	4,92 <sup>a</sup>	4,13 <sup>a</sup>
	TD		4,69 <sup>a</sup>	4,55 <sup>a</sup>	3,23 <sup>a</sup>	4,73 <sup>a</sup>	4,23 <sup>a</sup>
	MG		2,77 <sup>b</sup>	6,04 <sup>a</sup>	3,03 <sup>a</sup>	3,96 <sup>a</sup>	3,78 <sup>a</sup>
	KO		3,95 <sup>ab</sup>	3,99 <sup>a</sup>	3,04 <sup>a</sup>	2,97 <sup>a</sup>	3,04 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Prema utvrđenim rezultatima u tablici 12, po lokacijama istraživanja i između varijanata gnojidbe ne postoje pravilnosti. U Gregurovcu utvrđene vrijednosti kapaciteta za zrak manje su na završetku istraživanja u usporedbi s početnim stanjem, a u Podolecu je utvrđeno povećanje na svim varijantama gnojidbe. Uglavnom su veće vrijednosti kapaciteta za zrak utvrđene na varijanti gnojidbe krutim digestatom.

#### 2.3.4. Volumna gustoća tla

Volumna gustoća tla je broj koji pokazuje koliko je neki volumen tla teži ili lakši od istog takvog volumena vode. Utvrđene vrijednosti volumne gustoće prikazuje tablica 13. Volumna gustoća indikator je zbijenosti tla. Utvrđene vrijednosti volumne gustoće po lokacijama i varijantama gnojidbe tijekom cjelokupnog istraživanja, bilježeno u šest određivanja, prikazane su u tablici 13.

Tablica 13. Volumna gustoća tla

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Volumna gustoća tla ( $q_v$ ), g/cm <sup>3</sup>					Otkos ljulja
		Početno stanje	Kukuruz		Pšenica		
			Voštana zrioba	Berba	Busanje	Nakon žetve	
Gračina	KD	1,34	1,29 <sup>a</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	1,33 <sup>ab</sup>
	TD		1,30 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,27 <sup>b</sup>
	MG		1,35 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>
	KO		1,42 <sup>a</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	1,36	1,37 <sup>a</sup>	1,36 <sup>ab</sup>	1,31 <sup>b</sup>	1,34 <sup>b</sup>	1,31 <sup>a</sup>
	TD		1,31 <sup>a</sup>	1,29 <sup>bc</sup>	1,39 <sup>ab</sup>	1,38 <sup>ab</sup>	1,37 <sup>a</sup>
	MG		1,17 <sup>b</sup>	1,43 <sup>ab</sup>	1,45 <sup>a</sup>	1,38 <sup>ab</sup>	1,36 <sup>a</sup>
	KO		1,31 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>	1,44 <sup>ab</sup>	1,42 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	1,41	1,22 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	1,36 <sup>b</sup>	1,31 <sup>a</sup>
	TD		1,25 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	1,40 <sup>ab</sup>	1,30 <sup>a</sup>
	MG		1,29 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	1,40 <sup>ab</sup>	1,32 <sup>a</sup>
	KO		1,23 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	1,38	1,52 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,34 <sup>c</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,28 <sup>b</sup>
	TD		1,52 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>



	MG		1,43 <sup>b</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>
	KO		1,41 <sup>b</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,41 <sup>ab</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	1,48	1,34 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,32 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	1,23 <sup>a</sup>
	TD		1,31 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>
	MG		1,44 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,32 <sup>a</sup>
	KO		1,47 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	1,37	1,41 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>
	TD		1,37 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>
	MG		1,43 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>
	KO		1,44 <sup>a</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Što se tiče volumne gustoće tla, kao što je vidljivo u tablici 13, teško je uočiti pravilnosti koje bi vrijedile za sve lokacije i sve termine uzorkovanja. Ipak se može primijetiti da je u većini slučajeva gustoća tla na varijantama gnojenim krutim digestatom ili tekućim digestatom manja od gustoće tla na kontroli ili kod gnojidbe mineralnim gnojivom, iako su samo na pojedinim lokacijama i pojedinim terminima uzorkovanja te razlike statistički značajne.

### 2.3.5. Ukupni porozitet

Ukupni porozitet je suma svih pora u tlu. Važno je svojstvo tla jer utječe na vodozračni i toplinski režim tla. Rezultate analiza ukupnog sadržaja pora prikazuje tablica 14.

Tablica 14. Ukupni sadržaj pora u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Početno stanje	Ukupni porozitet (P), % vol.				Otkos ljulja
			Kukuruz		Pšenica		
			Voštana zrioba	Berba	Busanje	Nakon žetve	
Gračina	KD	49,74	49,21 <sup>a</sup>	47,58 <sup>a</sup>	50,06 <sup>a</sup>	47,63 <sup>a</sup>	50,91 <sup>a</sup>
	TD		49,92 <sup>a</sup>	46,91 <sup>a</sup>	47,93 <sup>ac</sup>	45,32 <sup>a</sup>	51,99 <sup>a</sup>
	MG		48,83 <sup>a</sup>	44,99 <sup>a</sup>	46,66 <sup>bc</sup>	46,86 <sup>a</sup>	49,48 <sup>a</sup>
	KO		46,31 <sup>a</sup>	44,93 <sup>a</sup>	44,94 <sup>b</sup>	45,52 <sup>a</sup>	47,89 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	48,53	51,30 <sup>b</sup>	49,62 <sup>ab</sup>	50,30 <sup>a</sup>	49,74 <sup>a</sup>	49,92 <sup>a</sup>
	TD		51,28 <sup>b</sup>	51,20 <sup>a</sup>	48,43 <sup>ab</sup>	48,77 <sup>a</sup>	47,11 <sup>b</sup>
	MG		56,12 <sup>a</sup>	44,54 <sup>bc</sup>	45,58 <sup>bc</sup>	48,51 <sup>a</sup>	45,58 <sup>bc</sup>
	KO		51,23 <sup>b</sup>	46,40 <sup>c</sup>	44,39 <sup>c</sup>	47,13 <sup>a</sup>	44,27 <sup>c</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	46,91	53,72 <sup>a</sup>	47,23 <sup>a</sup>	51,27 <sup>a</sup>	48,61 <sup>a</sup>	50,31 <sup>a</sup>
	TD		52,84 <sup>a</sup>	49,46 <sup>a</sup>	48,05 <sup>b</sup>	47,01 <sup>a</sup>	50,76 <sup>a</sup>
	MG		46,21 <sup>a</sup>	46,16 <sup>a</sup>	48,17 <sup>b</sup>	46,80 <sup>a</sup>	48,36 <sup>a</sup>
	KO		46,47 <sup>a</sup>	45,97 <sup>a</sup>	46,68 <sup>b</sup>	45,41 <sup>a</sup>	46,47 <sup>a</sup>



* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
<b>Miholec</b>	<b>KD</b>	47,61	41,85 <sup>a</sup>	45,11 <sup>a</sup>	49,85 <sup>a</sup>	48,21 <sup>a</sup>	47,63 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>		41,88 <sup>a</sup>	41,02 <sup>a</sup>	47,67 <sup>b</sup>	47,98 <sup>a</sup>	46,72 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>		44,98 <sup>a</sup>	45,63 <sup>a</sup>	45,80 <sup>b</sup>	48,19 <sup>a</sup>	44,53 <sup>a</sup>
	<b>KO</b>		46,17 <sup>a</sup>	42,42 <sup>a</sup>	46,29 <sup>b</sup>	47,25 <sup>a</sup>	45,18 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
<b>Dropkovec</b>	<b>KD</b>	44,39	51,63 <sup>a</sup>	50,9 <sup>a</sup>	50,79 <sup>a</sup>	47,63 <sup>a</sup>	57,83 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>		45,22 <sup>b</sup>	49,49 <sup>a</sup>	50,74 <sup>a</sup>	45,32 <sup>a</sup>	52,77 <sup>ab</sup>
	<b>MG</b>		46,45 <sup>b</sup>	47,39 <sup>a</sup>	49,85 <sup>a</sup>	46,86 <sup>a</sup>	50,78 <sup>b</sup>
	<b>KO</b>		46,23 <sup>b</sup>	49,40 <sup>a</sup>	48,00 <sup>a</sup>	45,52 <sup>a</sup>	42,77 <sup>ab</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
<b>Gregurovec</b>	<b>KD</b>	44,27	47,39 <sup>a</sup>	46,71 <sup>a</sup>	46,54 <sup>a</sup>	46,01 <sup>a</sup>	46,55 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>		45,82 <sup>a</sup>	45,65 <sup>a</sup>	45,93 <sup>a</sup>	45,70 <sup>a</sup>	45,09 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>		45,18 <sup>a</sup>	46,16 <sup>a</sup>	45,99 <sup>a</sup>	44,54 <sup>ab</sup>	44,99 <sup>a</sup>
	<b>KO</b>		44,77 <sup>a</sup>	44,50 <sup>a</sup>	44,94 <sup>a</sup>	42,92 <sup>b</sup>	44,19 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Slično kao i kod drugih fizikalnih značajki tla, i kod ukupnog poroziteta (tablica 14) može se uočiti da je gotovo u pravilu najveći porozitet utvrđivan kod gnojidbe krutim digestatom, zatim kod tekućeg digestata, manji je kod mineralne gnojidbe i kontrole, no razlike su statistički značajne samo na pojedinim lokacijama i pojedinim terminima uzorkovanja.

### 2.3.6. Režim vlažnosti tla

Svako tlo je sposobno zadržati određenu količinu vode. Raspoloživost vode biljkama i kretanje ovisi o sili držanja u tlu. Istraživane vodne konstante koje reguliraju vodni režim tla određene su u laboratorijskim uvjetima pomoću tlačnog ekstraktora kod pF 0,33 bara, 6,25 bara i 15 bara. Naime, pF jedinica za definiranje vlage tla je dekadski logaritam tlaka vode u kPa (kilo Paskali) Količina vode kod pF 0,33 bara odgovara sadržaju vode kod poljskog kapaciteta (Pvk), odnosno predstavlja optimalnu količinu vode, pF 6,25 bara predstavlja snagu držanja vode i gornju granicu optimalne vode, a 15 bara točku venuća odnosno sadržaj vode kad biljke počinju venuti. Sadržaj vlage u tlu kod pF 0,33 bara, 6,25 bara i 15 bara prikazuju tablice 15-17.



Tablica 15. Sadržaj vlage u tlu kod pF 0,33 bara

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Početno stanje	Sadržaj vlage u tlu, pF 0,33 bara, % mas.				Otkos ljulja
			Kukuruz		Pšenica		
			Voštana zrioba	Berba	Busanje	Nakon žetve	
Gračina	KD	19,69	19,98 <sup>a</sup>	20,32 <sup>a</sup>	20,07 <sup>a</sup>	20,45 <sup>a</sup>	20,57 <sup>a</sup>
	TD		19,70 <sup>a</sup>	19,57 <sup>a</sup>	19,51 <sup>a</sup>	19,32 <sup>a</sup>	19,72 <sup>a</sup>
	MG		19,92 <sup>a</sup>	19,93 <sup>a</sup>	19,49 <sup>a</sup>	19,86 <sup>a</sup>	19,41 <sup>a</sup>
	KO		19,14 <sup>a</sup>	19,26 <sup>a</sup>	19,41 <sup>a</sup>	19,52 <sup>a</sup>	19,92 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	21,55	21,29 <sup>a</sup>	21,59 <sup>a</sup>	22,63 <sup>a</sup>	21,74 <sup>a</sup>	21,99 <sup>a</sup>
	TD		21,01 <sup>a</sup>	21,49 <sup>a</sup>	21,02 <sup>a</sup>	21,77 <sup>a</sup>	21,63 <sup>a</sup>
	MG		21,67 <sup>a</sup>	21,26 <sup>a</sup>	22,59 <sup>a</sup>	21,51 <sup>a</sup>	21,54 <sup>b</sup>
	KO		21,00 <sup>a</sup>	21,64 <sup>a</sup>	21,82 <sup>a</sup>	21,12 <sup>a</sup>	20,25 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	19,35	19,93 <sup>a</sup>	19,70 <sup>a</sup>	19,60 <sup>ab</sup>	20,20 <sup>a</sup>	20,20 <sup>a</sup>
	TD		19,18 <sup>a</sup>	19,51 <sup>a</sup>	19,44 <sup>a</sup>	19,64 <sup>a</sup>	19,11 <sup>a</sup>
	MG		19,92 <sup>b</sup>	19,27 <sup>a</sup>	19,61 <sup>b</sup>	19,71 <sup>a</sup>	19,45 <sup>a</sup>
	KO		19,08 <sup>a</sup>	19,27 <sup>a</sup>	19,50 <sup>a</sup>	19,52 <sup>a</sup>	19,69 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	20,14	20,40 <sup>a</sup>	20,21 <sup>a</sup>	21,88 <sup>a</sup>	22,18 <sup>a</sup>	22,98 <sup>a</sup>
	TD		20,28 <sup>a</sup>	21,21 <sup>a</sup>	20,82 <sup>a</sup>	21,66 <sup>a</sup>	20,54 <sup>a</sup>
	MG		20,33 <sup>a</sup>	21,41 <sup>a</sup>	20,87 <sup>a</sup>	20,93 <sup>a</sup>	20,34 <sup>a</sup>
	KO		21,23 <sup>a</sup>	21,20 <sup>a</sup>	21,69 <sup>a</sup>	20,31 <sup>a</sup>	20,97 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	23,87	24,35 <sup>a</sup>	25,34 <sup>a</sup>	25,38 <sup>a</sup>	25,63 <sup>a</sup>	26,54 <sup>a</sup>
	TD		24,98 <sup>a</sup>	24,06 <sup>a</sup>	23,67 <sup>a</sup>	23,32 <sup>a</sup>	23,63 <sup>a</sup>
	MG		25,66 <sup>a</sup>	25,40 <sup>a</sup>	24,82 <sup>a</sup>	24,86 <sup>a</sup>	24,02 <sup>a</sup>
	KO		24,64 <sup>a</sup>	24,40 <sup>a</sup>	23,79 <sup>a</sup>	23,52 <sup>a</sup>	24,1 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	17,81	17,22 <sup>a</sup>	17,38 <sup>a</sup>	17,73 <sup>a</sup>	17,92 <sup>a</sup>	18,04 <sup>a</sup>
	TD		16,88 <sup>a</sup>	16,08 <sup>a</sup>	16,99 <sup>a</sup>	16,12 <sup>a</sup>	17,99 <sup>a</sup>
	MG		17,85 <sup>a</sup>	17,88 <sup>a</sup>	17,80 <sup>a</sup>	17,94 <sup>a</sup>	17,80 <sup>a</sup>
	KO		16,42 <sup>a</sup>	16,51 <sup>b</sup>	17,02 <sup>a</sup>	17,38 <sup>b</sup>	17,45 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Sadržaj vlage u tlu pri pF 0,33 bara, prikazan u tablici 15, određivan neposredno prije zasnivanja pokusa, kretao se od 17,81 % mas do 23,87 % mas. Najmanje vlage utvrđeno je u Gregurovcu, a najviše u Dropkovcu. Tijekom istraživanja nisu utvrđene značajne razlike u sadržaju vlage između varijanata gnojidbe. Na svim lokacijama, na završetku istraživanja utvrđen je veći sadržaj vlage na varijanti gnojidbe krutim digestatom, ali te razlike nisu bile statistički opravdane.



Tablica 16. Sadržaj vlage u tlu kod pF 6,25 bara

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Početno stanje	Sadržaj vlage u tlu, pF 6,25 bara, %mas.				Otkos ljulja
			Kukuruz		Pšenica		
			Voštana zrioba	Berba	Busanje	Nakon žetve	
Gračina	KD	14,34	14,68 <sup>a</sup>	14,76 <sup>a</sup>	14,68 <sup>a</sup>	14,97 <sup>a</sup>	14,99 <sup>a</sup>
	TD		14,42 <sup>a</sup>	14,09 <sup>a</sup>	14,18 <sup>b</sup>	14,58 <sup>a</sup>	14,76 <sup>a</sup>
	MG		14,50 <sup>a</sup>	14,80 <sup>a</sup>	14,19 <sup>b</sup>	14,25 <sup>a</sup>	14,41 <sup>a</sup>
	KO		14,54 <sup>a</sup>	14,92 <sup>a</sup>	14,26 <sup>b</sup>	14,76 <sup>a</sup>	14,22 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	15,16	15,26 <sup>a</sup>	15,39 <sup>a</sup>	15,57 <sup>a</sup>	15,92 <sup>a</sup>	16,25 <sup>a</sup>
	TD		15,35 <sup>a</sup>	15,11 <sup>a</sup>	15,44 <sup>a</sup>	15,82 <sup>a</sup>	15,53 <sup>a</sup>
	MG		15,50 <sup>a</sup>	15,33 <sup>a</sup>	15,25 <sup>a</sup>	15,63 <sup>a</sup>	15,68 <sup>a</sup>
	KO		15,36 <sup>a</sup>	15,58 <sup>a</sup>	15,62 <sup>a</sup>	15,54 <sup>a</sup>	15,38 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	13,80	13,10 <sup>a</sup>	13,92 <sup>a</sup>	13,43 <sup>a</sup>	13,67 <sup>a</sup>	13,83 <sup>a</sup>
	TD		13,29 <sup>a</sup>	13,53 <sup>a</sup>	13,46 <sup>a</sup>	13,54 <sup>a</sup>	13,50 <sup>a</sup>
	MG		13,85 <sup>a</sup>	13,88 <sup>a</sup>	13,48 <sup>a</sup>	13,11 <sup>a</sup>	13,13 <sup>a</sup>
	KO		13,55 <sup>a</sup>	13,73 <sup>a</sup>	13,62 <sup>a</sup>	13,06 <sup>a</sup>	12,96 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	13,74	14,40 <sup>a</sup>	14,51 <sup>a</sup>	14,88 <sup>a</sup>	14,99 <sup>a</sup>	15,08 <sup>a</sup>
	TD		14,28 <sup>a</sup>	14,21 <sup>a</sup>	14,82 <sup>a</sup>	14,66 <sup>a</sup>	14,54 <sup>a</sup>
	MG		14,33 <sup>a</sup>	14,41 <sup>a</sup>	14,87 <sup>a</sup>	14,93 <sup>a</sup>	14,34 <sup>a</sup>
	KO		14,23 <sup>a</sup>	14,20 <sup>a</sup>	14,69 <sup>a</sup>	14,31 <sup>a</sup>	14,97 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	18,32	18,89 <sup>a</sup>	18,32 <sup>a</sup>	18,86 <sup>a</sup>	18,92 <sup>a</sup>	19,10 <sup>a</sup>
	TD		18,97 <sup>a</sup>	18,42 <sup>a</sup>	18,90 <sup>a</sup>	18,33 <sup>a</sup>	18,42 <sup>a</sup>
	MG		18,11 <sup>a</sup>	18,39 <sup>a</sup>	18,69 <sup>a</sup>	18,39 <sup>a</sup>	18,32 <sup>a</sup>
	KO		18,90 <sup>a</sup>	18,47 <sup>a</sup>	18,09 <sup>a</sup>	18,36 <sup>a</sup>	18,10 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	12,20	12,50 <sup>a</sup>	12,75 <sup>a</sup>	12,74 <sup>a</sup>	12,84 <sup>a</sup>	12,41 <sup>a</sup>
	TD		12,23 <sup>a</sup>	12,72 <sup>a</sup>	12,51 <sup>a</sup>	12,53 <sup>a</sup>	12,39 <sup>a</sup>
	MG		12,48 <sup>a</sup>	12,19 <sup>a</sup>	12,74 <sup>a</sup>	12,45 <sup>a</sup>	12,38 <sup>a</sup>
	KO		12,36 <sup>a</sup>	12,43 <sup>a</sup>	12,16 <sup>a</sup>	12,27 <sup>a</sup>	12,16 <sup>a</sup>

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Iz tablice 16 vidljivo je da je sadržaj vlage kod pF 6,25 bara bio sličan u odnosu na lokacije. Najmanje vlage u tlu utvrđeno je u Gregurovcu a najviše u Dropkovcu. Po završetku istraživanja u usporedbi s početnim stanjem vidljivo je da nije došlo do znatnijeg povećanja sadržaja vlage u tlu kod 6,25 bara, odnosno kog lentokapilarne točke. Tijekom istraživanja nisu utvrđene značajne razlike između varijanata gnojidbe. Slično kao i kod sadržaja vlage kod 0,33 bara, također je nešto veća vrijednost zabilježene kod varijante gnojidbe krutim digestatom.



Tablica 17. Sadržaj vlage u tlu kod pF 15 bara

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Sadržaj vlage u tlu, pF 15 bara, % mas.					
		Početno stanje	Kukuruz		Pšenica		Otkos ljulja
			Voštana zrioba	Berba	Busanje	Nakon žetve	
Gračina	KD	5,29	5,28 <sup>a</sup>	5,80 <sup>a</sup>	5,93 <sup>a</sup>	5,37 <sup>a</sup>	5,51 <sup>a</sup>
	TD		5,09 <sup>a</sup>	5,18 <sup>a</sup>	5,60 <sup>a</sup>	5,02 <sup>a</sup>	5,24 <sup>a</sup>
	MG		3,86 <sup>a</sup>	5,38 <sup>a</sup>	5,32 <sup>a</sup>	4,61 <sup>a</sup>	5,12 <sup>a</sup>
	KO		4,28 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	5,30 <sup>a</sup>	5,93 <sup>a</sup>	5,72 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	5,80	5,51 <sup>a</sup>	5,84 <sup>a</sup>	5,77 <sup>a</sup>	5,26 <sup>a</sup>	5,34 <sup>a</sup>
	TD		5,58 <sup>a</sup>	5,30 <sup>a</sup>	5,58 <sup>5</sup>	5,11 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>
	MG		5,83 <sup>a</sup>	5,18 <sup>a</sup>	5,38 <sup>a</sup>	5,23 <sup>a</sup>	5,02 <sup>a</sup>
	KO		5,63 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>	5,72 <sup>a</sup>	4,13 <sup>a</sup>	4,98 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	5,46	5,17 <sup>a</sup>	5,63 <sup>a</sup>	5,50 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>	5,96 <sup>a</sup>
	TD		5,90 <sup>a</sup>	5,23 <sup>a</sup>	5,17 <sup>a</sup>	5,29 <sup>a</sup>	5,41 <sup>a</sup>
	MG		5,25 <sup>a</sup>	5,46 <sup>a</sup>	5,48 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	5,71 <sup>a</sup>
	KO		5,36 <sup>a</sup>	5,12 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>	5,89 <sup>a</sup>	5,60 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	5,81	5,94 <sup>a</sup>	5,57 <sup>a</sup>	5,69 <sup>a</sup>	5,35 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>
	TD		5,02 <sup>a</sup>	5,29 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>	5,28 <sup>a</sup>	5,37 <sup>a</sup>
	MG		5,47 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	5,36 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>
	KO		5,55 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>	5,34 <sup>a</sup>	5,11 <sup>a</sup>	5,93 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	7,41	7,33 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,40 <sup>a</sup>	7,63 <sup>a</sup>	7,94 <sup>a</sup>
	TD		7,74 <sup>a</sup>	7,53 <sup>a</sup>	7,39 <sup>a</sup>	7,12 <sup>a</sup>	7,16 <sup>a</sup>
	MG		7,54 <sup>a</sup>	7,46 <sup>a</sup>	7,83 <sup>a</sup>	7,64 <sup>a</sup>	7,64 <sup>a</sup>
	KO		7,95 <sup>a</sup>	7,84 <sup>a</sup>	7,69 <sup>a</sup>	7,52 <sup>a</sup>	7,55 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	5,05	4,71 <sup>a</sup>	5,38 <sup>a</sup>	6,26 <sup>a</sup>	6,35 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>
	TD		4,49 <sup>a</sup>	5,31 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	6,12 <sup>a</sup>	5,88 <sup>a</sup>
	MG		4,42 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>
	KO		3,62 <sup>a</sup>	6,14 <sup>a</sup>	6,36 <sup>a</sup>	6,01 <sup>a</sup>	7,96 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Iz tablice 17 može se vidjeti da je najviše vlage u tlu pri pF 15 bara utvrđeno u Dropkovcu, 7,41 % mas, a najmanje u Gregurovcu, 5,05% mas.

Može se zaključiti, da tijekom istraživanja nisu utvrđene značajne razlike u sadržaju vlage u tlu kod 0,33 bara, 6,25 bara i 15 bara između varijanata gnojidbe. Također nije došlo do značajnog povećanja vlage na završetku istraživanja. Zanimljivo veći sadržaj vlage utvrđen je na varijanti gnojidbe krutim digestatom u usporedbi s ostalim varijantama gnojidbe na završetku istraživanja.





### 2.3.7. Mehanički otpor tla

Mehanički otpor predstavlja otpornost na prodiranje u tlo. Pokazatelj je zbijenosti tla i uvjeta u tlu za razvoj korijenovog sustava. Gaženje po oraničnim površini povećava zbijenost tla i otežava razvoj korijenovog sustava, usvajanje hraniva i infiltraciju vode što u konačnici rezultira smanjenjem prinosa. Ovisi o svojstvima tla i načinu gospodarenja odnosno korištenja tla te o sadržaju vlage u tlu. Rezultate mehaničkog otpora i trenutne vlage u polju po lokacijama i varijantama gnojidbe prikazuje tijekom istraživanja prikazuju tablice 18 i 19.

Tablica 18. Mehanički otpor i trenutna vlaga u tlu pri uzgoju kukuruza

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Mehanički otpor tla, MPa			Trenutna vlaga, u polju, % mas.		
		Početno stanje	Intenzivni porast kukuruza	Metličanje kukuruza	Početno stanje	Intenzivni porast kukuruza	Metličanje kukuruza
Podolec	KD	0,90	<6	<6	29,5	6,37 <sup>a</sup>	11,25 <sup>a</sup>
	TD		<6	<6		5,62 <sup>a</sup>	10,87 <sup>a</sup>
	MG		<6	<6		5,62 <sup>a</sup>	10,50 <sup>a</sup>
	KO		<6	<6		5,62 <sup>a</sup>	10,53 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	1,01	<6	<6	32,0	6,62 <sup>a</sup>	8,75 <sup>a</sup>
	TD		<6	<6		6,12 <sup>a</sup>	8,75 <sup>a</sup>
	MG		<6	<6		6,00 <sup>a</sup>	8,50 <sup>a</sup>
	KO		<6	<6		5,87 <sup>a</sup>	8,25 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gračina	KD	1,19	<6	<6	30,0	6,00 <sup>a</sup>	13,37 <sup>a</sup>
	TD		<6	<6		5,87 <sup>a</sup>	13,75 <sup>a</sup>
	MG		<6	<6		5,50 <sup>a</sup>	13,50 <sup>a</sup>
	KO		<6	<6		5,25 <sup>a</sup>	13,50 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	0,92	<6	<6	28,0	6,37 <sup>a</sup>	15,62 <sup>a</sup>
	TD		<6	<6		6,37 <sup>a</sup>	14,87 <sup>a</sup>
	MG		<6	<6		5,75 <sup>a</sup>	14,62 <sup>a</sup>
	KO		<6	<6		6,25 <sup>a</sup>	15,25 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	0,96	<6	<6	30,5	5,75 <sup>a</sup>	15,50 <sup>a</sup>
	TD		<6	<6		5,37 <sup>a</sup>	14,12 <sup>a</sup>
	MG		<6	<6		5,50 <sup>a</sup>	14,62 <sup>a</sup>
	KO		<6	<6		5,00 <sup>a</sup>	14,00 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	1,17	<6	<6	34,5	6,25 <sup>a</sup>	20,37 <sup>a</sup>
	TD		<6	<6		5,75 <sup>a</sup>	20,25 <sup>a</sup>
	MG		<6	<6		5,75 <sup>a</sup>	19,50 <sup>a</sup>
	KO		<6	<6		5,62 <sup>a</sup>	18,75 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola



Tablica 19. Mehanički otpor i trenutna vlaga u tlu pri uzgoju ozime pšenice i talijanskog ljlja

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Mehanički otpor tla, MPa			Trenutna vlaga, u polju, % mas.		
		Busanje pšenice	Nakon žetve pšenice	Otkos ljlja	Busanje pšenice	Nakon žetve pšenice	Otkos ljlja
Podolec	KD	1,37 <sup>a</sup>	1,98 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	33,60 <sup>a</sup>	14,66 <sup>a</sup>	33,00 <sup>a</sup>
	TD	1,51 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	30,44 <sup>a</sup>	14,38 <sup>a</sup>	33,81 <sup>a</sup>
	MG	1,48 <sup>a</sup>	2,35 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>	31,52 <sup>a</sup>	13,32 <sup>a</sup>	30,77 <sup>a</sup>
	KO	1,45 <sup>a</sup>	2,46 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>	30,60 <sup>a</sup>	12,96 <sup>a</sup>	28,94 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	1,57 <sup>b</sup>	2,64 <sup>ab</sup>	1,45 <sup>a</sup>	32,38 <sup>a</sup>	16,35 <sup>a</sup>	29,24 <sup>a</sup>
	TD	1,64 <sup>ab</sup>	2,73 <sup>a</sup>	1,63 <sup>b</sup>	30,07 <sup>a</sup>	15,42 <sup>a</sup>	31,26 <sup>a</sup>
	MG	1,82 <sup>a</sup>	2,96 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	29,66 <sup>a</sup>	14,48 <sup>a</sup>	29,25 <sup>a</sup>
	KO	1,95 <sup>a</sup>	2,56 <sup>b</sup>	1,74 <sup>a</sup>	28,07 <sup>a</sup>	15,42 <sup>a</sup>	28,11 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gračina	KD	1,56 <sup>a</sup>	1,45 <sup>b</sup>	1,43 <sup>a</sup>	29,74 <sup>a</sup>	15,56 <sup>a</sup>	32,21 <sup>a</sup>
	TD	1,67 <sup>ab</sup>	1,73 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	28,84 <sup>a</sup>	12,23 <sup>b</sup>	29,18 <sup>ab</sup>
	MG	1,73 <sup>a</sup>	1,67 <sup>ab</sup>	1,54 <sup>a</sup>	28,10 <sup>a</sup>	13,64 <sup>b</sup>	30,00 <sup>ab</sup>
	KO	1,84 <sup>a</sup>	1,82 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	27,61 <sup>a</sup>	10,64 <sup>c</sup>	27,63 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	1,28 <sup>b</sup>	1,35 <sup>b</sup>	1,42 <sup>a</sup>	28,57 <sup>a</sup>	13,01 <sup>a</sup>	30,17 <sup>a</sup>
	TD	1,35 <sup>ab</sup>	1,54 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	28,69 <sup>a</sup>	12,48 <sup>a</sup>	28,57 <sup>a</sup>
	MG	12,2 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	30,17 <sup>a</sup>	12,36 <sup>a</sup>	28,69 <sup>a</sup>
	KO	1,45 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,37 <sup>a</sup>	26,63 <sup>a</sup>	12,32 <sup>a</sup>	28,63 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	1,56 <sup>b</sup>	1,73 <sup>ab</sup>	1,32 <sup>a</sup>	32,85 <sup>a</sup>	21,35 <sup>a</sup>	29,94 <sup>a</sup>
	TD	1,83 <sup>a</sup>	1,98 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	27,75 <sup>a</sup>	17,03 <sup>a</sup>	26,40 <sup>a</sup>
	MG	1,97 <sup>a</sup>	1,37 <sup>b</sup>	1,35 <sup>a</sup>	27,75 <sup>b</sup>	15,40 <sup>a</sup>	26,75 <sup>a</sup>
	KO	1,79 <sup>ab</sup>	1,65 <sup>b</sup>	1,40 <sup>a</sup>	27,84 <sup>b</sup>	19,53 <sup>a</sup>	26,07 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	1,73 <sup>b</sup>	2,93 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>	33,49 <sup>a</sup>	23,71 <sup>a</sup>	33,06 <sup>a</sup>
	TD	1,94 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>	33,81 <sup>a</sup>	22,69 <sup>a</sup>	31,67 <sup>a</sup>
	MG	1,89 <sup>ab</sup>	1,89 <sup>b</sup>	1,66 <sup>a</sup>	32,89 <sup>a</sup>	22,87 <sup>a</sup>	32,28 <sup>a</sup>
	KO	2,04 <sup>a</sup>	1,78 <sup>b</sup>	1,72 <sup>a</sup>	32,19 <sup>a</sup>	21,73 <sup>a</sup>	31,97 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Iz tablica 18 i 19 vidljivo je da na početku istraživanja na niti jednoj lokaciji nije utvrđen otpor tla veći od 2 MPa koji se smatra gornjom granicom za nesmetan razvoj korijenovog sustava. Međutim u stadiju intenzivnog porasta kukuruza i metličanju, utvrđen je u površinskom sloju tla do 30 cm dubine vrlo nizak sadržaj vlage na svim lokacijama i varijantama gnojidbe. Statistički opravdane razlika sadržaja trenutne vlage u tim stadijima nisu utvrđene. Mehanički otpor tla bio je veći od 6MPa. U stadiju busanja pšenice na svim lokacijama mehanički otpor je bio manji od 2 MPa te nije bio ograničavajući čimbenik za razvoj korijenovog sustava. Sadržaj



vlage u tlu po lokacijama bio je u rasponu od 26,61 do 33,49%. Statistički opravdane razlike u sadržaju vlage između varijanata gnojidbe po lokacijama nisu utvrđene ali je uglavnom veći sadržaj vlage bio na varijanti gnojidbe krutim digestatom. Nakon žetve pšenice na tri lokacije je utvrđeno je mehanički otpor iznad 2MPa na tri lokacije a na pet lokacija je utvrđen veći sadržaj vlage u tlu na varijanti gnojidbe krutim digestatom. Utvrđeni otpor je i rezultat je gaženja mehanizacije prilikom žetve pšenice. U stadiju busanja talijanskog ljujla na većini lokacija utvrđen je manji mehanički otpor i veći sadržaj vlage na varijanti gnojidbe krutim digestatom ali te razlike nisu bile statistički opravdane.

## **2.4. Utjecaj gnojidbe na kemijska svojstva tla**

### **2.4.1. Reakcija tla**

Reakcija tla se mjeri i iskazuje kao pH-vrijednost koja je pokazatelj niza veoma važnih agrokemijskih (fizikalnih, kemijskih i bioloških) svojstava tla važnih za rast i razvitak bilja te visinu i kakvoću prinosa. Kemijski gledano, pH-vrijednost predstavlja negativan dekadski logaritam koncentracije slobodnih vodikovih iona u tlu (električno nabijeni atomi vodika, H<sup>+</sup>), odnosno njihovog aktiviteta. Trenutna reakcija tla, pH vrijednost u vodi, odnosi se na slobodne ione u vodi. Izmjenjiva pH vrijednost tla odnosi se na slobodne ione koji se zamjenjuju s naturalnim solima 1 MKCl s adsorpcijskog kompleksa i prelaze u otopinu tla.

Rezultate reakcije tla u vodi tijekom istraživanja prikazuje tablica 20, a rezultate pH vrijednosti u 1 MKCL-u prikazuje tablica 21.



Tablica 20. Reakcija tla u vodi

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Reakcija tla pH u H <sub>2</sub> O					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Busanje ljulja
Gračina	KD	6,62	5,60 <sup>b</sup>	5,92 <sup>b</sup>	5,88 <sup>a</sup>	5,71 <sup>ab</sup>	5,77 <sup>b</sup>
	TD		6,25 <sup>ab</sup>	6,15 <sup>ab</sup>	5,89 <sup>a</sup>	5,82 <sup>ab</sup>	5,78 <sup>b</sup>
	MG		5,39 <sup>b</sup>	5,48 <sup>b</sup>	5,84 <sup>a</sup>	5,68 <sup>b</sup>	5,74 <sup>b</sup>
	KO		6,36 <sup>a</sup>	6,33 <sup>a</sup>	6,37 <sup>a</sup>	6,25 <sup>a</sup>	6,30 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	6,02	5,58 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>	5,99 <sup>a</sup>	6,06 <sup>a</sup>	6,11 <sup>a</sup>
	TD		5,57 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	5,92 <sup>a</sup>	5,92 <sup>a</sup>	6,07 <sup>a</sup>
	MG		5,66 <sup>a</sup>	6,01 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>	5,85 <sup>a</sup>	5,97 <sup>a</sup>
	KO		5,60 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>	5,95 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	6,13	5,61 <sup>a</sup>	5,76 <sup>a</sup>	6,13 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	6,12 <sup>ab</sup>
	TD		4,80 <sup>b</sup>	4,78 <sup>b</sup>	5,25 <sup>b</sup>	5,04 <sup>b</sup>	5,78 <sup>b</sup>
	MG		5,58 <sup>a</sup>	5,69 <sup>a</sup>	6,11 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	6,04 <sup>ab</sup>
	KO		5,66 <sup>a</sup>	6,09 <sup>a</sup>	5,99 <sup>a</sup>	5,62 <sup>a</sup>	6,21 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Miholec	KD	6,84	6,69 <sup>a</sup>	6,94 <sup>a</sup>	6,96 <sup>b</sup>	6,76 <sup>b</sup>	6,63 <sup>b</sup>
	TD		6,79 <sup>a</sup>	6,95 <sup>a</sup>	7,05 <sup>b</sup>	6,86 <sup>b</sup>	6,90 <sup>ab</sup>
	MG		6,86 <sup>a</sup>	7,09 <sup>a</sup>	7,36 <sup>a</sup>	7,56 <sup>a</sup>	7,07 <sup>a</sup>
	KO		6,49 <sup>a</sup>	6,58 <sup>a</sup>	6,72 <sup>c</sup>	6,49 <sup>c</sup>	6,52 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	7,60	7,46 <sup>a</sup>	7,37 <sup>a</sup>	7,55 <sup>a</sup>	7,19 <sup>a</sup>	7,67 <sup>a</sup>
	TD		7,41 <sup>a</sup>	7,29 <sup>a</sup>	7,73 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,45 <sup>ab</sup>
	MG		7,56 <sup>a</sup>	7,52 <sup>a</sup>	7,55 <sup>a</sup>	7,38 <sup>a</sup>	7,38 <sup>ab</sup>
	KO		7,48 <sup>a</sup>	7,46 <sup>a</sup>	7,59 <sup>a</sup>	7,44 <sup>a</sup>	7,18 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	6,21	6,24 <sup>ab</sup>	6,30 <sup>a</sup>	6,53 <sup>b</sup>	6,42 <sup>a</sup>	6,31 <sup>a</sup>
	TD		6,00 <sup>b</sup>	6,33 <sup>a</sup>	6,41 <sup>b</sup>	6,20 <sup>b</sup>	6,25 <sup>a</sup>
	MG		6,02 <sup>b</sup>	5,82 <sup>b</sup>	6,38 <sup>b</sup>	6,15 <sup>b</sup>	6,17 <sup>a</sup>
	KO		6,45 <sup>a</sup>	6,48 <sup>a</sup>	6,81 <sup>a</sup>	6,49 <sup>a</sup>	6,35 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Reakcija tla u vodi prvo je utvrđena kao početno stanje na svih šest lokacija. Iz podataka u tablici 20 vidljivo je da je reakcija tla među lokacijama varirala, od najniže u Gradecu, gdje je utvrđeno 6,02, do najviše u Dropkovcu, pH 7,6. Promatrajući cjelokupno istraživanje, od početnog stanja do utvrđivanja u fazi busanja talijanskog ljulja, vidljivo je da su postojala određena variranja u reakciji tla, ali bez velike pravilnosti, a vrijednosti su se kretale od pH 4,78 do pH 7,73.

Tako u Gradecu nije došlo do značajnih razlika u vrijednosti pH između četiri varijante gnojidbe ni jednom uzorkovanju tla. U Dropkovcu nije bilo razlike sve do zadnjeg određivanja, kod košnje talijanskog ljulja gdje se gnojene varijante međusobno nisu razlikovale, ali ni na gnojidbi s MG nije bilo razlike u odnosu na KO. Na ostalim lokacijama su postojala variranja vezana za



vrijeme utvrđivanja i varijantu gnojidbe. Uglavnom se može uočiti da je na kontrolnim varijantama na svim lokacijama bilježen visoki ili jednak pH u odnosu na pojedine ili sve gnojene varijante.

Općenito se može reći za sve četiri varijante da ni jedna nije dovela do povećanja reakcije tla ili je došlo do blagog povećanja ili, rjeđe, snižavanja.

Tablica 21. Reakcije tla u 1 M KCl

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Reakcija tla, pH u 1 M KCl					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Busanje ljulja
Gračina	KD	4,86	4,48 <sup>a</sup>	4,62 <sup>a</sup>	4,40 <sup>a</sup>	4,48 <sup>a</sup>	4,40 <sup>b</sup>
	TD		4,99 <sup>a</sup>	4,94 <sup>a</sup>	4,51 <sup>a</sup>	4,63 <sup>a</sup>	4,39 <sup>b</sup>
	MG		4,32 <sup>a</sup>	4,28 <sup>a</sup>	4,35 <sup>a</sup>	4,43 <sup>a</sup>	4,33 <sup>b</sup>
	KO		5,00 <sup>a</sup>	5,08 <sup>a</sup>	4,98 <sup>a</sup>	4,84 <sup>a</sup>	5,16 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	4,58	4,47 <sup>ab</sup>	4,57 <sup>a</sup>	4,61 <sup>a</sup>	4,71 <sup>a</sup>	4,67 <sup>ab</sup>
	TD		4,53 <sup>ab</sup>	4,60 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>	4,62 <sup>a</sup>	4,65 <sup>ab</sup>
	MG		4,62 <sup>a</sup>	4,71 <sup>a</sup>	4,37 <sup>a</sup>	4,53 <sup>a</sup>	4,47 <sup>b</sup>
	KO		4,35 <sup>ab</sup>	4,51 <sup>a</sup>	4,47 <sup>a</sup>	4,49 <sup>a</sup>	4,54 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	4,99	4,78 <sup>a</sup>	4,60 <sup>a</sup>	4,85 <sup>a</sup>	4,72 <sup>a</sup>	4,89 <sup>a</sup>
	TD		3,98 <sup>b</sup>	3,77 <sup>b</sup>	4,07 <sup>a</sup>	3,95 <sup>b</sup>	4,40 <sup>a</sup>
	MG		4,64 <sup>a</sup>	4,62 <sup>a</sup>	4,87 <sup>a</sup>	4,75 <sup>a</sup>	4,79 <sup>a</sup>
	KO		4,49 <sup>ab</sup>	4,53 <sup>a</sup>	4,45 <sup>a</sup>	4,29 <sup>ab</sup>	4,72 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Miholec	KD	5,52	5,56 <sup>a</sup>	5,80 <sup>ab</sup>	5,57 <sup>b</sup>	5,50 <sup>b</sup>	5,51 <sup>a</sup>
	TD		5,77 <sup>a</sup>	5,88 <sup>a</sup>	5,69 <sup>b</sup>	5,63 <sup>b</sup>	5,52 <sup>a</sup>
	MG		5,89 <sup>a</sup>	6,16 <sup>a</sup>	6,44 <sup>a</sup>	6,14 <sup>a</sup>	5,84 <sup>a</sup>
	KO		5,23 <sup>a</sup>	5,33 <sup>b</sup>	5,37 <sup>b</sup>	5,24 <sup>c</sup>	5,36 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	6,89	6,77 <sup>a</sup>	6,56 <sup>a</sup>	6,55 <sup>b</sup>	6,16 <sup>a</sup>	6,80 <sup>a</sup>
	TD		6,60 <sup>a</sup>	6,55 <sup>a</sup>	6,95 <sup>a</sup>	6,70 <sup>a</sup>	6,44 <sup>ab</sup>
	MG		6,84 <sup>a</sup>	6,72 <sup>a</sup>	6,75 <sup>ab</sup>	6,46 <sup>a</sup>	6,38 <sup>ab</sup>
	KO		6,70 <sup>a</sup>	6,56 <sup>a</sup>	6,79 <sup>ab</sup>	6,54 <sup>a</sup>	6,15 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	4,88	5,05 <sup>a</sup>	5,11 <sup>a</sup>	5,26 <sup>a</sup>	5,17 <sup>a</sup>	5,06 <sup>a</sup>
	TD		4,94 <sup>a</sup>	5,24 <sup>a</sup>	5,02 <sup>a</sup>	4,98 <sup>ab</sup>	4,95 <sup>a</sup>
	MG		5,00 <sup>a</sup>	4,52 <sup>b</sup>	4,88 <sup>b</sup>	4,72 <sup>a</sup>	4,78 <sup>a</sup>
	KO		5,23 <sup>a</sup>	5,12 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>	5,26 <sup>a</sup>	5,01 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Prema podacima iz tablice 21 vidljivo je da se reakcija tla utvrđivana prije uvođenja varijanti gnojidbe (početno stanje) kretala od najniže 4,58 u Gradecu do najviše od 6,89 u Dropkovcu. Interpretirajući podatke za reakciju tla u 1 MKCL-u prema Thun-u, može se vidjeti da tla na lokaciji Gračina, Gradec, Podolec i Gregurovec spadaju u tla kisele reakcije, u Miholcu slabo kisele reakcije, a u Dropkovcu je tlo s neutralnom pH vrijednosti tla.



Promatrajući cjelokupno istraživanje, od početnog stanja do utvrđivanja pH reakcije tla u fazi busanja talijanskog ljujla, vidljivo je da su postojala variranja u reakciji tla, ali bez velike pravilnosti, a vrijednosti su se kretale od 3,77 do pH 6,95. Odnosi u vrijednostima za reakciju tla u 1 MKCl-u između varijanti gnojidbe na tri lokacije bile su isti, odnosno nije utvrđena značajna razlika na lokacijama Podolec, Miholec i Gregurovec. U Gračini i Gradecu je najveća vrijednost utvrđena na kontrolnoj varijanti (u Gradecu nije bilo signifikantno opravdane razlike usporedbi s varijantom krutog ni tekućeg digestata), a u Dropkovcu je najveća vrijednost zabilježena pri upotrebi krutog digestata, ali ne značajno različita od tekućeg digestata i mineralnog gnojiva, a najmanja na kontrolnoj varijanti. Uglavnom, bez obzira na varijantu gnojidbe, posljednje utvrđivanje je pokazalo da je u odnosu na početno stanje uglavnom utvrđivano da je reakcija tla ostajala pri vrijednostima početnog stanja.

#### 2.4.2. Električna vodljivost tla

Električna vodljivost tla recipročna je vrijednost otpora po jedinici duljine. Na temelju podataka električne vodljivosti tla može se izračunati ukupna količina vodotopljivih soli. Veće vrijednosti električne vodljivosti podrazumijevaju povećanu koncentraciju soli, odnosno kationa i/ili aniona u otopini tla. Neka tla sadrže veće količine topljivih soli (slana tla) ione klora i natrija koji nepovoljno utječu na rast i razvoj biljaka i strukturu tla. Međutim, prekomjerna gnojidba organskim i mineralnim gnojivima može povećati sadržaj vodotopljivih soli. Rezultate električne vodljivost tla prikazuje tablica 22.

Tablica 22. Električna vodljivost tla (EC)

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Električna vodljivost, EC $\mu$ S					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljujla
Gračina	KD	30,3	151,18 <sup>a</sup>	62,25 <sup>b</sup>	58,80 <sup>b</sup>	88,92 <sup>ab</sup>	40,82 <sup>a</sup>
	TD		105,43 <sup>b</sup>	103,45 <sup>a</sup>	86,32 <sup>a</sup>	121,48 <sup>a</sup>	41,25 <sup>a</sup>
	MG		198,43 <sup>a</sup>	99,87 <sup>a</sup>	65,50 <sup>b</sup>	82,32 <sup>ab</sup>	31,45 <sup>a</sup>
	KO		88,17 <sup>b</sup>	65,60 <sup>b</sup>	46,17 <sup>b</sup>	77,85 <sup>b</sup>	42,70 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	28,6	120,60 <sup>ab</sup>	74,35 <sup>b</sup>	72,15 <sup>a</sup>	53,40 <sup>a</sup>	40,90 <sup>ab</sup>
	TD		166,70 <sup>a</sup>	107,70 <sup>a</sup>	68,35 <sup>a</sup>	60,95 <sup>a</sup>	46,20 <sup>a</sup>
	MG		164,13 <sup>a</sup>	74,20 <sup>b</sup>	67,17 <sup>a</sup>	58,30 <sup>a</sup>	34,07 <sup>b</sup>
	KO		83,20 <sup>b</sup>	56,60 <sup>c</sup>	45,77 <sup>b</sup>	55,87 <sup>a</sup>	35,10 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	39,5	280,58 <sup>a</sup>	128,32 <sup>b</sup>	26,59 <sup>a</sup>	122,18 <sup>a</sup>	49,30 <sup>a</sup>
	TD		251,47 <sup>a</sup>	200,30 <sup>a</sup>	26,95 <sup>a</sup>	113,00 <sup>ab</sup>	39,20 <sup>a</sup>
	MG		180,48 <sup>ab</sup>	127,20 <sup>b</sup>	27,09 <sup>a</sup>	94,62 <sup>b</sup>	48,05 <sup>a</sup>
	KO		104,53 <sup>b</sup>	51,65 <sup>c</sup>	32,71 <sup>a</sup>	69,55 <sup>c</sup>	39,27 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Miholec	KD	40,00	98,35 <sup>bc</sup>	100,45 <sup>b</sup>	84,37 <sup>b</sup>	78,87 <sup>a</sup>	79,50 <sup>a</sup>
	TD		142,36 <sup>ab</sup>	95,02 <sup>b</sup>	91,97 <sup>b</sup>	92,17 <sup>a</sup>	76,12 <sup>a</sup>
	MG		120,10 <sup>ab</sup>	122,43 <sup>a</sup>	150,75 <sup>a</sup>	162,00 <sup>a</sup>	74,15 <sup>a</sup>



	<b>KO</b>		68,50 <sup>c</sup>	78,42 <sup>c</sup>	86,70 <sup>b</sup>	78,72 <sup>b</sup>	75,25 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
<b>Dropkovec</b>	<b>KD</b>	128,2	260,50 <sup>a</sup>	183,13 <sup>ab</sup>	169,28 <sup>b</sup>	137,72 <sup>b</sup>	190,47 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>		177,93 <sup>b</sup>	195,13 <sup>ab</sup>	200,25 <sup>a</sup>	196,05 <sup>a</sup>	149,10 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>		249,00 <sup>a</sup>	203,55 <sup>a</sup>	203,30 <sup>a</sup>	163,57 <sup>ab</sup>	150,55 <sup>a</sup>
	<b>KO</b>		202,70 <sup>a</sup>	162,65 <sup>b</sup>	197,45 <sup>ab</sup>	146,07 <sup>ab</sup>	135,35 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
<b>Gregurovec</b>	<b>KD</b>	43,5	99,37 <sup>b</sup>	109,90 <sup>ab</sup>	96,70 <sup>a</sup>	54,36 <sup>a</sup>	35,65 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>		157,65 <sup>a</sup>	143,93 <sup>a</sup>	88,32 <sup>ab</sup>	68,74 <sup>a</sup>	45,72 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>		158,15 <sup>a</sup>	125,65 <sup>a</sup>	71,30 <sup>b</sup>	56,30 <sup>a</sup>	36,75 <sup>a</sup>
	<b>KO</b>		98,07 <sup>b</sup>	84,50 <sup>b</sup>	81,52 <sup>ab</sup>	62,41 <sup>a</sup>	43,13 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Kao što je prikazano u tablici 22, rezultati nultog stanja vodljivosti tla bili su u rasponu od 28,6 (Gradec) do 43,5 EC  $\mu$ S (Gregurovec), osim u tlu u Dropkovcu gdje je vodljivost iznosila 128,2 EC  $\mu$ S. Vrijednosti za električnu vodljivost kretale su se od 31,45 do 260,5 EC  $\mu$ S.

Uspoređujući vrijednosti za vodljivost između početnog stanja, preko mjerenja tijekom istraživanja i posljednjeg mjerenja u istraživanju (košnja ljulja), može se primijetiti da je ona redovito izrazito veća do samog zadnjeg istraživanja kada se znatno smanjuje i na većini lokacija približava početnim vrijednostima, osim u Dropkovcu gdje su veća variranja i gdje je pri zadnjem utvrđivanju veća nego li je pri početnom utvrđivanju. Tijekom utvrđivanja ne mogu se ustanoviti pravilnosti između četiri varijante istraživanja, tek više u posljednjem mjerenju gdje na većini lokacija nema značajnih razlika u vrijednostima vodljivosti među varijantama istraživanja. Međutim, ipak se može reći da je uglavnom najniža vodljivost bila na kontrolnim varijantama na većini lokacija i vremenu utvrđivanja, dok su se gnojene varijante izmjenjivale u visini vrijednosti, ovisno o lokaciji i vremenu utvrđivanja.

### 2.4.3. Humus u tlu

Humus je izvor biljnih hraniva i energije za mikroorganizme tla. Rezerva je hraniva vezanih u organskom obliku koja nakon mineralizacije postaju biljci pristupačna. Povećanje i održivost plodnosti tla u uskoj je vezi sa sadržajem i prometom organske tvari u tlu. Osim što sadrži hraniva i potiče mikrobiološku aktivnost, zadržava biljkama pristupačnu vodu, utječe na stabilnost strukturnih agregata, vodozračni režim i zagrijavanje tla. Udio humusa u tlu tijekom istraživanja, po lokacijama i varijantama obrade tla prikazuje tablica 23.



Tablica 23. Udio humusa u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Humus, %					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Busanje ljulja
Gračina	KD	2,46	2,42 <sup>a</sup>	2,43 <sup>a</sup>	2,56 <sup>a</sup>	2,56 <sup>a</sup>	2,61 <sup>a</sup>
	TD		2,24 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>	2,50 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>	2,35 <sup>a</sup>
	MG		2,26 <sup>a</sup>	2,39 <sup>a</sup>	2,40 <sup>a</sup>	2,30 <sup>a</sup>	2,31 <sup>a</sup>
	KO		2,35 <sup>a</sup>	2,33 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>	2,32 <sup>a</sup>	2,32 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	2,25	2,21 <sup>a</sup>	2,37 <sup>a</sup>	2,38 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>	2,62 <sup>a</sup>
	TD		2,09 <sup>a</sup>	2,23 <sup>ab</sup>	2,34 <sup>ab</sup>	2,32 <sup>ab</sup>	2,49 <sup>a</sup>
	MG		1,97 <sup>a</sup>	2,14 <sup>ab</sup>	2,21 <sup>b</sup>	1,98 <sup>b</sup>	2,24 <sup>b</sup>
	KO		2,08 <sup>a</sup>	2,00 <sup>b</sup>	2,10 <sup>ab</sup>	2,15 <sup>ab</sup>	2,09 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	2,12	2,40 <sup>a</sup>	2,38 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>	2,38 <sup>a</sup>
	TD		2,34 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>	2,28 <sup>a</sup>	2,20 <sup>ab</sup>	2,26 <sup>ab</sup>
	MG		2,27 <sup>a</sup>	2,08 <sup>a</sup>	2,27 <sup>a</sup>	2,10 <sup>ab</sup>	2,29 <sup>ab</sup>
	KO		1,68 <sup>b</sup>	1,74 <sup>b</sup>	2,05 <sup>b</sup>	2,06 <sup>b</sup>	2,09 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Miholec	KD	2,33	2,42 <sup>a</sup>	2,46 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>
	TD		2,24 <sup>a</sup>	2,11 <sup>b</sup>	2,25 <sup>a</sup>	2,33 <sup>a</sup>	2,25 <sup>b</sup>
	MG		2,35 <sup>a</sup>	2,17 <sup>b</sup>	2,26 <sup>a</sup>	2,35 <sup>a</sup>	2,26 <sup>b</sup>
	KO		2,26 <sup>a</sup>	2,22 <sup>b</sup>	2,16 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	2,21 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	3,52	3,36 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>	3,98 <sup>a</sup>	3,96 <sup>a</sup>	3,87 <sup>a</sup>
	TD		3,51 <sup>a</sup>	3,46 <sup>a</sup>	3,45 <sup>a</sup>	3,50 <sup>ab</sup>	3,48 <sup>a</sup>
	MG		3,46 <sup>a</sup>	3,31 <sup>a</sup>	3,34 <sup>a</sup>	3,48 <sup>ab</sup>	3,19 <sup>b</sup>
	KO		3,59 <sup>a</sup>	3,42 <sup>a</sup>	3,26 <sup>a</sup>	3,16 <sup>b</sup>	3,13 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	2,61	2,93 <sup>a</sup>	2,61 <sup>a</sup>	3,04 <sup>a</sup>	2,73 <sup>a</sup>	2,86 <sup>a</sup>
	TD		2,84 <sup>a</sup>	2,71 <sup>a</sup>	2,45 <sup>b</sup>	2,41 <sup>b</sup>	2,46 <sup>b</sup>
	MG		2,13 <sup>b</sup>	2,14 <sup>b</sup>	2,52 <sup>b</sup>	2,50 <sup>b</sup>	2,49 <sup>b</sup>
	KO		2,06 <sup>b</sup>	2,14 <sup>b</sup>	2,30 <sup>b</sup>	2,32 <sup>b</sup>	2,28 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Iz tablice 23 vidljivo je da se raspon vrijednosti kreće od 2,12 (Podolec) do 3,52% humusa (Dropkovec). Pokusna tla, prema ocjeni tala prema sadržaju humusa, pripadaju slabo humoznim tlima, osim u Dropkovcu gdje se tlo klasificira kao dosta humozno tlo. Tijekom istraživanja dolazilo je do variranja u sadržaju humusa, prema lokaciji i varijantama gnojidbe, no može se istaknuti generalni zaključak da je na kontroli gotovo redovito bilježen najniži sadržaj humusa, u većini slučajeva bez značajnih razlika u odnosu na pojedine ili sve ostale varijante gnojidbe. Nadalje se može uvidjeti da je sadržaj humusa uglavnom bio najveći na varijanti s krutim digestatom, također s nepostojanjem značajnih razlika u odnosu na pojedine ili sve ostale varijante gnojidbe, osim u Miholcu i Gregurovcu gdje su utvrđene opravdane razlike između najviših vrijednosti sadržaja humusa u odnosu na ostale varijante. Promatrajući





usporedbu varijante gnojidbe s mineralnim gnojem i varijanti s upotrebom digestata, može se zaključiti da je sadržaj humusa na varijanti s mineralnom gnojidbom najčešće niži ili ne postoje značajne razlike u odnosu na varijante gnojene digestatom.

#### 2.4.4. Biljkama pristupačan fosfor

Fosfor je važan biogeni element. U tlu se nalazi u organskom i anorganskom obliku. Slabo je pokretan, a njegova pristupačnost ovisi o reakciji tla. Nakon gnojidbe fosfor ( $P_2O_5$ ) vrlo često prelazi u teško pristupačne oblike za biljku. U karbonatnim tlima veže se s kalcijevim ionima, a u kiselim s željezom i aluminijem. Dinamiku biljkama pristupačnog fosfora (mg/100 g tla) pri uzgoju tri kulture u plodoredu prikazuje tablica 24.

Tablica 24. Sadržaj fosfora u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	$P_2O_5$ , mg/100 g tla					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Busanje ljulja
Gračina	KD	11,48	13,96 <sup>a</sup>	12,23 <sup>a</sup>	11,37 <sup>a</sup>	10,83 <sup>a</sup>	12,54 <sup>a</sup>
	TD		9,40 <sup>a</sup>	8,78 <sup>b</sup>	13,57 <sup>a</sup>	9,07 <sup>a</sup>	11,55 <sup>a</sup>
	MG		11,05 <sup>a</sup>	8,84 <sup>b</sup>	11,54 <sup>a</sup>	11,19 <sup>a</sup>	10,36 <sup>a</sup>
	KO		9,30 <sup>a</sup>	6,11 <sup>b</sup>	8,85 <sup>b</sup>	7,32 <sup>a</sup>	8,46 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	13,26	8,23 <sup>a</sup>	6,84 <sup>b</sup>	12,93 <sup>a</sup>	17,39 <sup>a</sup>	13,40 <sup>a</sup>
	TD		10,10 <sup>a</sup>	5,93 <sup>b</sup>	11,57 <sup>a</sup>	12,40 <sup>a</sup>	16,39 <sup>a</sup>
	MG		10,56 <sup>a</sup>	10,19 <sup>a</sup>	10,98 <sup>a</sup>	12,38 <sup>a</sup>	10,60 <sup>b</sup>
	KO		8,01 <sup>a</sup>	6,39 <sup>b</sup>	8,66 <sup>a</sup>	6,82 <sup>b</sup>	6,57 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	9,59	6,83 <sup>bc</sup>	8,15 <sup>a</sup>	11,00 <sup>a</sup>	11,90 <sup>a</sup>	12,93 <sup>a</sup>
	TD		7,67 <sup>b</sup>	7,89 <sup>a</sup>	12,46 <sup>a</sup>	9,75 <sup>a</sup>	12,34 <sup>a</sup>
	MG		9,77 <sup>a</sup>	7,95 <sup>a</sup>	12,96 <sup>a</sup>	12,83 <sup>a</sup>	10,90 <sup>a</sup>
	KO		5,06 <sup>c</sup>	4,51 <sup>b</sup>	6,95 <sup>b</sup>	5,09 <sup>b</sup>	5,11 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Miholec	KD	12,59	15,84 <sup>a</sup>	19,61 <sup>a</sup>	15,67 <sup>a</sup>	14,54 <sup>ab</sup>	13,80 <sup>a</sup>
	TD		14,11 <sup>a</sup>	17,26 <sup>a</sup>	11,39 <sup>bc</sup>	12,59 <sup>bc</sup>	11,99 <sup>a</sup>
	MG		17,60 <sup>a</sup>	15,17 <sup>ab</sup>	14,99 <sup>ab</sup>	16,14 <sup>a</sup>	13,28 <sup>a</sup>
	KO		11,32 <sup>a</sup>	10,28 <sup>b</sup>	8,09 <sup>c</sup>	6,45 <sup>c</sup>	8,51 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	3,25	4,87 <sup>a</sup>	4,91 <sup>a</sup>	5,20 <sup>ab</sup>	1,63 <sup>a</sup>	3,89 <sup>a</sup>
	TD		4,36 <sup>a</sup>	4,94 <sup>a</sup>	10,07 <sup>a</sup>	4,54 <sup>a</sup>	1,57 <sup>b</sup>
	MG		5,09 <sup>a</sup>	3,96 <sup>a</sup>	4,41 <sup>b</sup>	4,12 <sup>a</sup>	2,66 <sup>ab</sup>
	KO		4,46 <sup>a</sup>	2,71 <sup>b</sup>	3,31 <sup>b</sup>	2,06 <sup>a</sup>	2,02 <sup>ab</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	21,08	15,96 <sup>b</sup>	16,97 <sup>a</sup>	16,01 <sup>a</sup>	16,92 <sup>a</sup>	15,47 <sup>a</sup>
	TD		23,15 <sup>a</sup>	18,11 <sup>a</sup>	20,84 <sup>a</sup>	17,34 <sup>a</sup>	16,25 <sup>a</sup>
	MG		12,31 <sup>b</sup>	11,09 <sup>b</sup>	19,63 <sup>ab</sup>	19,21 <sup>b</sup>	18,31 <sup>a</sup>
	KO		12,01 <sup>b</sup>	10,71 <sup>b</sup>	7,49 <sup>b</sup>	7,18 <sup>c</sup>	6,99 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola



Kao što se može vidjeti u tablici 24, početno stanje sadržaja fosfora u pokusnim tlima pokazuje prilično različite opskrbljenosti ovim hranivom (Klasifikacija tala prema opskrbljenosti tla fosforom i kalijem - AL - metoda) U Dropkovcu je utvrđena vrlo slaba opskrbljenost, u Podolcu slaba, u Gračini, Miholcu i Gradecu umjerena, a u Gregurovcu dobra opskrbljenost.

Promatrajući variranja sadržaja  $P_2O_5$  u pet mjerenja tijekom istraživanja mogu se utvrditi izrazito veliki rasponi, od 1,57 do 20,84 mg/100 g tla. Bez obzira na lokaciju, može se primijetiti da je u svim mjerenjima najniži sadržaj utvrđivan na kontrolnoj varijanti, ili se nije razlikovao od pojedinih ili svih varijanti. Što se tiče varijanti s gnojidbom, sadržaj je varirao ovisno o lokaciji.

Gračina: nije bilo razlike između gnojenih površina između sadržaja  $P_2O_5$  u tlu u 1. 3. 4. i 5. određivanju. Samo je u određivanju u berbi kukuruza na KD bilo značajno više  $P_2O_5$  od ostale dvije gnojidbe.

Gradec: nije bilo razlike između gnojenih površina između sadržaja  $P_2O_5$  u tlu u 1. 3. i 4. određivanju. Samo je u određivanju u berbi kukuruza na površini s MG bilo značajno više  $P_2O_5$  od ostale dvije gnojidbe te u busanju ljulja gdje je više bilo  $P_2O_5$  na površinama s KD ili TG.

Podolec: nije bilo razlike između gnojenih površina između sadržaja  $P_2O_5$  u tlu u 2. 3., 4. i 5. određivanju. Samo je u određivanju u vremenu voštane zriobe kukuruza na MG površini bilo značajno više  $P_2O_5$  od ostale dvije gnojidbe.

Miholec: nije bilo razlike između gnojenih površina između sadržaja  $P_2O_5$  u tlu u 1., 2. i 5. određivanju. Na KD površini bilo je više  $P_2O_5$  naspram na TG, ali ne i naspram MG. U fazi određivanja nakon žetve pšenice, na MG površini bilo je više  $P_2O_5$  u odnosu na TG, ali ne i na KD površine.

Dropkovec: nije bilo razlike između gnojenih površina između sadržaja  $P_2O_5$  u tlu u 1., 2. i 4. određivanju. U fazi busanja pšenice TG površini utvrđeno je više  $P_2O_5$  u usporedbi s MG, ali ne i u usporedbi s KG površinom.

Gregurovec: među varijantama gnojidbe nije bilo razlike samo 3. i 5. određivanju. U ostalim određivanjima uglavnom je bilo više  $P_2O_5$  u tlu na površinama KD i TD u odnosu na površine s MG.

Zaključiti se može da je, na većini lokacija, gnojidbom s KD i TD bilježen veći sadržaj  $P_2O_5$  u tlu u odnosu na gnojidbu na MG površini. Međutim, ovi rezultati su varirali ovisno o lokaciji i vremenu mjerenja, što ukazuje na to da lokalni uvjeti i određeno vrijeme uzimanja uzoraka mogu značajno utjecati na učinkovitost gnojidbe u pogledu vrijednosti za sadržaj  $P_2O_5$  u tlu.

#### **2.4.5. Biljkama pristupačan kalij**

Kalij pripada skupini makroelemenata što podrazumijeva da ga biljke trebaju u većim količinama. U tlu se nalazi se u mineralima dok sadržaj u organskoj tvari nema značaja za ishranu bilja. Na tlima težeg mehaničkog sastava, s većim sadržajem gline, ima više kalija ali se on može fiksirati u međulamelarne prostore glinenih minerala, osobito u sušnim uvjetima i



postati nedostupan biljci. Na pristupačnost kalija biljkama utječe sadržaj vlage u tlu, tip minerala gline i pH vrijednost. Sadržaj biljkama pristupačnog kalija (mg K<sub>2</sub>O/100 g tla) u tlu na lokacijama istraživanja i varijantama gnojidbe prikazuje tablica 25.

Tablica 25. Sadržaj biljkama pristupačnog kalija

Lokacija	Varijanta gnojidbe	K <sub>2</sub> O, mg/100 g tla					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Busanje ljulja
Gračina	KD	15,76	15,22 <sup>a</sup>	15,00 <sup>a</sup>	15,00 <sup>a</sup>	11,14 <sup>a</sup>	16,50 <sup>a</sup>
	TD		18,76 <sup>a</sup>	12,08 <sup>a</sup>	17,99 <sup>a</sup>	15,15 <sup>a</sup>	16,12 <sup>a</sup>
	MG		12,59 <sup>a</sup>	10,13 <sup>a</sup>	14,85 <sup>a</sup>	12,51 <sup>a</sup>	11,92 <sup>ab</sup>
	KO		14,85 <sup>a</sup>	11,63 <sup>a</sup>	7,08 <sup>b</sup>	6,93 <sup>b</sup>	8,61 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	13,04	11,18 <sup>b</sup>	8,11 <sup>b</sup>	19,35 <sup>a</sup>	17,02 <sup>a</sup>	15,60 <sup>ab</sup>
	TD		15,22 <sup>a</sup>	9,45 <sup>b</sup>	16,34 <sup>b</sup>	15,67 <sup>b</sup>	17,76 <sup>a</sup>
	MG		16,94 <sup>a</sup>	12,30 <sup>a</sup>	15,37 <sup>b</sup>	13,72 <sup>a</sup>	14,77 <sup>ab</sup>
	KO		10,06 <sup>b</sup>	7,36 <sup>b</sup>	6,10 <sup>c</sup>	5,57 <sup>b</sup>	12,96 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	11,21	16,35 <sup>a</sup>	17,47 <sup>a</sup>	13,12 <sup>a</sup>	16,05 <sup>a</sup>	14,39 <sup>a</sup>
	TD		15,22 <sup>ab</sup>	16,57 <sup>a</sup>	14,92 <sup>a</sup>	18,90 <sup>a</sup>	12,51 <sup>a</sup>
	MG		12,30 <sup>b</sup>	13,70 <sup>a</sup>	13,14 <sup>a</sup>	15,75 <sup>a</sup>	13,02 <sup>a</sup>
	KO		8,78 <sup>c</sup>	7,56 <sup>b</sup>	8,86 <sup>a</sup>	5,92 <sup>a</sup>	7,31 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	14,55	15,45 <sup>a</sup>	18,96 <sup>a</sup>	17,16 <sup>a</sup>	15,61 <sup>a</sup>	15,37 <sup>a</sup>
	TD		16,27 <sup>a</sup>	17,99 <sup>a</sup>	16,13 <sup>a</sup>	16,51 <sup>a</sup>	16,50 <sup>a</sup>
	MG		14,92 <sup>a</sup>	16,04 <sup>a</sup>	19,50 <sup>a</sup>	19,42 <sup>a</sup>	17,70 <sup>a</sup>
	KO		14,20 <sup>a</sup>	12,08 <sup>b</sup>	11,70 <sup>b</sup>	10,32 <sup>b</sup>	11,77 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	26,45	18,75 <sup>bc</sup>	22,71 <sup>a</sup>	21,53 <sup>a</sup>	17,56 <sup>b</sup>	17,70 <sup>ab</sup>
	TD		16,35 <sup>c</sup>	22,39 <sup>a</sup>	21,06 <sup>a</sup>	22,91 <sup>a</sup>	16,05 <sup>b</sup>
	MG		19,88 <sup>ab</sup>	23,41 <sup>a</sup>	23,10 <sup>a</sup>	21,47 <sup>ab</sup>	20,18 <sup>a</sup>
	KO		22,13 <sup>a</sup>	20,09 <sup>a</sup>	19,61 <sup>b</sup>	16,51 <sup>b</sup>	16,20 <sup>ab</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	19,39	20,48 <sup>a</sup>	21,15 <sup>a</sup>	22,91 <sup>a</sup>	20,35 <sup>a</sup>	21,43 <sup>a</sup>
	TD		19,58 <sup>a</sup>	15,07 <sup>b</sup>	23,58 <sup>a</sup>	23,60 <sup>a</sup>	22,50 <sup>a</sup>
	MG		16,13 <sup>b</sup>	15,75 <sup>b</sup>	15,97 <sup>b</sup>	14,27 <sup>b</sup>	22,87 <sup>a</sup>
	KO		14,55 <sup>b</sup>	13,87 <sup>b</sup>	13,20 <sup>b</sup>	12,97 <sup>b</sup>	11,96 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Početno stanje sadržaja kalija u tlima, što se može vidjeti u tablici 25, kretao se od 11,21 (Podolec) do 26,45 (Dropkovec). Klasifikacija tala prema opskrbljenosti tla fosforom i kalijem (AL - metoda) dijeli tla od vrlo slabo opskrbljeno do vrlo bogato opskrbljenih tala s kalijem, iz čega se zaključuje da su sve pokusne površine u kategoriji umjerene opskrbljenosti kalijem, osim u Dropkovcu gdje je za početno stanje utvrđeno da je tlo dobro opskrbljeno kalijem. Promatrajući variranja sadržaja kalija u pet mjerenja tijekom istraživanja (od 5,57 do 23,58 mg/100 g tla), vidljivo je da je na svim lokacijama i na svim varijantama s gnojidbe, osim u



Dropkovecu, utvrđivano povećanje sadržaja kalija u tlu. Gotovo redovito najniži sadržaj bio na kontrolnoj varijanti, u svim mjerenjima i konačno u zadnjem mjerenju, u vrijeme otkosa talijanskog ljujla, i smanjivao se od početnog stanja do zadnjeg mjerenja. Također se može uočiti da među varijantama na kojima je obavljena gnojidba, bez obzira na vrstu gnojiva, najčešće je postojalo pravilo da nema značajnih razlika u sadržaju kalija u tlu.

## 2.4.6. Dušik u tlu

Dušik je uz fosfor i kalij jedan od tri glavna biogena elementa. U tlu nalazi se u organskom obliku odnosno u obliku u kojem ga biljka ne može usvajati. Prema procjenama mogućnost mineralizacije je vrlo mala, od 1-3 % godišnje. Zbog male količine u tlu i velikih potreba u ishrani bilja neophodna ga je primijeniti gnojidbom.

### 2.4.6.1. Ukupni dušik u tlu

Udio ukupnog dušika (N %) po lokacijama istraživanja i varijantama gnojidbe prikazuje tablica 26.

Tablica 26. Udio ukupnog dušika u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Ukupni dušik, N %				
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve ozime pšenice
Gračina	KD	0,08	0,20 <sup>a</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	TD		0,10 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a,b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	MG		0,21 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	KO		0,12 <sup>a</sup>	0,04 <sup>c</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,10 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gradec	KD	0,05	0,09 <sup>b</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>
	TD		0,09 <sup>b</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,13 <sup>b</sup>
	MG		0,17 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,15 <sup>b</sup>
	KO		0,15 <sup>a</sup>	0,07 <sup>c</sup>	0,09 <sup>c</sup>	0,10 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Podolec	KD	0,11	0,15 <sup>ab</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>
	TD		0,17 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>
	MG		0,17 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>
	KO		0,13 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Miholec	KD	0,12	0,11 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	TD		0,13 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	MG		0,14 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	KO		0,15 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Dropkovec	KD	0,09	0,32 <sup>a</sup>	0,22 <sup>ab</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>
	TD		0,28 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,17 <sup>b</sup>



	<b>MG</b>		0,22 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>
	<b>KO</b>		0,23 <sup>a</sup>	0,21 <sup>ab</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,17 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
<b>Gregurovec</b>	<b>KD</b>	0,09	0,22 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>		0,23 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,13 <sup>b</sup>
	<b>MG</b>		0,17 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>
	<b>KO</b>		0,13 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,10 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Promatrajući tablicu 26 može se učiti da su vrijednosti za sadržaj ukupnog dušika, utvrđivan prije uvođenja gnojidbe u pokus bile u rasponu od 0,05 (Gradec) do 0,12 (Miholec). Prema kategorizaciji opskrbljenosti tla ukupnim dušikom (Woltmann), istraživana tla su bila u kategoriji slabe opskrbljenosti (Gradec), umjerene opskrbljenosti (Gračina, Dropkovec i Gregurovec) i dobre opskrbljenosti (Podolec, Miholec). Mjerenja sadržaja obavljena su u četiri navrata i rezultati uglavnom pokazuje da je pri mjerenjima kada je na površini bio kukuruz (mjerenje voštanoj zriobi ili u berbi), sadržaj ukupnog dušika bio višestruko veći u odnosu na količine utvrđene prije primjene gnojiva. Donekle čak i na negnojenoj varijanti. U kasnijem određivanju (u busanju pšenice i nakon žetve pšenice) u određenoj mjeri je došlo do smanjivanja sadržaja dušika na svim lokacijama i varijantama pokusa, ali to su bile uglavnom još uvijek znatno više vrijednosti nego li su početne vrijednosti.

Kontrolne varijante gotovo su redovito pokazivale najniže sadržaje dušika u svim mjerenjima, rjeđe te vrijednosti nisu bile značajno različite od jedne od gnojjenih varijanti. S druge strane, može se uočiti da je na površinama gdje je korišten kruti digestat redovito bilo najviše ukupnog dušika, dok su vrijednosti ovog hraniva bile uglavnom podjednake na ostale dvije gnojene varijante (TD, MG).

#### 2.4.6.2. Amonijski i nitratni oblik dušika

Amonijski ion nastaje u procesu amonifikacije gdje mikroorganizmi razgrađuju molekule bjelančevina do aminokiselina te do amonijaka. Procesu amonifikacije pogoduje manji omjer dušika (N) i ugljika (C) te optimalna reakcija tla. U kiselim tlima proces je sporiji, veći dio dušika se veže s kiselinama i onemogućena je njegova oksidacija do nitrata. Nitratni oblik dušika nastaje u procesu nitrifikacije koji obavljaju mikroorganizmi odnosno bakterije. Amonijačni i nitratni oblik dušika biljkama je pristupačan. Utvrđene količine amonijskog i nitratnog dušika u tlu po lokacijama i varijantama obrade prikazuju tablice 27 i 28.



Tablica 27. Sadržaj amonijskog dušika tijekom vegetacije kukuruza, pšenice i talijanskog ljulja

Lokacija	Varijanta gnojidbe	NH <sub>4</sub> -N, mg/kg							
		Početno stanje	Intenz. porast kukur.	Voštana zrioba kukur.	Berba kukur.	Busanje pšenice	Vlatanje pšenice	Žetva pšenice	Otkos ljulja
Dropkovec	KD	11,8	15,50 <sup>a</sup>	25,10 <sup>a</sup>	12,30 <sup>a</sup>	19,57 <sup>a</sup>	25,85 <sup>ab</sup>	22,50 <sup>a</sup>	20,90 <sup>a</sup>
	TD		13,45 <sup>a</sup>	19,37 <sup>a</sup>	13,57 <sup>a</sup>	20,22 <sup>a</sup>	28,62 <sup>a</sup>	14,55 <sup>b</sup>	17,32 <sup>a</sup>
	MG		12,40 <sup>a</sup>	27,22 <sup>a</sup>	13,17 <sup>a</sup>	21,10 <sup>a</sup>	29,50 <sup>a</sup>	14,37 <sup>b</sup>	18,96 <sup>a</sup>
	KO		12,45 <sup>a</sup>	26,50 <sup>a</sup>	12,12 <sup>a</sup>	13,90 <sup>b</sup>	16,02 <sup>b</sup>	12,27 <sup>b</sup>	20,50 <sup>a</sup>
Miholec	KD	12,7	11,70 <sup>a</sup>	15,17 <sup>ab</sup>	13,55 <sup>a</sup>	21,25 <sup>ab</sup>	21,25 <sup>ab</sup>	15,42 <sup>a</sup>	12,9 <sup>b</sup>
	TD		11,92 <sup>a</sup>	20,20 <sup>a</sup>	13,25 <sup>a</sup>	19,77 <sup>b</sup>	19,77 <sup>b</sup>	14,80 <sup>a</sup>	14,4 <sup>b</sup>
	MG		14,90 <sup>a</sup>	16,32 <sup>ab</sup>	17,10 <sup>a</sup>	22,27 <sup>a</sup>	22,27 <sup>a</sup>	11,47 <sup>b</sup>	17,1 <sup>a</sup>
	KO		13,15 <sup>a</sup>	13,57 <sup>b</sup>	14,37 <sup>a</sup>	12,17 <sup>c</sup>	12,17 <sup>c</sup>	12,42 <sup>b</sup>	16,7 <sup>ab</sup>
Gregurovec	KD	14,6	12,65 <sup>a</sup>	20,85 <sup>ab</sup>	13,47 <sup>b</sup>	27,12 <sup>b</sup>	33,27 <sup>a</sup>	14,0 <sup>ab</sup>	13,23 <sup>b</sup>
	TD		12,62 <sup>a</sup>	26,32 <sup>a</sup>	12,47 <sup>b</sup>	26,15 <sup>b</sup>	30,95 <sup>a</sup>	11,97 <sup>b</sup>	15,37 <sup>a</sup>
	MG		13,30 <sup>a</sup>	19,22 <sup>b</sup>	19,90 <sup>a</sup>	31,02 <sup>a</sup>	28,37 <sup>b</sup>	15,40 <sup>a</sup>	15,13 <sup>a</sup>
	KO		13,67 <sup>a</sup>	16,07 <sup>b</sup>	18,80 <sup>a</sup>	21,42 <sup>c</sup>	4,75 <sup>c</sup>	12,30 <sup>ab</sup>	10,25 <sup>b</sup>
Gračina	KD	12,5	11,90 <sup>a</sup>	14,87 <sup>a</sup>	23,45 <sup>ab</sup>	27,32 <sup>a</sup>	17,30 <sup>a</sup>	11,67 <sup>a</sup>	19,42 <sup>a</sup>
	TD		12,75 <sup>a</sup>	15,57 <sup>a</sup>	21,65 <sup>b</sup>	28,15 <sup>a</sup>	19,15 <sup>a</sup>	11,21 <sup>a</sup>	17,65 <sup>ab</sup>
	MG		12,00 <sup>a</sup>	16,72 <sup>a</sup>	25,12 <sup>a</sup>	28,85 <sup>a</sup>	20,20 <sup>a</sup>	8,80 <sup>a</sup>	18,82 <sup>a</sup>
	KO		12,40 <sup>a</sup>	14,90 <sup>a</sup>	21,62 <sup>b</sup>	27,62 <sup>a</sup>	16,00 <sup>a</sup>	10,85 <sup>a</sup>	15,42 <sup>b</sup>
Gradec	KD	14,1	30,45 <sup>a</sup>	16,57 <sup>a</sup>	22,32 <sup>a</sup>	28,52 <sup>a</sup>	19,52 <sup>ab</sup>	11,21 <sup>a</sup>	24,67 <sup>a</sup>
	TD		20,37 <sup>b</sup>	19,55 <sup>a</sup>	21,80 <sup>a</sup>	27,60 <sup>a</sup>	17,70 <sup>b</sup>	8,80 <sup>a</sup>	24,35 <sup>a</sup>
	MG		16,45 <sup>b</sup>	17,42 <sup>a</sup>	22,15 <sup>a</sup>	21,70 <sup>b</sup>	21,37 <sup>a</sup>	24,62 <sup>a</sup>	16,27 <sup>b</sup>
	KO		18,97 <sup>b</sup>	15,97 <sup>a</sup>	20,85 <sup>a</sup>	17,70 <sup>c</sup>	13,92 <sup>b</sup>	11,67 <sup>a</sup>	19,00 <sup>b</sup>
Podolec	KD	13,6	26,60 <sup>a</sup>	25,95 <sup>a</sup>	27,45 <sup>a</sup>	19,57 <sup>a</sup>	21,50 <sup>a</sup>	14,17 <sup>a</sup>	24,57 <sup>b</sup>
	TD		20,20 <sup>a</sup>	18,45 <sup>ab</sup>	25,50 <sup>a</sup>	20,22 <sup>a</sup>	22,42 <sup>a</sup>	15,05 <sup>a</sup>	22,90 <sup>ab</sup>
	MG		20,75 <sup>a</sup>	24,27 <sup>ab</sup>	23,10 <sup>ab</sup>	21,10 <sup>a</sup>	20,62 <sup>a</sup>	15,75 <sup>a</sup>	22,45 <sup>b</sup>

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Iz tablice 27 može se očitati da je početno stanje amonijskog dušika, utvrđivano prije gnojidbe kukuruza, bilo u rasponu od 11,8 (Dropkovec) do 14,6 mg/kg tla (Gregurovec). U odnosu na početno stanje, primjenom gnojiva, tako i dušika, dolazilo je do povećanja ili čak znatnog povećanja sadržaja ovog oblika dušika u Dropkovcu, Gradecu i Podolcu. Pri utvrđivanju u fazi intenzivnog porasta kukuruza, može se primijetiti vrlo veliki sadržaj, veći i od početnog stanja i prvog utvrđivanja, u Dropkovcu, Gregurovcu, i Podolcu. Zatim je u Dropkovcu, Miholcu i Gregurovcu došlo do pada vrijednosti amonijskog dušika u tlu, dok je na ostale tri lokacije u istoj fazi utvrđivanja bio najveći sadržaj uspoređujući sva četiri uzorkovanja.

Promatrano prema razlikama među varijantama gnojidbe, može se uočiti da su najveće vrijednosti bilježene u gotovo svim mjerenjima unutar jedne lokacije na varijanti gdje je primjenjivan kruti digestat, nešto rjeđe na varijanti gdje je korišten tekući digestat, a slično kao i za tekući digestat bilo je na varijanti gnojnom mineralnim gnojem. Što se tiče kontrolne varijante, u najvećoj mjeri nije bilo razlike u sadržaju dušika između ove varijante i gnojnih varijanti ili su one postojale, ali u usporedbi samo s nekom od varijanti gnojidbe na kontrolnoj varijanti su bilježeni manji sadržaji amonijskog dušika.



Tablica 28. Sadržaj nitratnog dušika tijekom vegetacije kukuruza, pšenice i talijanskog ljulja

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Početno stanje	NO <sub>3</sub> -N, mg/kg						
			Intenz. porast kukur.	Voštana zrioba kukur.	Berba kukur.	Busanje pšenice	Vlatanje pšenice	Žetva pšenice	Otkos ljulja
Dropkovec	KD	12,0	18,90 <sup>b</sup>	55,97 <sup>b</sup>	18,00 <sup>b</sup>	6,90 <sup>a</sup>	10,70 <sup>ab</sup>	16,57 <sup>ab</sup>	7,40 <sup>b</sup>
	TD		30,60 <sup>a</sup>	46,12 <sup>ab</sup>	45,70 <sup>a</sup>	2,47 <sup>b</sup>	10,20 <sup>ab</sup>	26,77 <sup>a</sup>	7,97 <sup>b</sup>
	MG		20,82 <sup>b</sup>	66,55 <sup>a</sup>	39,40 <sup>ab</sup>	3,80 <sup>ab</sup>	13,65 <sup>a</sup>	12,17 <sup>ab</sup>	9,27 <sup>a</sup>
	KO		22,12 <sup>ab</sup>	34,82 <sup>c</sup>	23,70 <sup>ab</sup>	1,57 <sup>b</sup>	7,50 <sup>b</sup>	6,97 <sup>b</sup>	7,17 <sup>b</sup>
* vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju									
Miholec	KD	3,60	10,12 <sup>c</sup>	29,97 <sup>b</sup>	15,50 <sup>b</sup>	12,82 <sup>b</sup>	19,00 <sup>b</sup>	3,72 <sup>b</sup>	6,42 <sup>a</sup>
	TD		27,00 <sup>a</sup>	44,65 <sup>a</sup>	20,20 <sup>b</sup>	12,25 <sup>b</sup>	17,17 <sup>bc</sup>	10,97 <sup>a</sup>	5,37 <sup>a</sup>
	MG		20,77 <sup>b</sup>	26,80 <sup>b</sup>	30,12 <sup>a</sup>	21,60 <sup>a</sup>	27,77 <sup>a</sup>	12,82 <sup>a</sup>	5,57 <sup>a</sup>
	KO		5,15 <sup>c</sup>	18,82 <sup>b</sup>	16,35 <sup>b</sup>	4,52 <sup>c</sup>	15,17 <sup>c</sup>	12,52 <sup>a</sup>	5,02 <sup>a</sup>
* vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju									
Gregurovec	KD	11,7	24,45 <sup>a</sup>	30,00 <sup>ab</sup>	49,05 <sup>a</sup>	6,55 <sup>b</sup>	20,75 <sup>b</sup>	8,30 <sup>b</sup>	5,34 <sup>a</sup>
	TD		14,72 <sup>ab</sup>	39,75 <sup>a</sup>	53,22 <sup>a</sup>	10,75 <sup>a</sup>	24,87 <sup>b</sup>	12,52 <sup>a</sup>	4,46 <sup>a</sup>
	MG		25,00 <sup>a</sup>	42,95 <sup>a</sup>	53,67 <sup>a</sup>	6,55 <sup>b</sup>	30,27 <sup>a</sup>	10,00 <sup>ab</sup>	3,47 <sup>b</sup>
	KO		10,02 <sup>b</sup>	24,52 <sup>b</sup>	25,07 <sup>a</sup>	3,15 <sup>c</sup>	10,12 <sup>c</sup>	7,10 <sup>b</sup>	3,29 <sup>b</sup>
* vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju									
Gračina	KD	3,70	23,12 <sup>b</sup>	36,02 <sup>c</sup>	29,57 <sup>a</sup>	11,95 <sup>b</sup>	26,45 <sup>ab</sup>	6,92 <sup>a</sup>	4,82 <sup>bc</sup>
	TD		39,00 <sup>a</sup>	75,72 <sup>a</sup>	38,05 <sup>a</sup>	24,02 <sup>a</sup>	33,82 <sup>a</sup>	5,95 <sup>a</sup>	9,35 <sup>a</sup>
	MG		33,75 <sup>a</sup>	62,67 <sup>b</sup>	8,80 <sup>b</sup>	10,85 <sup>b</sup>	26,90 <sup>ab</sup>	7,60 <sup>a</sup>	2,90 <sup>c</sup>
	KO		14,25 <sup>b</sup>	21,25 <sup>d</sup>	8,30 <sup>b</sup>	3,55 <sup>c</sup>	17,25 <sup>b</sup>	5,45 <sup>a</sup>	5,22 <sup>b</sup>
* vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju									
Gradec	KD	4,90	35,70 <sup>a</sup>	39,80 <sup>ab</sup>	21,82 <sup>b</sup>	14,20 <sup>bc</sup>	12,25 <sup>a</sup>	5,95 <sup>a</sup>	3,77 <sup>b</sup>
	TD		43,77 <sup>a</sup>	53,45 <sup>a</sup>	45,17 <sup>a</sup>	15,90 <sup>b</sup>	8,97 <sup>ab</sup>	7,60 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>
	MG		14,07 <sup>b</sup>	41,70 <sup>ab</sup>	17,65 <sup>b</sup>	10,85 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	7,02 <sup>a</sup>	5,07 <sup>ab</sup>
	KO		36,00 <sup>a</sup>	36,70 <sup>b</sup>	13,62 <sup>b</sup>	11,52 <sup>c</sup>	3,47 <sup>c</sup>	6,92 <sup>a</sup>	2,15 <sup>c</sup>
* vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju									
Podolec	KD	11,3	42,52 <sup>a</sup>	98,75 <sup>a</sup>	71,25 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	40,70 <sup>a</sup>	3,10 <sup>b</sup>
	TD		33,57 <sup>b</sup>	72,85 <sup>b</sup>	60,40 <sup>a</sup>	2,77 <sup>ab</sup>	2,77 <sup>b</sup>	43,95 <sup>a</sup>	3,30 <sup>b</sup>
	MG		40,62 <sup>a</sup>	77,32 <sup>b</sup>	59,55 <sup>a</sup>	3,10 <sup>a</sup>	3,10 <sup>a</sup>	25,52 <sup>b</sup>	4,65 <sup>a</sup>
	KO		22,90 <sup>c</sup>	27,90 <sup>c</sup>	17,20 <sup>b</sup>	2,27 <sup>b</sup>	2,27 <sup>b</sup>	31,87 <sup>a</sup>	4,42 <sup>ab</sup>
* vrijednosti u stupcima označene različitim slovima značajno se razlikuju									

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Iz tablice 28 može se pratiti kretanje sadržaja nitratnog dušika od početno utvrđenog stanja do zaključno zadnjeg određivanja pri košnji prvog (jedinog) otkosa talijanskog ljulja. Vidljivo je da su na lokacijama Miholec, Gračina i Gradec utvrđene niže količine nitratnog dušika (od 3,6 do 4,9 mg/kg tla), za razliku od Podolca, Gregurovca i Dropkovca gdje su one bile znatnije većih vrijednosti (od 11,3 do 12 mg/kg tla). Promatrajući cjelokupno istraživanje prema lokacijama i varijantama gnojidbe, vidljiv je veliki raspon vrijednosti za sadržaj nitratnog dušika, od 2,15 do 75,72 mg/kg tla. Tijekom vegetacijskih sezona tri istraživane biljne vrste, već od prvog utvrđivanja u usjevu kukuruza bilježene su izrazito veće količine u usporedbi s vrijednostima početnog stanja, i to gotovo na svim lokacijama i varijantama istraživanja, bile su velike sve do zadnjeg određivanja na površinama pod talijanskim ljuljem, s određenim variranjima. Jedino u Podolcu nije iskazan takav trend u sadržaju nitratnog dušika. Ukoliko se uspoređuju varijante istraživanja unutar jedne lokacije, posebice prema prosjeku određene



varijante u sedam utvrđivanja tijekom uzgoja tri biljne vrste, može se s gotovom sigurnošću reći da su najniže vrijednosti utvrđivane na kontrolnoj varijanti, veće na varijanti gnojenoj krutim digestatom, a najveće na površinama gnojenim tekućim digestatom ili mineralnim gnojivom.

### 2.4.7. Kalcij u tlu

Kalcij je biogeni makroelement. Glavni izvori kalcija u tlu su minerali, dolomit, kalcit i gips. Kalcijem su bogata karbonatna tla a nedostatak se javlja na kiselim. Njegova uloga je nezamjenjiva u održavanju reakcije tla čime se poboljšava pristupačnost drugih biogenih elemenata. Ima važnu ulogu u održavanju strukture jer s humusnim tvarima omogućuje vezivanje čestica u strukturne mikroagregate. Sadržaj kalcija u tlu po lokacijama istraživanja i varijantama gnojidbe prikazuje tablica 29.

Tablica 29. Sadržaja kalcija u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Kalcij (Ca), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljulja
Gračina	KD	3950	4047,5 <sup>b</sup>	2007,5 <sup>b</sup>	2340 <sup>b</sup>	1930 <sup>b</sup>	1561 <sup>b</sup>
	TD		4957,5 <sup>ab</sup>	2970,0 <sup>a</sup>	2360 <sup>a</sup>	1470 <sup>b</sup>	1557 <sup>a</sup>
	MG		4430,0 <sup>b</sup>	1782,5 <sup>b</sup>	2684 <sup>b</sup>	1155 <sup>a</sup>	724 <sup>b</sup>
	KO		4217,5 <sup>a</sup>	3732,5 <sup>a</sup>	2253 <sup>c</sup>	2090 <sup>c</sup>	681 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	4070	4320,0 <sup>b</sup>	2085,0 <sup>a</sup>	1458 <sup>a</sup>	1955 <sup>b</sup>	1050 <sup>ab</sup>
	TD		4840,0 <sup>a</sup>	2560,0 <sup>a</sup>	1567 <sup>a</sup>	2230 <sup>a</sup>	1147 <sup>ab</sup>
	MG		4322,5 <sup>b</sup>	2332,5 <sup>a</sup>	1378 <sup>a</sup>	2555 <sup>a</sup>	967 <sup>b</sup>
	KO		4267,5 <sup>b</sup>	2302,5 <sup>a</sup>	1568 <sup>a</sup>	1640 <sup>c</sup>	1177 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	3310	4115,0 <sup>a</sup>	3087,5 <sup>a</sup>	2163 <sup>a</sup>	1725 <sup>b</sup>	1430 <sup>b</sup>
	TD		3867,5 <sup>a</sup>	1377,5 <sup>b</sup>	1988 <sup>a</sup>	1155 <sup>c</sup>	1140 <sup>c</sup>
	MG		4172,5 <sup>a</sup>	3472,5 <sup>a</sup>	1276 <sup>b</sup>	2525 <sup>a</sup>	1707 <sup>a</sup>
	KO		4115,0 <sup>a</sup>	1760,0 <sup>b</sup>	1119 <sup>b</sup>	1545 <sup>c</sup>	876 <sup>d</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	4150	4767,5 <sup>b</sup>	4092,5 <sup>b</sup>	2680 <sup>b</sup>	2720 <sup>a</sup>	2208 <sup>b</sup>
	TD		4735,0 <sup>b</sup>	5222,5 <sup>b</sup>	2720 <sup>b</sup>	1795 <sup>b</sup>	2198 <sup>b</sup>
	MG		6477,5 <sup>a</sup>	7120,0 <sup>a</sup>	7368 <sup>a</sup>	2450 <sup>a</sup>	3196 <sup>a</sup>
	KO		4675,0 <sup>b</sup>	3430,0 <sup>c</sup>	2507 <sup>c</sup>	2170 <sup>c</sup>	1947 <sup>c</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	9420	12025 <sup>a</sup>	11328 <sup>a</sup>	8263 <sup>a</sup>	6165 <sup>a</sup>	8462 <sup>a</sup>
	TD		11258 <sup>a</sup>	9942 <sup>ab</sup>	6700 <sup>ab</sup>	6122 <sup>a</sup>	8468 <sup>a</sup>
	MG		11445 <sup>a</sup>	11190 <sup>a</sup>	8876 <sup>a</sup>	5027 <sup>b</sup>	8516 <sup>a</sup>
	KO		9395 <sup>b</sup>	9322 <sup>b</sup>	3839 <sup>b</sup>	5122 <sup>b</sup>	6228 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	3240	4405,0 <sup>b</sup>	4112,5 <sup>a</sup>	3076 <sup>a</sup>	2126 <sup>b</sup>	2354 <sup>a</sup>





	<b>TD</b>		3732,5 <sup>b</sup>	3847,5 <sup>b</sup>	2933 <sup>ab</sup>	2241 <sup>a</sup>	1325 <sup>b</sup>
	<b>MG</b>		4935,0 <sup>a</sup>	3587,5 <sup>b</sup>	3045 <sup>a</sup>	2183 <sup>b</sup>	1411 <sup>a</sup>
	<b>KO</b>		5817,5 <sup>a</sup>	4490,0 <sup>a</sup>	3071 <sup>b</sup>	2219 <sup>b</sup>	1392 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući podatke iz tablice 29 o sadržaju kalcija u tlu na različitim lokacijama tijekom istraživanja, uzimajući u obzir različite varijante gnojidbe, možemo uočiti sljedeće:

Početni sadržaj kalcija u tlu na svim lokacijama bio je relativno visok i kretao se od 3240 g/kg u Gregurovcu do 9420 g/kg u Dropkovcu. Kod sljedećeg uzorkovanja u voštanoj zriobi kukuruza sadržaj kalcija se još malo povisio na svim lokacijama i svim varijantama gnojidbe, a nakon toga se uglavnom smanjivao sve do zadnjeg uzorkovanja u fazi busanja ljulja u trećoj godini istraživanja. Najmanji sadržaj kalcija u busanju pšenice utvrđen je na lokaciji Gračina na kontroli bez gnojidbe (681 g/kg), a najveći u Dropkovcu kod mineralne gnojidbe (8516 g/kg). Ako promatramo kretanje sadržaja kalcija u ovisnosti o varijantama gnojidbe, teško je uočiti bilo kakvu pravilnost te se čini da je sadržaj kalcija u tlu najviše ovisio o vremenu uzorkovanja i vjerojatno vremenskim prilikama koje su prethodile uzorkovanju.

Vrijednosti kalcija pri utvrđivanju početnog stanja mogu se promatrati na dvije razine, nižoj, od 324 (Gregurovec) do 415 mg/kg tla (Miholec), i višoj gdje je bilo čak 942 mg Ca/kg tla u Dropkovcu.

#### 2.4.8. Magnezij u tlu

Magnezij je biogeni makroelement. U tlu potječe iz minerala. Bazični je kation pa je njegov sadržaj veći u karbonatnim tlima. Sadržaj magnezija u tlu tijekom istraživanja prikazuje tablica 30.

Tablica 30. Sadržaj magnezija u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Magnezij (Mg), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljulja
Gračina	<b>KD</b>	7330,0	6837,5 <sup>b</sup>	6300,0 <sup>b</sup>	889,0 <sup>a</sup>	7045 <sup>a</sup>	1660 <sup>b</sup>
	<b>TD</b>		6560,0 <sup>b</sup>	6262,5 <sup>b</sup>	1206,0 <sup>a</sup>	7877 <sup>a</sup>	1992 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>		7082,5 <sup>ab</sup>	4727,5 <sup>b</sup>	766,5 <sup>a</sup>	5807 <sup>a</sup>	1768 <sup>b</sup>
	<b>KO</b>		8502,2 <sup>a</sup>	7060,0 <sup>a</sup>	1357,0 <sup>a</sup>	8840 <sup>a</sup>	2030 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	<b>KD</b>	6510,0	7412,5 <sup>a</sup>	5087,5 <sup>b</sup>	951 <sup>a</sup>	874,0 <sup>a</sup>	1501 <sup>b</sup>
	<b>TD</b>		7920,0 <sup>a</sup>	4847,5 <sup>b</sup>	895 <sup>c</sup>	798,0 <sup>a</sup>	1774 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>		6627,5 <sup>ab</sup>	5562,5 <sup>a</sup>	916 <sup>b</sup>	820,5 <sup>a</sup>	1691 <sup>ab</sup>
	<b>KO</b>		5700,0 <sup>b</sup>	4960,0 <sup>b</sup>	874 <sup>d</sup>	537,0 <sup>a</sup>	1493 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							



<b>Podolec</b>	<b>KD</b>	5320,0	6495,0 <sup>a</sup>	4872,5 <sup>a</sup>	7080,0 <sup>a</sup>	5005,0 <sup>a</sup>	1208 <sup>b</sup>
	<b>TD</b>		6215,0 <sup>a</sup>	4892,5 <sup>a</sup>	6410,0 <sup>a</sup>	5350,0 <sup>a</sup>	1297 <sup>ab</sup>
	<b>MG</b>		7080,0 <sup>a</sup>	4722,5 <sup>a</sup>	5922,5 <sup>a</sup>	5117,5 <sup>a</sup>	961 <sup>c</sup>
	<b>KO</b>		8170,0 <sup>a</sup>	4600,0 <sup>a</sup>	6300,0 <sup>a</sup>	4930,0 <sup>a</sup>	1360 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
<b>Miholec</b>	<b>KD</b>	6200	708,0 <sup>a</sup>	5005,0 <sup>a</sup>	874 <sup>a</sup>	6240 <sup>a</sup>	1456 <sup>ab</sup>
	<b>TD</b>		6410,0 <sup>a</sup>	5350,0 <sup>a</sup>	798 <sup>a</sup>	4647 <sup>a</sup>	1453 <sup>ab</sup>
	<b>MG</b>		5922,5 <sup>a</sup>	5117,5 <sup>a</sup>	820 <sup>a</sup>	4242 <sup>a</sup>	1366 <sup>b</sup>
	<b>KO</b>		6300,0 <sup>a</sup>	4930,0 <sup>a</sup>	537 <sup>a</sup>	6700 <sup>a</sup>	1651 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
<b>Dropkovec</b>	<b>KD</b>	7620,0	8112,5 <sup>a</sup>	7295,0 <sup>ab</sup>	7080,0 <sup>a</sup>	5005,0 <sup>a</sup>	1657 <sup>c</sup>
	<b>TD</b>		7215,0 <sup>a</sup>	7505,0 <sup>a</sup>	6410,0 <sup>a</sup>	5350,0 <sup>a</sup>	1594 <sup>c</sup>
	<b>MG</b>		7460,0 <sup>a</sup>	7270,0 <sup>ab</sup>	5922,5 <sup>a</sup>	5117,5 <sup>a</sup>	1809 <sup>b</sup>
	<b>KO</b>		7822,5 <sup>a</sup>	6810,0 <sup>b</sup>	6300,0 <sup>a</sup>	4930,0 <sup>a</sup>	2012 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
<b>Gregurovec</b>	<b>KD</b>	6940,0	5577,0 <sup>c</sup>	4892,5 <sup>a</sup>	7080,0 <sup>a</sup>	5005,0 <sup>a</sup>	6340 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>		5910,0 <sup>b</sup>	3570,0 <sup>c</sup>	6410,0 <sup>a</sup>	5350,0 <sup>a</sup>	5832 <sup>b</sup>
	<b>MG</b>		6085,0 <sup>b</sup>	4312,5 <sup>b</sup>	5922,5 <sup>a</sup>	5117,5 <sup>a</sup>	4328 <sup>c</sup>
	<b>KO</b>		7007,5 <sup>a</sup>	4075,5 <sup>b</sup>	6300,0 <sup>a</sup>	4930,0 <sup>a</sup>	3920 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući podatke iz tablice 30 o sadržaju magnezija u tlu na različitim lokacijama i varijantama gnojidbe tijekom istraživanja možemo uočiti sljedeće:

**Gračina:** Početno stanje magnezija bilo je visoko. Tijekom voštane zriobe i u berbi kukuruza, zabilježen je pad sadržaja magnezija. Nakon žetve i u određivanju u vremenu košnje ljulja, sadržaj magnezija dodatno se smanjio. Kontrola je generalno pokazala najviše vrijednosti magnezija, dok su kruti i tekući digestat pokazali slične, ali nešto niže vrijednosti.

**Gradec:** Početno stanje magnezija bilo je visoko. Sličan pad u sadržaju magnezija zabilježen je tijekom voštane zriobe i u berbi kukuruza. Nakon žetve, sadržaj magnezija se smanjio, ali ne toliko drastično kao na lokaciji Gračina. Kruti digestat je imao tendenciju pokazivati više vrijednosti magnezija, dok su tekući digestat i mineralno gnojivo pokazali niže vrijednosti.

**Podolec:** Početno stanje magnezija bilo je visoko. Sadržaj magnezija se smanjio tijekom voštane zriobe, u berbi kukuruza i nakon žetve. Prilikom košnje ljulja, sadržaj magnezija u tlu bio je niži u usporedbi s početnim stanjem. Sve varijante gnojidbe, uključujući kruti i tekući digestat, pokazale su slične koncentracije magnezija.

**Miholec, Dropkovec, Gregurovec:** Slični trendovi su zabilježeni kao i na ostalim lokacijama, s postupnim padom sadržaja magnezija od početnog stanja do košnje ljulja.

U Miholcu su uočene slične koncentracije magnezija među svim varijantama gnojidbe.



U Dropkovcu je kruti digestat imao najviše koncentracije magnezija, dok su ostale varijante gnojidbe bile slične.

U Gregurovcu je kontrola pokazala najviše koncentracije magnezija, dok su ostale varijante gnojidbe imale slične, ali niže vrijednosti.

Ukupno promatrajući utjecaj lokacije, varijante gnojidbe i vremena uzorkovanja na sadržaj magnezija u tlu može se zaključiti sljedeće:

#### Varijacije po lokacijama i varijantama gnojidbe:

Sadržaj magnezija u tlu varirao je ovisno o lokaciji i vrsti gnojidbe. Kruti i tekući digestat pokazali su različite učinke na razinu magnezija u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom.

Na nekim lokacijama, kao što su Gračina i Gradec, kontrola je često pokazivala više koncentracije magnezija, dok su na drugim lokacijama (npr. Podolec i Miholec) kruti i tekući digestat pokazali slične ili nešto više vrijednosti.

U trendovima kretanja sadržaja magnezija tijekom istraživanja uočen je pad sadržaja magnezija u tlu od početnog stanja, kroz voštanu zriobu i u berbi kukuruza, sve do košnje ljulja.

Ukupni utjecaj gnojidbe:

Gnojidba tekućim i krutim digestatom nije dosljedno povećala sadržaj magnezija u tlu. Učinci su bili varijabilni, ovisno o lokaciji i specifičnim uvjetima tla.

Nije bilo jasnih i dosljednih obrazaca koji bi ukazivali na općenitu prednost jedne vrste gnojidbe nad drugom u pogledu povećanja sadržaja magnezija u tlu.

#### 2.4.9. Željezo u tlu

Sadržaj željeza u tlu tijekom istraživanja po lokacijama i varijantama gnojidbe prikazan je u tablici 31.

Tablica 31. Sadržaj željeza u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Željezo (Fe), mg/kg					
		Početno stanje	Voštan zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljulja
Gračina	KD	4127,0	3256,5 <sup>a</sup>	4076,8 <sup>ab</sup>	4464,5 <sup>a</sup>	4189,8 <sup>bc</sup>	5829 <sup>b</sup>
	TD		3323,8 <sup>a</sup>	3952,0 <sup>bc</sup>	3910,7 <sup>a</sup>	4551,5 <sup>ab</sup>	7161 <sup>a</sup>
	MG		3507,0 <sup>a</sup>	3365,3 <sup>c</sup>	4054,5 <sup>a</sup>	4581,0 <sup>a</sup>	4545 <sup>b</sup>
	KO		3801,3 <sup>a</sup>	4683,0 <sup>a</sup>	4247,5 <sup>a</sup>	4076,5 <sup>c</sup>	6245 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	3824,0	3238,0 <sup>b</sup>	3493,0 <sup>c</sup>	4464,5 <sup>a</sup>	4189,8 <sup>bc</sup>	6014 <sup>a</sup>
	TD		4182,3 <sup>a</sup>	3268,8 <sup>c</sup>	3910,7 <sup>a</sup>	4551,5 <sup>ab</sup>	6038 <sup>a</sup>
	MG		3712,8 <sup>ab</sup>	3806,3 <sup>a</sup>	4054,5 <sup>a</sup>	4581,0 <sup>a</sup>	5345 <sup>b</sup>
	KO		3338,0 <sup>ab</sup>	3329,3 <sup>bc</sup>	4247,5 <sup>a</sup>	4076,5 <sup>c</sup>	5888 <sup>ab</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	3244,0	3203,0 <sup>a</sup>	3659,0 <sup>ab</sup>	4464,5 <sup>a</sup>	4189,8 <sup>bc</sup>	4856 <sup>a</sup>



	TD		3278,5 <sup>a</sup>	4000,0 <sup>a</sup>	3910,7 <sup>a</sup>	45515 <sup>ab</sup>	5348 <sup>a</sup>
	MG		3363,5 <sup>a</sup>	3406,0 <sup>b</sup>	4054,5 <sup>a</sup>	45810 <sup>a</sup>	4868 <sup>a</sup>
	KO		3452,8 <sup>a</sup>	3832,3 <sup>ab</sup>	4247,5 <sup>a</sup>	40765 <sup>c</sup>	5075 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Miholec	KD	4595,0	4464,5 <sup>a</sup>	4189,8 <sup>bc</sup>	5978,5 <sup>b</sup>	4189,8 <sup>bc</sup>	5226 <sup>b</sup>
	TD		391,0,7 <sup>a</sup>	4551,5 <sup>ab</sup>	5736,7 <sup>b</sup>	4551,5 <sup>ab</sup>	6606 <sup>a</sup>
	MG		4054,5 <sup>a</sup>	4581,0 <sup>a</sup>	6225,0 <sup>b</sup>	4581,0 <sup>a</sup>	5064 <sup>b</sup>
	KO		4247,5 <sup>a</sup>	4076,5 <sup>c</sup>	7272,5 <sup>a</sup>	4076,5 <sup>c</sup>	6601 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	4108,0	4567,3 <sup>a</sup>	5344,8 <sup>a</sup>	6023,5 <sup>b</sup>	4189,8 <sup>bc</sup>	5471,5 <sup>c</sup>
	TD		4151,5 <sup>b</sup>	5317,3 <sup>ab</sup>	7430,0 <sup>a</sup>	4551,5 <sup>ab</sup>	7639,3 <sup>b</sup>
	MG		42455 <sup>ab</sup>	4968,8 <sup>ab</sup>	6333,5 <sup>ab</sup>	4581,0 <sup>a</sup>	6062,8 <sup>a</sup>
	KO		40393 <sup>b</sup>	4775,5 <sup>b</sup>	6610,0 <sup>ab</sup>	4076,5 <sup>c</sup>	6837,0 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	4919,0	3240,0 <sup>b</sup>	4427,3 <sup>a</sup>	4464,5 <sup>a</sup>	4189,8 <sup>bc</sup>	4987 <sup>a</sup>
	TD		3651,8 <sup>ab</sup>	3464,3 <sup>b</sup>	3910,7 <sup>a</sup>	4551,5 <sup>ab</sup>	5345 <sup>a</sup>
	MG		3570,0 <sup>ab</sup>	3959,8 <sup>ab</sup>	4054,5 <sup>a</sup>	4581,0 <sup>a</sup>	4682 <sup>a</sup>
	KO		4011,5 <sup>a</sup>	3627,5 <sup>ab</sup>	4247,5 <sup>a</sup>	4076,5 <sup>c</sup>	4925 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući podatke iz tablice 31 o sadržaju željeza u tlu na različitim lokacijama tijekom istraživanja, uzimajući u obzir različite varijante gnojidbe, možemo uočiti sljedeće:

**Gračina:** Kruti digestat i tekući digestat imali su niže koncentracije željeza u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom. Sadržaj željeza općenito se smanjivao od početnog stanja do zadnjeg određivanja u košnji ljulja. Kruti digestat pokazao je smanjenje sadržaja željeza od početnog stanja do utvrđivanja u košnji ljulja. Tekući digestat i mineralno gnojivo imali su sličan trend, s postupnim smanjenjem sadržaja željeza. Kontrola je pokazala smanjenje sadržaja željeza, ali nešto manje izraženo.

**Gradec:** Slični trendovi su uočeni, s općenitim smanjenjem sadržaja željeza od početnog stanja do određivanja u košnji ljulja. Slično kao u Gračini, kruti digestat i tekući digestat pokazali su smanjenje sadržaja željeza. Mineralno gnojivo i kontrola također su pokazali smanjenje, ali s manjim varijacijama. Razlike između varijanti gnojidbe nisu bile dosljedne.

**Podolec:** Sve varijante gnojidbe, uključujući kruti i tekući digestat, pokazale su smanjenje sadržaja željeza u tlu. Kontrola je pokazala sličan trend smanjenja.

**Miholec:** Slični trendovi smanjenja sadržaja željeza od početnog stanja do zadnjeg mjerenja u košnji ljulja. Tekući digestat i mineralno gnojivo imali su slične koncentracije željeza. Na ovoj lokaciji, kruti digestat je pokazao povećanje sadržaja željeza tijekom nekih faza, dok su ostale varijante gnojidbe pokazale smanjenje. Kontrola je pokazala značajno povećanje sadržaja željeza u zadnjem određivanju u pokusu.

**Dropkovec:** Kruti digestat i tekući digestat pokazali su više koncentracije željeza u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom. Općenito smanjenje sadržaja željeza kroz različite faze



razvoja biljke. Kruti digestat i tekući digestat su pokazali smanjenje sadržaja željeza, slično kao i na ostalim lokacijama. Mineralno gnojivo i kontrola imali su sličan trend smanjenja.

**Gregurovec:** Kontrola i kruti digestat imali su više koncentracije željeza u usporedbi s tekućim digestatom i mineralnim gnojivom. Smanjenje sadržaja željeza od početnog stanja do faze busanja ljulja. Kruti digestat, tekući digestat i mineralno gnojivo pokazali su smanjenje sadržaja željeza. Kontrola je imala manje izraženo smanjenje.

Ukupno, sadržaj željeza u tlu varirao je ovisno o lokaciji i vrsti gnojidbe. Općenito, uočeno je smanjenje sadržaja željeza od početnog stanja do zadnjeg određivanja u usjevu talijanskog ljulja. Varijacije u koncentracijama željeza među različitim varijantama gnojidbe ukazuju na složene interakcije između vrste gnojiva, lokalnih uvjeta tla i sadržaja željeza

U svim lokacijama i varijantama gnojidbe, uočeno je smanjenje sadržaja željeza u tlu od početnog stanja do određivanja u usjevu ljulja.

Ukupno, različite varijante gnojidbe pokazale su varijabilne učinke na sadržaj željeza u tlu. Dok su kruti i tekući digestat pokazali općenito smanjenje sadržaja željeza tijekom istraživanja, u nekim slučajevima su pokazali povećanje u određenim fazama. Kontrolne varijante često su pokazivale veći sadržaj željeza u određenim fazama u usporedbi s varijantama gnojidbe. Ovi rezultati ukazuju na to da vrsta gnojiva može utjecati na dinamiku sadržaja željeza u tlu, ali da je taj utjecaj kompleksan i varira ovisno o lokaciji i fazi razvoja biljke

#### 2.4.10. Mangan u tlu

Sadržaj mangana u tlu tijekom istraživanja po lokacijama i varijantama gnojidbe prikazan je u tablici 32.

Tablica 32. Sadržaj mangana u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Mangan (Mn), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljulja
Gračina	KD	889,0	923,5 <sup>b</sup>	852,5 <sup>ab</sup>	1348,8 <sup>ab</sup>	894,0 <sup>ab</sup>	958,0 <sup>a</sup>
	TD		1001,0 <sup>b</sup>	829,7 <sup>b</sup>	1366,8 <sup>ab</sup>	795,7 <sup>ab</sup>	868,5 <sup>b</sup>
	MG		899,7 <sup>b</sup>	927,0 <sup>a</sup>	1281,3 <sup>b</sup>	763,0 <sup>b</sup>	750,7 <sup>c</sup>
	KO		1259,3 <sup>a</sup>	848,2 <sup>b</sup>	1474,5 <sup>a</sup>	920,7 <sup>a</sup>	870,0 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	781,0	937,0 <sup>a</sup>	870,5 <sup>a</sup>	1524,0 <sup>a</sup>	935,0 <sup>a</sup>	718,7 <sup>a</sup>
	TD		1008,5 <sup>a</sup>	804,5 <sup>ab</sup>	1360,5 <sup>a</sup>	894,3 <sup>a</sup>	693,0 <sup>a</sup>
	MG		833,5 <sup>ab</sup>	883,2 <sup>a</sup>	1373,0 <sup>a</sup>	889,5 <sup>a</sup>	722,2 <sup>a</sup>
	KO		741,2 <sup>b</sup>	758,0 <sup>b</sup>	1450,5 <sup>a</sup>	912,5 <sup>a</sup>	742,0 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	582,0	717,5 <sup>b</sup>	694,0 <sup>a</sup>	1089,3 <sup>b</sup>	868,5 <sup>a</sup>	599,75 <sup>b</sup>
	TD		877,2 <sup>a</sup>	720,0 <sup>a</sup>	1143,8 <sup>b</sup>	812,7 <sup>b</sup>	749,25 <sup>a</sup>
	MG		750,0 <sup>ab</sup>	771,5 <sup>a</sup>	1188,8 <sup>b</sup>	798,0 <sup>a</sup>	682,50 <sup>a</sup>



	<b>KO</b>		721,5 <sup>b</sup>	712,5 <sup>a</sup>	1336,8 <sup>a</sup>	788,5 <sup>a</sup>	604,25 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
<b>Miholec</b>	<b>KD</b>	1383,0	1103,0 <sup>ab</sup>	901,5 <sup>a</sup>	2320,8 <sup>b</sup>	844,0 <sup>b</sup>	902,50 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>		1277,0 <sup>a</sup>	1023,8 <sup>a</sup>	2102,5 <sup>b</sup>	823,5 <sup>b</sup>	831,25 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>		909,0 <sup>b</sup>	1096,0 <sup>a</sup>	1986,5 <sup>a</sup>	964,0 <sup>a</sup>	823,25 <sup>a</sup>
	<b>KO</b>		995,0 <sup>ab</sup>	1012,5 <sup>a</sup>	1680,5 <sup>c</sup>	692,0 <sup>c</sup>	1118,0 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
<b>Dropkovec</b>	<b>KD</b>	1480	920,5 <sup>c</sup>	1004,5 <sup>b</sup>	2167,7 <sup>a</sup>	1984,5 <sup>a</sup>	1210,0 <sup>ab</sup>
	<b>TD</b>		1099,0 <sup>bc</sup>	1242,8 <sup>a</sup>	2286,2 <sup>a</sup>	1932,8 <sup>a</sup>	771,7 <sup>b</sup>
	<b>MG</b>		1417,7 <sup>a</sup>	1041,5 <sup>b</sup>	2235,2 <sup>b</sup>	2089,5 <sup>a</sup>	902,2 <sup>ab</sup>
	<b>KO</b>		1177,5 <sup>ab</sup>	1014,3 <sup>b</sup>	2034,3 <sup>b</sup>	1984,2 <sup>a</sup>	1312,0 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
<b>Gregurovec</b>	<b>KD</b>	1024,0	1074,7 <sup>a</sup>	1068,3 <sup>a</sup>	667,25 <sup>b</sup>	1065,5 <sup>a</sup>	945,5 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>		1179,8 <sup>a</sup>	907,2 <sup>b</sup>	800,0 <sup>ab</sup>	987,8 <sup>b</sup>	968,0 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>		1109,3 <sup>a</sup>	877,7 <sup>b</sup>	777,0 <sup>ab</sup>	832,5 <sup>c</sup>	912,2 <sup>ab</sup>
	<b>KO</b>		1232,5 <sup>a</sup>	942,0 <sup>b</sup>	841,0 <sup>a</sup>	941,2 <sup>a</sup>	879,5 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Tablica 32 prikazuje promjene u sadržaju mangana (Mn) u tlu tijekom istraživanja na različitim lokacijama i za različite varijante gnojidbe. Sadržaj mangana u tlu varirao je u vrlo velikom rasponu od početnog stanja u Podolcu s 582 mg/kg do 2320,8 mg/kg u Miholcu u busanju pšenice i kod gnojidbe krutim digestatom. Čini se da je vrijeme uzorkovanja imalo veći utjecaj na sadržaj mangana u tlu od drugih čimbenika. Ipak, usporedba kretanja mangana u tlu od početnog stanja do faze busanja ljulja za sve lokacije ovisno o varijanti gnojidbe ukazuje na neke trendove:

Kruti digestat generalno pokazuje umjerene promjene u sadržaju mangana, s tendencijom laganih fluktuacija.

Tekući digestat: ova varijanta gnojidbe često rezultira većim promjenama u sadržaju mangana, s nekim većim skokovima ili padovima.

Mineralno gnojivo: promjene su ovdje također vidljive, ali ne toliko izražene kao kod tekućeg digestata.

Kontrola (bez gnojidbe) pokazuje najmanje promjene u sadržaju mangana, uglavnom održavajući stabilne razine.

## 2.5. Sadržaj teških metala u tlu

Teški metali su anorganski spojevi relativno velike atomske mase i gustoće veće od 5 g/cm<sup>3</sup>. Prirodno se nalaze u tlu. Različita tla sadrže širok raspon teških metala u različitim koncentracijama, ovisno o geološkim uvjetima, prirodnim procesima i ljudskoj aktivnosti. Neki od njih su potrebni biljkama za rast i razvoj u malim količinama, a njihova visoka koncentracija



je štetna. Istraživani su teški metali u tlu od kojih su Fe, Mn, Cu, Zn i Ni, potrebni (esencijalni) mikroelementi a Cd, Cr, Pb i Hg potencijalno toksični i štetni.

**Željezo** je neophodni biogeni mikroelement. U alkalnim tlima teže je pristupačno biljci, a u kiselim je mobilno i može imati negativan učinak na biljke. Toksičan učinak na rast i razvoj biljaka u kiselim tlima i redukcijskim uvjetima može imati mangan. Više mangana sadrže teža karbonatna tla a manje pjeskovita. Biljkama je pristupačniji u kiselim tlima.

**Cink** u tlu potječe iz primarnih i sekundarnih minerala. Biogeni je mikroelement. Također je pristupačniji biljkama u kiselim tlima, dok u alkalnim može doći do njegove fiksacije. Višak cinka u prirodnim uvjetima uglavnom se ne pojavljuje. Različite ljudske aktivnosti mogu uzrokovati njegov suvišak u tlu.

**Bakar** u tlu porijeklom je iz primarnih minerala. Biogeni je mikroelement ali i potencijalno toksičan. Na njegovu pristupačnost biljkama utječe reakcija tla, sadržaj organske tvari i dr.. Nedostatak se može pojaviti na tlima bogatim organskom tvari jer se veže na nju. Međutim, bakar se može akumulirati u tlima i imati štetan učinak. Potencijalni izvor bakra su zaštitna sredstva koja sadrže bakar.

**Sadržaj nikla** u oraničnom sloju tla uglavnom ovisi o antropogenim aktivnostima. Nikal je biogeni mikroelement. Ima važnu ulogu kod klijanja sjemena, fiksacije dušika i dr. Više koncentracije štetne su za biljke, a preko biljaka ulaskom u hranidbeni lanac za životinje i ljude.

**Kadmij** nije biogeni element ali ga biljke mogu usvajati. Sadržaj u prirodnim tlima koja nisu onečišćena ovisi o teksturi. Budući da je štetan element a postoji mogućnost antropogenog onečišćenja propisane su njegove maksimalne količine u poljoprivrednom zemljištu. Neka fosforna gnojiva mogu sadržavati neznatne količine kadmija. Pristupačnost biljkama ovisi o reakciji tla i sadržaju iona koji smanjuju njegovo usvajanje, npr. Ca i Zn.

**Olovo** nije biogeni element ali ga biljke mogu usvajati. Visoko je toksičan, a sadržaj u površinskom sloju tla uglavnom je antropogenog porijekla.

**Krom** je teški metal i nije esencijalni element. Njegova koncentracija u površinskom sloju tla uglavnom je antropogenog porijekla. Povišene koncentracije toksične su za biljku, ljude i životinje.

**Živa** je toksičan element. Sadržaj u tlu antropogenog je porijekla. Štetna je za ljude i životinje. Može biti i sastavni dio hranidbenog lanca, osobito ako se koriste pesticidi koji sadrže živu ili je u tlo unesena nekim drugim aktivnostima.

Sadržaj istraživanih teških metala u tlu po lokacijama i varijantama gnojidbe prikazan je u tablicama od 33. do 39. U istim tablicama prikazane su maksimalno dozvoljene količine pojedinog istraživanih teškog metala u poljoprivrednim tlima koje su definirane Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019), a koje ovise o pH tla u 1 MKCl-u. pH vrijednosti za pojedine lokacije i varijante gnojidbe prikazane su u tablici 21.



Tablica 33. Sadržaj cinka u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Cink (Zn), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljulja
Gračina	KD	58,60	58,50 <sup>a</sup>	53,72 <sup>bc</sup>	54,35 <sup>c</sup>	55,50 <sup>a</sup>	57,45 <sup>a</sup>
	TD		52,75 <sup>b</sup>	56,95 <sup>ab</sup>	54,47 <sup>c</sup>	54,16 <sup>b</sup>	55,65 <sup>b</sup>
	MG		56,82 <sup>a</sup>	60,32 <sup>a</sup>	58,72 <sup>a</sup>	56,35 <sup>a</sup>	57,15 <sup>a</sup>
	KO		55,60 <sup>a</sup>	58,55 <sup>a</sup>	56,45 <sup>b</sup>	55,97 <sup>a</sup>	56,01 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	57,30	54,85 <sup>b</sup>	57,40 <sup>a</sup>	56,07 <sup>a</sup>	56,27 <sup>a</sup>	55,85 <sup>b</sup>
	TD		58,57 <sup>a</sup>	56,15 <sup>a</sup>	55,75 <sup>b</sup>	54,15 <sup>a</sup>	56,22 <sup>b</sup>
	MG		58,17 <sup>a</sup>	58,22 <sup>a</sup>	57,51 <sup>a</sup>	56,12 <sup>a</sup>	58,70 <sup>a</sup>
	KO		57,47 <sup>a</sup>	55,82 <sup>b</sup>	54,12 <sup>b</sup>	54,13 <sup>a</sup>	55,57 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	57,70	54,50 <sup>a</sup>	55,77 <sup>a</sup>	59,20 <sup>a</sup>	59,60 <sup>a</sup>	57,00 <sup>a</sup>
	TD		54,50 <sup>a</sup>	54,70 <sup>a</sup>	57,01 <sup>a</sup>	58,52 <sup>a</sup>	58,87 <sup>a</sup>
	MG		55,80 <sup>a</sup>	56,77 <sup>a</sup>	58,77 <sup>a</sup>	59,15 <sup>a</sup>	59,03 <sup>a</sup>
	KO		54,17 <sup>a</sup>	55,57 <sup>a</sup>	56,15 <sup>b</sup>	58,62 <sup>a</sup>	58,12 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	77,00	74,25 <sup>a</sup>	86,20 <sup>a</sup>	65,19 <sup>a</sup>	66,27 <sup>a</sup>	73,57 <sup>a</sup>
	TD		71,85 <sup>ab</sup>	72,25 <sup>a</sup>	63,62 <sup>a</sup>	63,47 <sup>a</sup>	62,92 <sup>c</sup>
	MG		68,90 <sup>ab</sup>	73,67 <sup>a</sup>	64,30 <sup>a</sup>	64,70 <sup>a</sup>	54,47 <sup>d</sup>
	KO		72,92 <sup>b</sup>	86,20 <sup>a</sup>	64,77 <sup>a</sup>	66,70 <sup>a</sup>	66,70 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	63,00	83,92 <sup>a</sup>	86,95 <sup>a</sup>	79,75 <sup>a</sup>	82,15 <sup>a</sup>	71,72 <sup>b</sup>
	TD		85,57 <sup>a</sup>	84,97 <sup>a</sup>	81,13 <sup>a</sup>	80,62 <sup>a</sup>	80,62 <sup>a</sup>
	MG		85,55 <sup>a</sup>	92,00 <sup>a</sup>	80,11 <sup>a</sup>	81,12 <sup>a</sup>	74,12 <sup>b</sup>
	KO		84,77 <sup>a</sup>	81,57 <sup>a</sup>	80,33 <sup>a</sup>	82,60 <sup>a</sup>	80,52 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	54,30	56,00 <sup>a</sup>	52,45 <sup>b</sup>	54,85 <sup>b</sup>	55,57 <sup>b</sup>	54,25 <sup>b</sup>
	TD		53,57 <sup>a</sup>	53,65 <sup>b</sup>	56,59 <sup>a</sup>	55,62 <sup>b</sup>	55,12 <sup>b</sup>
	MG		58,25 <sup>a</sup>	55,75 <sup>a</sup>	54,44 <sup>a</sup>	57,62 <sup>a</sup>	58,25 <sup>a</sup>
	KO		57,92 <sup>a</sup>	56,17 <sup>b</sup>	55,46 <sup>b</sup>	55,92 <sup>b</sup>	55,00 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Maksimalno dozvoljene količine prema Pravilniku							
Element, mg/kg	pH u 1MKCL-u						
	< 5	5 – 6		> 6			
Cink, Zn	60	150		200			

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola





Tablica 34. Sadržaj bakra u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Bakar (Cu), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljulja
Gračina	KD	28,70	23,48 <sup>b</sup>	17,00 <sup>bc</sup>	19,27 <sup>c</sup>	20,41 <sup>b</sup>	24,43 <sup>a</sup>
	TD		25,56 <sup>ab</sup>	19,11 <sup>b</sup>	22,74 <sup>b</sup>	23,15 <sup>a</sup>	24,72 <sup>a</sup>
	MG		22,15 <sup>b</sup>	15,41 <sup>c</sup>	18,46 <sup>c</sup>	15,18 <sup>c</sup>	13,12 <sup>c</sup>
	KO		27,50 <sup>a</sup>	22,40 <sup>a</sup>	25,00 <sup>a</sup>	20,46 <sup>b</sup>	19,57 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	28,00	23,01 <sup>a</sup>	19,23 <sup>a</sup>	25,52 <sup>a</sup>	22,45 <sup>ab</sup>	16,15 <sup>a</sup>
	TD		23,86 <sup>a</sup>	18,53 <sup>a</sup>	22,18 <sup>a</sup>	20,17 <sup>bc</sup>	16,82 <sup>a</sup>
	MG		24,43 <sup>a</sup>	20,14 <sup>a</sup>	24,32 <sup>ab</sup>	23,86 <sup>a</sup>	14,85 <sup>b</sup>
	KO		22,74 <sup>a</sup>	15,76 <sup>b</sup>	20,86 <sup>b</sup>	19,87 <sup>c</sup>	13,40 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	18,09	17,43 <sup>a</sup>	11,21 <sup>b</sup>	23,07 <sup>a</sup>	20,24 <sup>a</sup>	17,54 <sup>a</sup>
	TD		16,74 <sup>a</sup>	11,76 <sup>ab</sup>	22,52 <sup>a</sup>	19,86 <sup>ab</sup>	16,35 <sup>b</sup>
	MG		16,90 <sup>a</sup>	12,35 <sup>ab</sup>	22,02 <sup>a</sup>	18,32 <sup>b</sup>	16,32 <sup>b</sup>
	KO		16,96 <sup>a</sup>	12,91 <sup>a</sup>	19,27 <sup>b</sup>	18,96 <sup>b</sup>	17,18 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	35,05	32,87 <sup>ab</sup>	38,29 <sup>a</sup>	19,88 <sup>b</sup>	23,07 <sup>a</sup>	15,29 <sup>b</sup>
	TD		27,92 <sup>ab</sup>	26,52 <sup>b</sup>	19,96 <sup>b</sup>	25,77 <sup>a</sup>	21,96 <sup>a</sup>
	MG		23,07 <sup>b</sup>	21,30 <sup>b</sup>	27,70 <sup>a</sup>	25,70 <sup>a</sup>	22,30 <sup>a</sup>
	KO		38,05 <sup>a</sup>	38,29 <sup>a</sup>	19,32 <sup>b</sup>	24,95 <sup>a</sup>	21,45 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	39,57	32,61 <sup>a</sup>	32,47 <sup>a</sup>	15,63	18,87 <sup>c</sup>	25,22 <sup>b</sup>
	TD		34,35 <sup>a</sup>	33,20 <sup>a</sup>	20,75 <sup>b</sup>	19,21 <sup>b</sup>	32,44 <sup>a</sup>
	MG		33,15 <sup>a</sup>	27,33 <sup>b</sup>	29,95 <sup>a</sup>	20,75 <sup>b</sup>	24,39 <sup>b</sup>
	KO		32,92 <sup>a</sup>	27,64 <sup>b</sup>	31,98 <sup>a</sup>	27,35 <sup>a</sup>	21,87 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	27,73	21,51 <sup>a</sup>	22,77 <sup>a</sup>	23,59 <sup>b</sup>	24,20 <sup>a</sup>	25,15 <sup>a</sup>
	TD		23,07 <sup>a</sup>	15,87 <sup>b</sup>	27,49 <sup>a</sup>	25,92 <sup>a</sup>	26,92 <sup>a</sup>
	MG		22,85 <sup>a</sup>	20,31 <sup>a</sup>	22,27 <sup>b</sup>	23,48 <sup>b</sup>	24,35 <sup>b</sup>
	KO		22,52 <sup>a</sup>	17,58 <sup>b</sup>	22,25 <sup>b</sup>	21,59 <sup>b</sup>	21,12 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Maksimalno dozvoljene količine prema Pravilniku							
Element, mg/kg	pH u 1MKCL-u						
	< 5	5 – 6		> 6			
Bakar, Cu	60	90		120			

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola



Tablica 35. Sadržaj nikla u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Nikal (Ni), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljulja
Gračina	KD	29,30	23,97 <sup>b</sup>	22,07 <sup>c</sup>	24,70 <sup>b</sup>	23,57 <sup>c</sup>	21,67 <sup>c</sup>
	TD		28,12 <sup>a</sup>	27,47 <sup>b</sup>	25,50 <sup>b</sup>	24,32 <sup>b</sup>	26,10 <sup>b</sup>
	MG		26,97 <sup>a</sup>	26,47 <sup>b</sup>	17,35 <sup>c</sup>	25,95 <sup>b</sup>	21,57 <sup>c</sup>
	KO		29,65 <sup>a</sup>	29,10 <sup>a</sup>	30,10 <sup>a</sup>	29,77 <sup>a</sup>	28,90 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	29,20	27,32 <sup>a</sup>	23,92 <sup>b</sup>	29,15 <sup>a</sup>	25,45 <sup>a</sup>	23,82 <sup>a</sup>
	TD		27,77 <sup>a</sup>	26,52 <sup>a</sup>	26,27 <sup>ab</sup>	24,52 <sup>a</sup>	22,17 <sup>a</sup>
	MG		27,85 <sup>a</sup>	26,87 <sup>a</sup>	21,87 <sup>b</sup>	21,12 <sup>a</sup>	22,52 <sup>a</sup>
	KO		28,65 <sup>a</sup>	20,80 <sup>c</sup>	22,70 <sup>b</sup>	22,53 <sup>a</sup>	22,00 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	24,30	20,40 <sup>a</sup>	17,45 <sup>bc</sup>	18,45 <sup>a</sup>	16,52 <sup>a</sup>	17,02 <sup>a</sup>
	TD		19,90 <sup>a</sup>	16,27 <sup>ab</sup>	17,85 <sup>b</sup>	16,47 <sup>a</sup>	17,72 <sup>a</sup>
	MG		17,75 <sup>ab</sup>	18,87 <sup>a</sup>	18,92 <sup>a</sup>	17,12 <sup>a</sup>	16,90 <sup>a</sup>
	KO		16,65 <sup>a</sup>	15,07 <sup>c</sup>	16,02 <sup>b</sup>	16,10 <sup>a</sup>	17,32 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Miholec	KD	39,20	33,17 <sup>a</sup>	21,02 <sup>a</sup>	25,90 <sup>a</sup>	19,47 <sup>a</sup>	27,12 <sup>a</sup>
	TD		33,17 <sup>a</sup>	20,25 <sup>a</sup>	24,97 <sup>a</sup>	15,45 <sup>b</sup>	24,60 <sup>b</sup>
	MG		31,10 <sup>a</sup>	18,95 <sup>a</sup>	23,77 <sup>a</sup>	10,92 <sup>c</sup>	20,75 <sup>c</sup>
	KO		31,42 <sup>a</sup>	19,60 <sup>a</sup>	19,72 <sup>b</sup>	19,95 <sup>a</sup>	20,77 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	54,20	54,17 <sup>a</sup>	31,97 <sup>ab</sup>	40,47 <sup>a</sup>	29,62	34,15 <sup>b</sup>
	TD		51,77 <sup>a</sup>	34,45 <sup>a</sup>	39,15 <sup>a</sup>	45,75	42,10 <sup>a</sup>
	MG		53,95 <sup>a</sup>	30,65 <sup>ab</sup>	37,00 <sup>a</sup>	37,15	36,97 <sup>ab</sup>
	KO		53,27 <sup>a</sup>	38,37 <sup>b</sup>	39,45 <sup>a</sup>	35,85	36,22 <sup>ab</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	29,60	26,12 <sup>a</sup>	24,35 <sup>b</sup>	26,42 <sup>a</sup>	25,32 <sup>b</sup>	28,12 <sup>a</sup>
	TD		27,00 <sup>a</sup>	27,60 <sup>a</sup>	28,95 <sup>a</sup>	23,77 <sup>b</sup>	26,75 <sup>ab</sup>
	MG		28,67 <sup>a</sup>	26,95 <sup>a</sup>	27,29 <sup>a</sup>	26,45 <sup>a</sup>	27,25 <sup>a</sup>
	KO		28,70 <sup>a</sup>	27,97 <sup>a</sup>	26,17 <sup>a</sup>	25,47 <sup>ab</sup>	24,17 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Maksimalno dozvoljene količine prema Pravilniku							
Element, mg/kg	pH u 1MKCL-u						
	< 5	5 – 6		> 6			
Nikal, Ni	30	50		75			

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola



Tablica 36. Sadržaj kadmija u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Kadmij (Cd), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljulja
Gračina	KD	0,34	0,45 <sup>a</sup>	0,26 <sup>c</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>
	TD		0,37 <sup>a</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>
	MG		0,35 <sup>a</sup>	0,25 <sup>c</sup>	0,82 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>
	KO		0,45 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,42 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	0,46	0,35 <sup>a</sup>	0,29 <sup>b</sup>	0,75 <sup>b</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>
	TD		0,46 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,85 <sup>b</sup>	0,40 <sup>ab</sup>	0,37 <sup>a</sup>
	MG		0,41 <sup>b</sup>	0,40 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,27 <sup>b</sup>
	KO		0,32 <sup>b</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,82 <sup>b</sup>	0,42 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	0,96	0,85 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>
	TD		0,77 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>
	MG		0,95 <sup>a</sup>	0,53 <sup>b</sup>	0,75 <sup>b</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,57 <sup>a</sup>
	KO		0,87 <sup>a</sup>	0,41 <sup>c</sup>	0,80 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,25 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	0,97	0,92 <sup>a</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,90 <sup>a</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,47 <sup>b</sup>
	TD		0,90 <sup>a</sup>	0,47 <sup>b</sup>	0,79 <sup>ab</sup>	0,37 <sup>ab</sup>	0,52 <sup>a</sup>
	MG		0,57 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	0,67 <sup>b</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>
	KO		1,05 <sup>a</sup>	0,36 <sup>c</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,40 <sup>ab</sup>	0,25 <sup>c</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	1,50	1,37 <sup>a</sup>	0,99 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>
	TD		1,35 <sup>a</sup>	0,93 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>
	MG		1,25 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>	0,85 <sup>b</sup>	0,50 <sup>b</sup>	0,47 <sup>b</sup>
	KO		1,27 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,35 <sup>c</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	0,92	0,87 <sup>a</sup>	0,44 <sup>ab</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>
	TD		0,77 <sup>a</sup>	0,37 <sup>c</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>
	MG		0,87 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,37 <sup>b</sup>
	KO		0,95 <sup>a</sup>	0,41 <sup>bc</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,32 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Maksimalno dozvoljene količine prema Pravilniku							
Element, mg/kg	pH u 1MKCL-u						
	< 5	5 – 6		> 6			
Kadmij, Cd	1	1,5		2			

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola



Tablica 37. Sadržaj olova u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Olova (Pb), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Otkos ljulja
Gračina	KD	16,70	17,50 <sup>b</sup>	16,45 <sup>a</sup>	16,42 <sup>a</sup>	16,40 <sup>a</sup>	17,45 <sup>ab</sup>
	TD		18,90 <sup>ab</sup>	17,80 <sup>a</sup>	18,77 <sup>a</sup>	17,92 <sup>a</sup>	18,07 <sup>ab</sup>
	MG		17,10 <sup>b</sup>	15,87 <sup>a</sup>	16,75 <sup>a</sup>	16,15 <sup>a</sup>	16,12 <sup>a</sup>
	KO		19,55 <sup>a</sup>	18,50 <sup>a</sup>	17,60 <sup>a</sup>	19,07 <sup>a</sup>	19,27 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	16,11	16,37 <sup>a</sup>	16,27 <sup>a</sup>	16,42 <sup>a</sup>	16,37 <sup>a</sup>	16,47 <sup>ab</sup>
	TD		18,45 <sup>a</sup>	16,80 <sup>a</sup>	16,17 <sup>a</sup>	17,30 <sup>a</sup>	19,12 <sup>a</sup>
	MG		16,60 <sup>b</sup>	17,55 <sup>a</sup>	15,65 <sup>a</sup>	17,77 <sup>a</sup>	17,97 <sup>a</sup>
	KO		17,10 <sup>ab</sup>	14,35 <sup>a</sup>	16,90 <sup>a</sup>	14,60 <sup>a</sup>	14,80 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	15,00	13,57 <sup>a</sup>	19,55 <sup>a</sup>	15,22 <sup>a</sup>	19,55 <sup>b</sup>	20,00 <sup>a</sup>
	TD		14,50 <sup>a</sup>	21,02 <sup>a</sup>	16,42 <sup>a</sup>	22,22 <sup>a</sup>	20,82 <sup>a</sup>
	MG		13,55 <sup>a</sup>	19,07 <sup>a</sup>	14,60 <sup>a</sup>	19,17 <sup>b</sup>	19,32 <sup>a</sup>
	KO		15,97 <sup>a</sup>	20,07 <sup>a</sup>	15,62 <sup>a</sup>	19,97 <sup>b</sup>	20,17 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	24,10	25,50 <sup>a</sup>	20,97 <sup>a</sup>	24,40 <sup>a</sup>	21,10 <sup>a</sup>	21,35 <sup>ab</sup>
	TD		26,25 <sup>a</sup>	18,25 <sup>b</sup>	24,95 <sup>a</sup>	18,52 <sup>b</sup>	18,82 <sup>c</sup>
	MG		22,57 <sup>a</sup>	20,40 <sup>ab</sup>	23,02 <sup>a</sup>	20,07 <sup>ab</sup>	20,30 <sup>b</sup>
	KO		25,62 <sup>a</sup>	22,27 <sup>a</sup>	22,75 <sup>a</sup>	22,00 <sup>a</sup>	22,00 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	23,40	19,15 <sup>ab</sup>	26,55 <sup>a</sup>	27,84 <sup>a</sup>	28,47 <sup>a</sup>	26,25 <sup>a</sup>
	TD		21,32 <sup>a</sup>	28,35 <sup>b</sup>	29,74 <sup>a</sup>	22,86 <sup>b</sup>	28,17 <sup>a</sup>
	MG		15,95 <sup>b</sup>	29,25 <sup>b</sup>	29,55 <sup>a</sup>	23,52 <sup>b</sup>	29,67 <sup>a</sup>
	KO		15,30 <sup>b</sup>	28,67 <sup>b</sup>	28,59 <sup>a</sup>	20,34 <sup>c</sup>	28,80 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	23,10	23,67 <sup>a</sup>	23,55 <sup>a</sup>	22,80 <sup>a</sup>	23,55 <sup>a</sup>	22,15 <sup>a</sup>
	TD		23,27 <sup>a</sup>	17,85 <sup>b</sup>	22,25 <sup>a</sup>	22,30 <sup>b</sup>	20,68 <sup>a</sup>
	MG		23,55 <sup>a</sup>	20,47 <sup>ab</sup>	23,30 <sup>a</sup>	23,27 <sup>a</sup>	20,95 <sup>a</sup>
	KO		22,10 <sup>a</sup>	20,85 <sup>ab</sup>	22,67 <sup>a</sup>	22,12 <sup>b</sup>	21,97 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Maksimalno dozvoljene količine prema Pravilniku							
Element, mg/kg	pH u 1MKCL-u						
	< 5	5 – 6		> 6			
Olovo, Pb	50	100		150			

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola



Tablica 38. Sadržaj kroma u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Kroma (Cr), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Busanje ljulja
Gračina	KD	36,3	36,42 <sup>a</sup>	31,17 <sup>a</sup>	19,24 <sup>bc</sup>	15,62 <sup>c</sup>	15,97 <sup>c</sup>
	TD		33,95 <sup>a</sup>	32,97 <sup>a</sup>	22,74 <sup>b</sup>	17,85 <sup>b</sup>	18,05 <sup>b</sup>
	MG		25,70 <sup>b</sup>	29,37 <sup>a</sup>	18,46 <sup>c</sup>	14,92 <sup>c</sup>	15,10 <sup>c</sup>
	KO		37,05 <sup>a</sup>	34,20 <sup>a</sup>	25,04 <sup>a</sup>	22,60 <sup>a</sup>	21,95 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	28,00	23,01 <sup>a</sup>	19,23 <sup>a</sup>	24,52 <sup>a</sup>	14,30 <sup>b</sup>	13,87 <sup>c</sup>
	TD		23,86 <sup>a</sup>	18,53 <sup>a</sup>	22,11 <sup>ab</sup>	15,82 <sup>ab</sup>	15,92 <sup>ab</sup>
	MG		24,43 <sup>a</sup>	20,14 <sup>a</sup>	24,32 <sup>a</sup>	16,27 <sup>a</sup>	16,10 <sup>a</sup>
	KO		22,74 <sup>a</sup>	15,76 <sup>b</sup>	20,86 <sup>b</sup>	15,05 <sup>ab</sup>	14,87 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	39,8	38,27 <sup>a</sup>	34,60 <sup>ab</sup>	22,02 <sup>a</sup>	10,30 <sup>a</sup>	10,67 <sup>a</sup>
	TD		38,57 <sup>a</sup>	33,77 <sup>b</sup>	22,34 <sup>a</sup>	9,65 <sup>a</sup>	9,75 <sup>a</sup>
	MG		34,62 <sup>b</sup>	30,07 <sup>b</sup>	19,72 <sup>b</sup>	10,85 <sup>a</sup>	10,60 <sup>a</sup>
	KO		33,57 <sup>b</sup>	36,65 <sup>a</sup>	23,07 <sup>a</sup>	10,72 <sup>a</sup>	10,22 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	52,8	62,27 <sup>a</sup>	44,60 <sup>a</sup>	19,82 <sup>b</sup>	26,32 <sup>a</sup>	26,67 <sup>b</sup>
	TD		48,57 <sup>b</sup>	43,77 <sup>a</sup>	19,96 <sup>b</sup>	23,47 <sup>b</sup>	23,40 <sup>c</sup>
	MG		54,62 <sup>ab</sup>	40,07 <sup>a</sup>	27,70 <sup>a</sup>	28,00 <sup>a</sup>	29,32 <sup>a</sup>
	KO		53,57 <sup>ab</sup>	46,65 <sup>a</sup>	19,32 <sup>b</sup>	23,60 <sup>b</sup>	22,35 <sup>d</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	79,11	82,82 <sup>a</sup>	53,20 <sup>a</sup>	15,63 <sup>d</sup>	33,40 <sup>a</sup>	32,80 <sup>a</sup>
	TD		69,45 <sup>ab</sup>	53,25 <sup>a</sup>	20,75 <sup>c</sup>	32,35 <sup>a</sup>	32,20 <sup>a</sup>
	MG		73,55 <sup>ab</sup>	47,72 <sup>b</sup>	29,55 <sup>b</sup>	33,60 <sup>a</sup>	33,77 <sup>a</sup>
	KO		64,17 <sup>b</sup>	46,95 <sup>b</sup>	31,98 <sup>a</sup>	34,67 <sup>a</sup>	32,60 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	39,20	42,55 <sup>a</sup>	38,70 <sup>a</sup>	29,55 <sup>a</sup>	23,77 <sup>a</sup>	24,70 <sup>a</sup>
	TD		43,37 <sup>a</sup>	35,20 <sup>b</sup>	26,74 <sup>b</sup>	24,20 <sup>a</sup>	23,65 <sup>a</sup>
	MG		42,20 <sup>a</sup>	39,70 <sup>a</sup>	28,62 <sup>ab</sup>	23,45 <sup>a</sup>	22,85 <sup>a</sup>
	KO		43,87 <sup>a</sup>	38,82 <sup>a</sup>	30,40 <sup>a</sup>	24,32 <sup>a</sup>	23,96 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Maksimalno dozvoljene količine prema Pravilniku							
Element, mg/100 g	pH u 1MKCL-u						
	< 5	5 – 6		> 6			
Kroma, Cr	40	80		120			

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola



Tablica 39. Sadržaj žive u tlu

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Živa (Hg), mg/kg					
		Početno stanje	Voštana zrioba	U berbi kukuruza	Busanje pšenice	Nakon žetve	Busanje ljulja
Gračina	KD	0,040	0,027 <sup>a</sup>	0,014 <sup>a</sup>	0,059 <sup>c</sup>	0,065 <sup>c</sup>	0,086 <sup>b</sup>
	TD		0,039 <sup>a</sup>	0,010 <sup>c</sup>	0,058 <sup>c</sup>	0,066 <sup>c</sup>	0,095 <sup>a</sup>
	MG		0,036 <sup>a</sup>	0,012 <sup>b</sup>	0,061 <sup>b</sup>	0,082 <sup>b</sup>	0,082 <sup>c</sup>
	KO		0,031 <sup>a</sup>	0,080 <sup>d</sup>	0,063 <sup>a</sup>	0,095 <sup>a</sup>	0,081 <sup>c</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gradec	KD	0,0561	0,040 <sup>b</sup>	0,012 <sup>b</sup>	0,058 <sup>b</sup>	0,072 <sup>b</sup>	0,091 <sup>a</sup>
	TD		0,066 <sup>a</sup>	0,013 <sup>a</sup>	0,061 <sup>a</sup>	0,069 <sup>a</sup>	0,091 <sup>a</sup>
	MG		0,073 <sup>a</sup>	0,013 <sup>a</sup>	0,063 <sup>a</sup>	0,071 <sup>b</sup>	0,090 <sup>a</sup>
	KO		0,047 <sup>b</sup>	0,011 <sup>b</sup>	0,062 <sup>a</sup>	0,069 <sup>a</sup>	0,089 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Podolec	KD	0,0423	0,023 <sup>b</sup>	0,057 <sup>a</sup>	0,053 <sup>b</sup>	0,094 <sup>a</sup>	0,077 <sup>a</sup>
	TD		0,037 <sup>b</sup>	0,070 <sup>a</sup>	0,067 <sup>a</sup>	0,095 <sup>a</sup>	0,087 <sup>a</sup>
	MG		0,027 <sup>b</sup>	0,070 <sup>a</sup>	0,054 <sup>b</sup>	0,084 <sup>a</sup>	0,088 <sup>a</sup>
	KO		0,065 <sup>a</sup>	0,071 <sup>a</sup>	0,068 <sup>a</sup>	0,078 <sup>a</sup>	0,091 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Miholec	KD	0,0580	0,029 <sup>b</sup>	0,011 <sup>ab</sup>	0,057 <sup>a</sup>	0,084 <sup>a</sup>	0,074
	TD		0,049 <sup>ab</sup>	0,010 <sup>b</sup>	0,058 <sup>a</sup>	0,061 <sup>b</sup>	0,074
	MG		0,059 <sup>a</sup>	0,013 <sup>a</sup>	0,072 <sup>a</sup>	0,092 <sup>a</sup>	0,064
	KO		0,046 <sup>ab</sup>	0,013 <sup>a</sup>	0,074 <sup>a</sup>	0,063 <sup>b</sup>	0,084 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Dropkovec	KD	0,0677	0,036 <sup>ab</sup>	0,055 <sup>a</sup>	0,064 <sup>b</sup>	0,079 <sup>b</sup>	0,074 <sup>b</sup>
	TD		0,042 <sup>a</sup>	0,050 <sup>a</sup>	0,059 <sup>b</sup>	0,075 <sup>b</sup>	0,087 <sup>a</sup>
	MG		0,047 <sup>b</sup>	0,034 <sup>b</sup>	0,068 <sup>a</sup>	0,096 <sup>a</sup>	0,060 <sup>c</sup>
	KO		0,063 <sup>a</sup>	0,032 <sup>b</sup>	0,069 <sup>a</sup>	0,097 <sup>a</sup>	0,090 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Gregurovec	KD	0,0620	0,072 <sup>a</sup>	0,011 <sup>b</sup>	0,063 <sup>a</sup>	0,055 <sup>a</sup>	0,068 <sup>a</sup>
	TD		0,043 <sup>a</sup>	0,018 <sup>ab</sup>	0,061 <sup>a</sup>	0,063 <sup>a</sup>	0,071 <sup>a</sup>
	MG		0,043 <sup>a</sup>	0,021 <sup>a</sup>	0,058 <sup>a</sup>	0,061 <sup>a</sup>	0,069 <sup>a</sup>
	KO		0,044 <sup>a</sup>	0,023 <sup>a</sup>	0,059 <sup>a</sup>	0,059 <sup>a</sup>	0,061 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju							
Maksimalno dozvoljene količine prema Pravilniku							
Element, mg/kg	pH u 1MKCL-u						
	< 5	5 – 6			> 6		
Žive, Hg	0,5	1			1,5		

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Razvidno je iz tablica s podacima o sadržaju istraživanih teških metala u tlu po lokacijama i varijantama gnojidbe (33. - 39.) da je početni sadržaj istraživanih teških metala na svim lokacijama bio manji od maksimalno dopuštenih vrijednosti definiranih Pravilnikom, a niti tijekom istraživanja ni na jednoj lokaciji niti varijanti gnojidbe njihov sadržaj nije prelazio propisane maksimalno dopuštene vrijednosti. Međutim, na lokaciji Gračina i Podolec početni utvrđeni sadržaj zinka u tlu je vrlo blizu maksimalno dopuštenim vrijednostima, ali se tijekom



istraživanja nije povećao iznad maksimalno dopuštenih koncentracija. Bakar kao biogeni element potreban je biljkama u malim količinama. Utvrđeni količine bakra u tlu u granicama su srednjih vrijednosti u tlima Hrvatske (30 mg/kg), a tijekom istraživanja nije ustanovljen utjecaj gnojidbe na njegov sadržaj u tlu. Statističke opravdane razlike između varijanata gnojidbe su raspršene bez pravilnosti po lokacijama i varijantama gnojidbe tijekom istraživanja.

## 2.6. Prinosi uzgajanih kultura

Cilj svakog uzgoja je održivi prinos i kvaliteta. U sljedeća tri potpoglavlja prikazani su prinosi istraživanih kultura, kukuruza, pšenice i talijanskog ljulja.

### 2.6.1. Prinos kukuruza

Prinos nadzemne mase kukuruza u voštanoj zriobi i prinos zrna te sadržaj vlage u berbi prikazuje tablica 40.

Tablica 40. Prinos nadzemne mase kukuruza u voštanoj zriobi i prinos zrna te sadržaj vlage u biljnoj masi i zrnu u berbi

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Sadržaj vlage u nadzemnoj masi biljaka, %	Prinos nadzemne mase biljaka u voštanoj zriobi s 65% vlage	Sadržaj vlage u zrnu kukuruza u berbi	Prinos zrna kukuruza s 14% vlage
Dropkovec	KD	56,83 <sup>a</sup>	33,76 <sup>a</sup>	22,70 <sup>a</sup>	12,40 <sup>a</sup>
	TD	60,37 <sup>a</sup>	29,27 <sup>a</sup>	24,07 <sup>a</sup>	10,88 <sup>a</sup>
	MG	61,45 <sup>a</sup>	27,64 <sup>a</sup>	21,70 <sup>a</sup>	13,30 <sup>a</sup>
	KO	60,48 <sup>a</sup>	28,64 <sup>a</sup>	25,50 <sup>a</sup>	10,09 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Miholec	KD	59,56 <sup>a</sup>	24,67 <sup>a</sup>	19,60 <sup>a</sup>	10,96 <sup>a</sup>
	TD	56,31 <sup>a</sup>	30,98 <sup>a</sup>	22,29 <sup>a</sup>	11,80 <sup>a</sup>
	MG	58,32 <sup>a</sup>	30,98 <sup>a</sup>	20,73 <sup>a</sup>	12,11 <sup>a</sup>
	KO	58,97 <sup>a</sup>	25,94 <sup>a</sup>	16,60 <sup>b</sup>	10,80 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gregurovec	KD	66,21 <sup>a</sup>	19,41 <sup>bc</sup>	28,73 <sup>a</sup>	11,05 <sup>a</sup>
	TD	67,25 <sup>a</sup>	28,70 <sup>a</sup>	28,48 <sup>a</sup>	10,82 <sup>a</sup>
	MG	62,74 <sup>b</sup>	26,89 <sup>ab</sup>	27,13 <sup>a</sup>	11,02 <sup>a</sup>
	KO	63,02 <sup>b</sup>	13,25 <sup>c</sup>	27,46 <sup>a</sup>	8,71 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gračina	KD	64,38 <sup>a</sup>	36,75 <sup>a</sup>	26,90 <sup>ab</sup>	16,25 <sup>a</sup>
	TD	65,56 <sup>a</sup>	39,25 <sup>a</sup>	30,18 <sup>a</sup>	15,05 <sup>a</sup>
	MG	65,74 <sup>a</sup>	38,14 <sup>a</sup>	29,91 <sup>a</sup>	14,70 <sup>a</sup>
	KO	63,83 <sup>a</sup>	34,95 <sup>a</sup>	24,96 <sup>b</sup>	13,99 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gradec	KD	62,07 <sup>a</sup>	42,26 <sup>a</sup>	22,31 <sup>ab</sup>	17,20 <sup>a</sup>
	TD	63,37 <sup>a</sup>	41,42 <sup>a</sup>	23,12 <sup>ab</sup>	14,65 <sup>a</sup>
	MG	62,54 <sup>a</sup>	41,58 <sup>a</sup>	19,86 <sup>b</sup>	14,66 <sup>a</sup>
	KO	63,76 <sup>a</sup>	32,45 <sup>a</sup>	24,95 <sup>a</sup>	14,38 <sup>a</sup>



* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
<b>Podolec</b>	<b>KD</b>	64,24 <sup>a</sup>	27,13 <sup>ab</sup>	25,94 <sup>a</sup>	10,88 <sup>ab</sup>
	<b>TD</b>	65,87 <sup>a</sup>	27,57 <sup>a</sup>	26,96 <sup>a</sup>	12,67 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>	64,97 <sup>a</sup>	24,72 <sup>ab</sup>	27,33 <sup>a</sup>	12,61 <sup>a</sup>
	<b>KO</b>	66,37 <sup>a</sup>	15,06 <sup>b</sup>	23,11 <sup>a</sup>	10,05 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Iz tablice 40 može se vidjeti da je sadržaj vlage u nadzemnoj masi kukuruza u voštanoj zriobi varirao od 56,31 do 67,25 %, promatrajući sve lokacije i varijante pokusa. Najniža vlaga bila je na lokaciji Dropkovec. Nisu utvrđene značajne razlike među varijantama pokusa ni na jednoj lokaciji. Vrijednosti prinosa nadzemne mase u momentu uzimanja uzoraka varirale su od svega 13,25 t/ha do 42,26 t/ha. Na lokacijama Dropkovec, Miholec, Gračina i Gradec variranja su bila mala te nije bilo statistički opravdanih razlika među varijantama pokusa, iako se može uočiti da su najniže vrijednosti bilježene na kontrolnoj varijanti. Na ostale dvije lokacije najveći prinos utvrđen je na površinama gnojenim tekućim digestatom, iako na lokaciji Gregurovec to nije bila značajno veća vrijednost u odnosu na varijantu gnojenu mineralnim gnojivom, a na lokaciji Podolec u odnosu na gnojidbu krutim digestatom i gnojidbu mineralnim gnojivom. Usporedbom isključivo gnojenih varijanti može se vidjeti da nisu zabilježene značajne razlike u prinosu nadzemne mase dobivenom na varijanti gnojenoj mineralnim gnojem u odnosu na varijante gnojene krutim i tekućim digestatom.

U trenutku berbe kukuruza vlaga u zrnu kretala se od 16,60 do 29,91. Kao i vlaga nadzemne mase, i vlaga zrna bila je najniža na lokaciji Dropkovec. Na lokacijama Dropkovec, Gregurovec i Podolec nije bilo statistički opravdanih razlika među varijantama pokusa, dok su na ostale tri lokacije utvrđene razlike. U Podolcu i Gračini zrno kukuruza bilo je najvlažnije na kontrolnoj varijanti, a u Gradecu je na kontrolnoj varijanti utvrđena najviša vlaga zrna, iako se vrijednosti nisu značajno razlikovale od onih utvrđenih na površinama gnojenim krutim ili tekućim digestatom.

Prinos zrna s 14% vlage kretao u rasponu od 8,71 do 17,20 t/ha. Gnojidba, bez obzira na vrstu i količinu gnojiva, dovela je do većih prinosa zrna na svim lokacijama, međutim te razlike nisu se pokazale statistički opravdanim na lokacijama Gregurovec i Podolec, i to izrazito na lokaciji Gregurovec. Kao i kod prinosa nadzemne mase, tako i kod prinosa zrna, usporedbom isključivo gnojenih varijanti, nisu zabilježene značajne razlike u prinosu zrna dobivenom na varijanti gnojenoj mineralnim gnojem naspram varijanti gnojenih krutim ili tekućim digestatom.





## 2.6.2. Prinos ozime pšenice

Prinos zrna pšenice s 14% vlage i sadržaj vlage u zrnu u vrijeme žetve prikazuje tablica 41.

Tablica 41. Prinos zrna pšenice i sadržaj vlage u žetvi

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Sadržaj vlage u zrnu, %	Prinos zrna pšenice, t/ha s 14% vlage
Dropkovec	KD	12,85 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>
	TD	12,52 <sup>a</sup>	5,75 <sup>ab</sup>
	MG	13,07 <sup>a</sup>	6,32 <sup>ab</sup>
	KO	12,97 <sup>a</sup>	4,72 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju			
Miholec	KD	13,05 <sup>a</sup>	8,49 <sup>ab</sup>
	TD	12,85 <sup>a</sup>	9,87 <sup>a</sup>
	MG	12,87 <sup>a</sup>	9,19 <sup>a</sup>
	KO	13,00 <sup>a</sup>	6,50 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju			
Gregurovec	KD	12,85 <sup>a</sup>	8,38 <sup>a</sup>
	TD	12,37 <sup>a</sup>	7,37 <sup>a</sup>
	MG	12,50 <sup>a</sup>	6,81 <sup>ab</sup>
	KO	12,77 <sup>a</sup>	5,25 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju			
Gračina	KD	13,02 <sup>a</sup>	8,64 <sup>a</sup>
	TD	13,25 <sup>a</sup>	7,52 <sup>a</sup>
	MG	13,22 <sup>a</sup>	9,73 <sup>a</sup>
	KO	13,57 <sup>a</sup>	3,93 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju			
Gradec	KD	13,17 <sup>a</sup>	5,82 <sup>b</sup>
	TD	12,92 <sup>a</sup>	8,53 <sup>a</sup>
	MG	13,05 <sup>a</sup>	6,41 <sup>ab</sup>
	KO	12,87 <sup>a</sup>	5,01 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju			
Podolec	KD	12,55 <sup>a</sup>	6,83 <sup>ab</sup>
	TD	12,50 <sup>a</sup>	7,57 <sup>ab</sup>
	MG	13,02 <sup>a</sup>	8,14 <sup>a</sup>
	KO	12,75 <sup>a</sup>	4,77 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju			

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Iz tablice 41 može se vidjeti da je sadržaj vlage zrna u žetvi varirao od 12,37 do 13,57 %. Nije bilo značajnih razlika među varijantama pokusa ni na jednoj lokaciji.

Prinosi zrna pšenice na svim lokacijama i varijantama pokusa kretali su se od 3,93 do 9,87 t/ha. Utvrđeno je da su na negnojnim varijantama postizani najniži prinosi zrna, ali se na većini lokacija nisu značajno razlikovali od jedne od varijanti gnojidbe. Gnojidba je dovela do povećanja prinosa zrna pšenice, međutim nije pokazala pravilnosti u utjecaju vrste i količine gnojiva na prinos zrna pšenice, odnosno nije bilo statistički opravdane razlike ni na jednoj



lokaciji između tri varijante gnojidbe, osim na lokaciji Gradec gdje je gnojidbom tekućim digestatom zabilježen značajno veći prinos zrna u odnosu na gnojidbu krutim digestatom. Uspoređujući utjecaj mineralnog gnojiva te tekućeg i krutog digestata na prinos zrna pšenice, vidljivo je da se prinosi na varijantama gnojenim mineralnim gnojivom nisu značajno razlikovali od onih na površinama gnojenim krutim ili tekućim digestatom.

### 2.6.3. Prinos talijanskog ljulja

Prinos zelene mase i sijena talijanskog ljulja s 14% vlage prikazuje tablica 42.

Tablica 42. Prinos zelene mase i sijena talijanskog ljulja

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Prinos zelene mase, t/ha	Prinos sijena, t/ha
Dropkovec	KD	35,50 <sup>b</sup>	6,21 <sup>a</sup>
	TD	43,00 <sup>a</sup>	4,67 <sup>b</sup>
	MG	34,00 <sup>b</sup>	4,92 <sup>b</sup>
	KO	14,00 <sup>c</sup>	2,82 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju		
Miholec	KD	40,50 <sup>a</sup>	6,16 <sup>a</sup>
	TD	38,50 <sup>a</sup>	6,09 <sup>a</sup>
	MG	33,50 <sup>b</sup>	5,42 <sup>b</sup>
	KO	26,50 <sup>c</sup>	4,82 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju		
Gregurovec	KD	35,50 <sup>ab</sup>	5,41 <sup>ab</sup>
	TD	37,00 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>
	MG	31,00 <sup>b</sup>	4,87 <sup>b</sup>
	KO	13,50 <sup>c</sup>	2,89 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju		
Gračina	KD	53,50 <sup>a</sup>	7,58 <sup>a</sup>
	TD	57,00 <sup>a</sup>	7,68 <sup>a</sup>
	MG	45,50 <sup>b</sup>	6,63 <sup>b</sup>
	KO	22,00 <sup>c</sup>	4,66 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju		
Gradec	KD	35,00 <sup>b</sup>	5,46 <sup>b</sup>
	TD	46,00 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>
	MG	36,50 <sup>b</sup>	6,04 <sup>b</sup>
	KO	26,50 <sup>c</sup>	4,76 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju		
Podolec	KD	22,50 <sup>b</sup>	4,60 <sup>b</sup>
	TD	38,50 <sup>a</sup>	6,47 <sup>a</sup>
	MG	24,50 <sup>b</sup>	4,57 <sup>b</sup>
	KO	11,50 <sup>c</sup>	2,61 <sup>c</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju		

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Gledano ukupno svih šest lokacija i sve četiri varijante može se vidjeti da je prinos svježe zelene mase bio u rasponu od 11,5 t/ha do maksimalno 57 t/ha. Redovito su značajno najniži prinosi



bilježeni na kontrolnoj varijanti u odnosu na sve tri varijante gnojidbe. Uspoređujući varijante gnojidbe međusobno, može se zaključiti da je redovito značajno najviši prinos utvrđivan na varijanti gnojenoj s tekućim digestatom, osim na lokaciji Gregurovec gdje nije utvrđena značajna razlika između gnojidbe tekućim i krutim digestatom. Usporedbom utjecaja mineralnih i organskih gnojiva na prinos zelene mase talijanskog ljulja može se vidjeti da je mineralnom gnojidbom postignut niži prinos ljulja u odnosu na prinos dobiven gnojidbom tekućim digestatom, a niži (lokacija Miholec i Gračina) ili bez značajnih razlika u visini prinosa u odnosu na kruti digestat na druge četiri lokacije.

Što se tiče prinosa sijena talijanskog ljulja, u potpunosti prati međusobne odnose prinosa zelene između varijanti i lokacija, što znači da je veći prinos svježije mase donekle bio i rezultat većeg sadržaja vlage u njoj. Najniži sadržaj vlage bio je u masi na kontrolnim varijantama. Sadržaj vlage u cijelom istraživanju kretao se od 80,45 do 88,69%. Najniži prinosi su utvrđeni su na kontrolnim varijantama na svim lokacijama. Najviši su prinosi sijena na svim lokacijama postignuti na varijanti gnojenoj tekućim digestatom. Također, prinosi na varijanti gnojenoj mineralnim gnojivom niži su ili jednaki prinosisima sijena na varijanti gnojenoj krutim digestatom, a značajno niži nego na površinama gnojenim tekućim digestatom.

## 2.7. Sadržaj minerala u kukuruзу, pšenici i talijanskom ljulju

Kod kukuruza, pšenice i talijanskom ljulju utvrđivan je sadržaj dušika (N), fosfora (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), kalija (K<sub>2</sub>O), kalcija (Ca) i magnezija (Mg).

### 2.7.1. Sadržaj minerala u biljci kukuruza u voštanoj zriobi

Sadržaj makroelemenata u voluminoznoj masi kukuruza (silazne mase) u stadiju voštane zriobe, po lokacijama i varijantama gnojidbe prikazuje tablica 43.

Tablica 43. Sadržaj makroelemenata u cijeloj biljci u voštanoj zriobi kukuruza

Lokacija	Varijanta gnojidbe	N, % u ST	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % u ST	K <sub>2</sub> O % u ST	Ca, % u ST	Mg, % u ST
Miholec	KD	0,73 <sup>b</sup>	0,62 <sup>a</sup>	2,26 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>
	TD	0,90 <sup>ab</sup>	0,66 <sup>a</sup>	2,30 <sup>a</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	MG	1,11 <sup>a</sup>	0,58 <sup>b</sup>	2,16 <sup>b</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	KO	0,85 <sup>b</sup>	0,52 <sup>b</sup>	2,22 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	0,86 <sup>a</sup>	0,44 <sup>a</sup>	1,92 <sup>b</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	TD	0,76 <sup>b</sup>	0,46 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	MG	0,73 <sup>b</sup>	0,46 <sup>a</sup>	2,07 <sup>ab</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	KO	0,66 <sup>c</sup>	0,40 <sup>b</sup>	1,95 <sup>b</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,13 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	0,83 <sup>b</sup>	0,50 <sup>b</sup>	2,13 <sup>ab</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,14 <sup>ab</sup>



	TD	0,94 <sup>a</sup>	0,50 <sup>b</sup>	2,40 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,14 <sup>ab</sup>
	MG	0,84 <sup>b</sup>	0,58 <sup>a</sup>	2,02 <sup>b</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	KO	0,78 <sup>c</sup>	0,41 <sup>c</sup>	1,93 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gračina	KD	0,77 <sup>b</sup>	0,42 <sup>b</sup>	2,37 <sup>a</sup>	0,14 <sup>bc</sup>	0,11 <sup>a</sup>
	TD	0,85 <sup>ab</sup>	0,46 <sup>a</sup>	2,25 <sup>ab</sup>	0,16 <sup>b</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	MG	0,92 <sup>a</sup>	0,41 <sup>b</sup>	2,17 <sup>b</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	KO	0,83 <sup>b</sup>	0,40 <sup>b</sup>	2,08 <sup>b</sup>	0,10 <sup>c</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gradec	KD	0,91 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>
	TD	0,82 <sup>b</sup>	0,41 <sup>a</sup>	2,08 <sup>ab</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	MG	0,87 <sup>ab</sup>	0,44 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	KO	0,80 <sup>b</sup>	0,36 <sup>a</sup>	2,01 <sup>b</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Podolec	KD	0,86 <sup>b</sup>	0,44 <sup>b</sup>	2,25 <sup>a</sup>	0,24 <sup>ab</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	TD	0,77 <sup>bc</sup>	0,43 <sup>b</sup>	2,20 <sup>a</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	MG	0,95 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>	2,00 <sup>ab</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>
	KO	0,60 <sup>c</sup>	0,53 <sup>a</sup>	1,79 <sup>b</sup>	0,25 <sup>ab</sup>	0,16 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući podatke iz tablice 43 o sadržaju makroelemenata u cijeloj biljci kukuruza u voštanoj zriobi za svaku lokaciju posebno, uočavamo sljedeće:

**Miholec:** Gnojidba tekućim digestatom rezultirala je višim sadržajem dušika u usporedbi s kontrolom, ali nižim u odnosu na mineralno gnojivo. Za fosfor, kruti digestat pokazao je najvišu koncentraciju, dok je mineralno gnojivo imalo najnižu. Kod kalija, tekući digestat i kontrola imali su slične vrijednosti, više od krutog digestata i mineralnog gnojiva.

**Dropkovec:** Kruti digestat imao je najvišu koncentraciju dušika, a kontrola najnižu. Za fosfor, nisu uočene značajne razlike između različitih tretmana. Kod kalija, tekući digestat pokazao je najvišu vrijednost, dok je kruti digestat imao najnižu.

**Gregurovec:** Najvišu koncentraciju dušika pokazao je tekući digestat, dok je kontrola imala najnižu. Za fosfor, mineralno gnojivo imalo je najvišu koncentraciju. Kod kalija, tekući digestat je bio najučinkovitiji, dok je mineralno gnojivo imalo najnižu koncentraciju.

**Gračina:** Mineralno gnojivo pokazalo je najvišu koncentraciju dušika, a kontrola i kruti digestat slične, niže vrijednosti. Fosfor je bio najviši kod tekućeg digestata, a najniži kod kontrole. Za kalij, kruti digestat imao je najvišu vrijednost, dok je mineralno gnojivo imalo najnižu.

**Gradec:** Kruti digestat imao je najvišu koncentraciju dušika. Za fosfor, nije bilo značajnih razlika između tretmana. Kod kalija, mineralno gnojivo i kruti digestat pokazali su slične, najviše vrijednosti.

**Podolec:** Mineralno gnojivo imalo je najvišu koncentraciju dušika, a kontrola najnižu. Fosfor je bio najviši kod kontrole, a najniži kod krutog digestata. Za kalij, kruti i tekući digestat imali su slične, najviše vrijednosti.



Ukupno, može se zaključiti da različiti tretmani gnojidbe imaju varijabilan utjecaj na sadržaj makroelemenata u kukuruza, ovisno o lokaciji i specifičnom elementu.

Ako uzimamo u obzir učinke gnojidbe tekućim i krutim digestatom na sadržaj makroelemenata u biljci kukuruza na svim navedenim lokacijama, možemo zaključiti sljedeće:

**Dušik:** Gnojidba tekućim digestatom generalno je rezultirala s višim sadržajem dušika u usporedbi s kontrolom, no često nižim u odnosu na mineralno gnojivo. Kruti digestat nije dosljedno pokazivao viši ili niži sadržaj dušika u usporedbi s kontrolom ili mineralnim gnojivom.

**Fosfor:** Na nekim lokacijama, kruti digestat je rezultirao s višim sadržajem fosfora u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom, dok je na drugim lokacijama ovaj učinak bio manje izražen. Tekući digestat je također pokazao povećanje fosfora u nekim slučajevima.

**Kalij:** I kruti i tekući digestat generalno su pokazali slične ili nešto više vrijednosti kalija u usporedbi s kontrolom, dok je mineralno gnojivo u nekim slučajevima imalo niže vrijednosti.

**Kalcij i magnezij:** Za kalcij i magnezij, razlike između tretmana gnojidbe nisu bile dosljedne ili značajne na svim lokacijama.

Uzimajući sve to u obzir, može se zaključiti da gnojidba tekućim i krutim digestatom generalno ima pozitivan utjecaj na dostupnost nekih makroelemenata (poput fosfora i kalija) u biljkama kukuruza u usporedbi s kontrolom, dok je za dušik učinak manje dosljedan, posebno kod krutog digestata. Međutim, važno je napomenuti da su učinci gnojidbe uvelike ovisili o specifičnim uvjetima i karakteristikama svake pojedine lokacije

### 2.7.1.2. Sadržaj minerala u zrnu kukuruza

Tablica 44 prikazuje sadržaj dušika (N), fosfora ( $P_2O_5$ ), kalija ( $K_2O$ ), kalcija (Ca) i magnezija (Mg) u zrnu kukuruza po lokacijama i varijantama gnojidbe.

Tablica 44. Sadržaj makroelemenata u zrnu kukuruza

Lokacija	Varijanta gnojidbe	N, % u ST	$P_2O_5$ , % u ST	$K_2O$ , % u ST	Ca, % u ST	Mg, % u ST
Miholec	KD	1,13 <sup>b</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>	0,019 <sup>b</sup>	0,16 <sup>a</sup>
	TD	1,24 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,040 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	MG	1,27 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,038 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	KO	1,25 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,035 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	1,56 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,022 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	TD	1,36 <sup>c</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,027 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	MG	1,53 <sup>b</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,022 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	KO	1,26 <sup>d</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,022 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	1,33 <sup>d</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,31 <sup>c</sup>	0,013 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	TD	1,64 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,015 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>



	MG	1,40 <sup>c</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,015 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	KO	1,58 <sup>b</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,30 <sup>c</sup>	0,012 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gračina	KD	1,17 <sup>b</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,023 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
	TD	1,45 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,020 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	MG	1,26 <sup>b</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,016 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	KO	0,95 <sup>c</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,018 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gradec	KD	1,11 <sup>b</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,32 <sup>bc</sup>	0,019 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	TD	1,21 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,020 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	MG	1,09 <sup>b</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,37 <sup>b</sup>	0,020 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	KO	0,87 <sup>c</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,29 <sup>c</sup>	0,021 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Podolec	KD	1,16 <sup>c</sup>	0,26 <sup>ab</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,016 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>
	TD	1,27 <sup>b</sup>	2,28 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,018 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
	MG	1,35 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>
	KO	0,60 <sup>d</sup>	0,24 <sup>b</sup>	0,29 <sup>b</sup>	0,019 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući podatke iz tablice 44, koja prikazuje sadržaj makroelemenata (dušika, fosfora, kalija, kalcija i magnezija) u zrnu kukuruza po lokacijama i varijantama gnojidbe, dolazimo do sljedećih zaključaka za svaku lokaciju:

**Miholec:** Gnojidba tekućim digestatom i mineralnim gnojivom pokazala je slične visoke vrijednosti dušika. Fosfor i kalij su također bili slični među svim varijantama gnojidbe. Značajne razlike bile su vidljive u sadržaju kalcija i magnezija.

**Dropkovec:** Kruti digestat je imao najviši sadržaj dušika. Razlike u fosforu i kaliju nisu bile izražene. Kruti digestat i kontrola su imali slične vrijednosti kalcija i magnezija.

**Gregurovec;** Tekući digestat je pokazao najviši sadržaj dušika. Kalij je bio najviši u varijanti s mineralnim gnojivom. Sadržaj fosfora, kalcija i magnezija bio je sličan u svim varijantama gnojidbe.

**Gračina:** Tekući digestat je imao najviši sadržaj dušika. Fosfor i kalij su bili slični među svim varijantama gnojidbe. Sadržaj kalcija i magnezija varirao je među tretmanima.

**Gradec:** Tekući digestat je pokazao najviši sadržaj dušika. Razlike u fosforu nisu bile izražene. Kalij je bio najviši u tretmanu s tekućim digestatom.

**Podolec:** Mineralno gnojivo je imalo najviši sadržaj dušika. Kruti digestat je imao najviši sadržaj fosfora. Kalij je bio sličan u svim varijantama gnojidbe, osim kod kontrole.

Kada se uzmu u obzir ukupni učinci gnojidbe tekućim i krutim digestatom na sadržaj makroelemenata u zrnu kukuruza na svim lokacijama, možemo zaključiti sljedeće:

**Dušik:** Na većini lokacija, gnojidba tekućim digestatom pokazala je slične ili nešto više vrijednosti dušika u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom. Kruti digestat je na nekim lokacijama imao viši, a na nekima niži sadržaj dušika u usporedbi s ostalim tretmanima.



**Fosfor:** Gnojidba tekućim i krutim digestatom generalno nije imala dosljedan utjecaj na sadržaj fosfora u zrnu kukuruza, pri čemu su se vrijednosti fosfora kretale slično među svim tretmanima.

**Kalij:** Gnojidba digestatima često je rezultirala sličnim ili nešto većim sadržajem kalija u usporedbi s kontrolom, ali bez jasnog dosljednog obrasca prema vrsti gnojiva.

**Kalcij i magnezij:** Sadržaj kalcija i magnezija nije bio dosljedno povezan s određenom vrstom gnojidbe. Varijacije su postojale, ali bez jasne tendencije koja bi ukazivala na prednost jednog tretmana gnojidbe nad drugim.

Ukupno gledano, gnojidba tekućim i krutim digestatom utjecala je na sadržaj makroelemenata u zrnu kukuruza, ali učinci su varirali ovisno o lokaciji. Na većini lokacija, tekući digestat je često imao najviši ili među najvišim sadržajima dušika, dok su fosfor, kalij, kalcij i magnezij pokazivali manje dosljedne trendove.

### 2.7.2. Sadržaj minerala u zrnu pšenice

Tablica 45 prikazuje sadržaj makroelemenata dušika (N), fosfora ( $P_2O_5$ ), kalija ( $K_2O$ ), kalcija (Ca) i magnezija (Mg) u zrnu pšenice po lokacijama i varijantama gnojidbe

Tablica 45. Sadržaj makroelemenata u zrnu pšenice

Lokacija	Varijanta gnojidbe	N, % ST	$P_2O_5$ , % ST	$K_2O$ , % ST	Ca, % ST	Mg, % ST
Miholec	KD	2,12 <sup>b</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,015 <sup>b</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	TD	2,14 <sup>b</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,023 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	MG	2,25 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,027 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	KO	1,61 <sup>c</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,020 <sup>b</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Dropkovec	KD	2,00 <sup>b</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,55 <sup>b</sup>	0,022 <sup>b</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	TD	2,14 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,031 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	MG	2,12 <sup>ab</sup>	0,42 <sup>a</sup>	0,58 <sup>ab</sup>	0,029 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	KO	1,61 <sup>c</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,020 <sup>b</sup>	0,11 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gregurovec	KD	2,11 <sup>a</sup>	0,43 <sup>ab</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,028 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	TD	2,15 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,023 <sup>ab</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	MG	2,13 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,027 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	KO	1,68 <sup>b</sup>	0,38 <sup>b</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,015 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gračina	KD	2,35 <sup>ab</sup>	0,43 <sup>b</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,028 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
	TD	2,50 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,53 <sup>a</sup>	0,023 <sup>b</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	MG	2,24 <sup>b</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,027 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	KO	1,82 <sup>c</sup>	0,42 <sup>b</sup>	0,39 <sup>b</sup>	0,015 <sup>c</sup>	0,10 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gradec	KD	2,30 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,023 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	TD	2,30 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,026 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	MG	2,25 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,023 <sup>a</sup>	0,12 <sup>ab</sup>



	<b>KO</b>	2,12 <sup>b</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,016 <sup>b</sup>	0,11 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
<b>Podolec</b>	<b>KD</b>	3,25 <sup>a</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,026 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	<b>TD</b>	3,37 <sup>a</sup>	0,47 <sup>b</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,023 <sup>b</sup>	0,16 <sup>a</sup>
	<b>MG</b>	2,68 <sup>b</sup>	0,53 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,031 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
	<b>KO</b>	1,81 <sup>c</sup>	0,34 <sup>c</sup>	0,39 <sup>b</sup>	0,009 <sup>c</sup>	0,11 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući podatke iz tablice 45 o sadržaju makroelemenata u zrnu pšenice za svaku lokaciju posebno, uočavamo sljedeće:

**Miholec:** Kruti i tekući digestat pokazuju slične vrijednosti dušika, fosfora, kalija, kalcija i magnezija, s manjim varijacijama. Kontrola ima nešto niže vrijednosti, a mineralna gnojidba uglavnom nešto više, ali značajno samo za dušik, dok fosfora ima manje.

**Dropkovec:** Tekući digestat ima nešto više vrijednosti dušika i kalija u usporedbi s ostalim tretmanima. Sadržaj ostalih elemenata sličan je među svim varijantama gnojidbe.

**Gregurovec:** Tekući digestat pokazuje najviše vrijednosti dušika, dok su ostali elementi slični među svim varijantama gnojidbe.

**Gračina:** Tekući digestat ima nešto više vrijednosti dušika u usporedbi s ostalim tretmanima. Sadržaj ostalih elemenata sličan je među svim varijantama gnojidbe.

**Gradeč:** Kruti i tekući digestat imaju slične visoke vrijednosti dušika, a sadržaj ostalih elemenata je sličan među svim tretmanima.

**Podolec:** Tekući digestat ima najviše vrijednosti dušika, dok su ostali elementi slični među svim varijantama gnojidbe.

Rasponi vrijednosti makroelemenata u zrnu pšenice za različite varijante gnojidbe su:

**Dušik:** Vrijednosti se kreću od 1,61% kod kontrole do 3,37%, s najvišim vrijednostima kod tekućeg digestata.

**Fosfor:** Rasponi su od 0,034% kod kontrole do 0,053% kod mineralnog gnojiva, s neznatnim varijacijama među varijantama gnojidbe.

**Kalij:** Vrijednosti se kreću od 0,039% kod kontrole do 0,065% kod tekućeg digestata, s nekim varijantama gnojidbe koje pokazuju više vrijednosti.

**Kalcij:** Rasponi su od 0,009% kod kontrole do 0,031% kod tekućeg digestata i mineralnog gnojiva, pri čemu različite varijante gnojidbe pokazuju različite vrijednosti.

**Magnezij:** Vrijednosti se kreću od 0,010% do 0,016% kod tekućeg digestata, s manjim varijacijama među varijantama gnojidbe.

Ovi podaci ukazuju na to da varijante gnojidbe imaju različit utjecaj na sadržaj makroelemenata u zrnu pšenice, s naglaskom na varijacije u sadržaju dušika. Ostali elementi poput fosfora, kalija, kalcija i magnezija pokazuju manje razlike među varijantama gnojidbe

Dakle, najuočljiviji utjecaj gnojidbe digestatima je na sadržaj dušika u zrnu pšenice, dok su promjene u sadržaju ostalih makroelemenata manje izražene ili variraju ovisno o lokaciji i





specifičnim uvjetima. Gnojidba tekućim digestatom često ima najveći utjecaj na povećanje sadržaja dušika, dok su varijacije u sadržaju fosfora, kalija, kalcija i magnezija manje izražene među različitim varijantama gnojidbe.

### 2.7.3. Sadržaj minerala u talijanskom ljulju

Sadržaj makroelemenata dušika (N), fosfora (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), kalija (K<sub>2</sub>O), kalcija (Ca) i magnezija (Mg) u suhoj masi talijanskog ljulja po lokacijama i varijantama gnojidbe prikazuje tablica 46.

Tablica 46. Sadržaj makroelemenata u suhoj masi talijanskog ljulja

Lokacija	Varijanta gnojidbe	N, % ST	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , % ST	K <sub>2</sub> O, % ST	Ca, % ST	Mg, % ST
Miholec	KD	1,85 <sup>c</sup>	0,10 <sup>ab</sup>	2,27 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,18 <sup>b</sup>
	TD	2,14 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	2,21 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,20 <sup>a</sup>
	MG	2,25 <sup>a</sup>	0,10 <sup>ab</sup>	2,38 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,18 <sup>b</sup>
	KO	1,52 <sup>b</sup>	0,09 <sup>c</sup>	1,97 <sup>b</sup>	0,06 <sup>c</sup>	0,17 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	2,25 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	2,25 <sup>b</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>
	TD	2,20 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	2,39 <sup>a</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,17 <sup>b</sup>
	MG	1,61 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>	2,46 <sup>a</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,18 <sup>a</sup>
	KO	0,86 <sup>c</sup>	0,10 <sup>b</sup>	2,08 <sup>c</sup>	0,13 <sup>c</sup>	0,14 <sup>c</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	2,23 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	2,39 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	0,17 <sup>ab</sup>
	TD	2,44 <sup>a</sup>	0,44 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>
	MG	1,80 <sup>b</sup>	0,36 <sup>a</sup>	2,41 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,17 <sup>ab</sup>
	KO	1,58 <sup>b</sup>	0,29 <sup>b</sup>	2,30 <sup>b</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gračina	KD	2,24 <sup>b</sup>	0,46 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
	TD	2,50 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	2,50 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>
	MG	1,82 <sup>c</sup>	0,36 <sup>b</sup>	2,28 <sup>b</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
	KO	2,36 <sup>b</sup>	0,32 <sup>b</sup>	1,96 <sup>c</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,16 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	2,25 <sup>a</sup>	0,48 <sup>b</sup>	2,31 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
	TD	2,30 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>
	MG	2,12 <sup>b</sup>	0,36 <sup>c</sup>	2,07 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
	KO	2,10 <sup>b</sup>	0,37 <sup>c</sup>	2,07 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,16 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	3,25 <sup>a</sup>	0,78 <sup>b</sup>	1,64 <sup>a</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>
	TD	3,38 <sup>a</sup>	0,91 <sup>a</sup>	1,90 <sup>a</sup>	0,16 <sup>c</sup>	0,17 <sup>a</sup>
	MG	2,68 <sup>b</sup>	0,64 <sup>b</sup>	0,98 <sup>b</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,16 <sup>ab</sup>
	KO	1,81 <sup>c</sup>	0,81 <sup>b</sup>	1,78 <sup>a</sup>	0,13 <sup>d</sup>	0,16 <sup>ab</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola



Analiza tablice 46 pokazuje sljedeće utjecaje različitih varijanti gnojidbe na sadržaj makroelemenata u suhoj masi talijanskog ljulja na različitim lokacijama:

**Miholec:** Tekući digestat i mineralno gnojivo općenito su rezultirali većim koncentracijama dušika, fosfora i kalija u odnosu na kruti digestat i kontrolu. Kalcij je bio najviši kod mineralnog gnojiva, dok je magnezij bio najviši kod tekućeg digestata.

**Gradec:** Tekući digestat i kruti digestat imali su slične visoke koncentracije dušika i kalija, dok je mineralno gnojivo imalo niže vrijednosti. Fosfor i magnezij su bili viši kod tekućeg digestata u usporedbi s krutim digestatom i mineralnim gnojivom.

**Droptovec:** Kruti digestat i tekući digestat pokazali su slične visoke koncentracije dušika i fosfora. Kalij je bio najviši kod mineralnog gnojiva, a kalcij kod krutog digestata.

**Gračina:** Tekući digestat imao je najviše koncentracije dušika, fosfora i kalija. Kalcij je bio relativno nizak kod svih varijanti gnojidbe, dok je magnezij bio sličan kod svih varijanti.

**Podolec:** Kruti digestat pokazao je visoke koncentracije dušika i fosfora, ali niže koncentracije kalija. Kalcij i magnezij su bili slični kod krutog digestata i kontrolne varijante.

Ako uzimamo u obzir učinke gnojidbe na sadržaj svakog od makroelemenata u masi talijanskog ljulja na svim lokacijama, možemo zaključiti sljedeće:

**Dušik:** Tekući digestat često je imao najveću koncentraciju dušika u usporedbi s ostalim varijantama gnojidbe. Mineralno gnojivo i kruti digestat pokazali su slične ili nešto niže koncentracije dušika. Kontrolna varijanta obično je imala najniže koncentracije dušika.

**Fosfor:** Tekući digestat i kruti digestat općenito su imali više koncentracije fosfora od mineralnog gnojiva i kontrolne varijante. Razlike u koncentracijama fosfora nisu bile toliko izražene kao kod dušika.

**Kalij:** Tekući digestat često je imao visoke koncentracije kalija, slično kao i mineralno gnojivo. Kruti digestat i kontrolna varijanta ponekad su imali niže koncentracije kalija.

**Kalcij:** Mineralno gnojivo obično je rezultiralo višim koncentracijama kalcija u usporedbi s digestatom (i krutim i tekućim) i kontrolom. Tekući digestat i kruti digestat ponekad su imali slične ili niže koncentracije kalcija.

**Magnezij:** Tekući digestat često je imao visoke koncentracije magnezija, slično kao i mineralno gnojivo. Kruti digestat i kontrolna varijanta ponekad su imali niže koncentracije magnezija.

Općenito se može reći da je tekući digestat često imao višu koncentraciju dušika, fosfora i kalija u usporedbi s krutim digestatom i mineralnim gnojivom, ali ovi trendovi su varirali ovisno o lokaciji. Mineralno gnojivo imalo je tendenciju povećanja kalcija na nekim lokacijama.



## 2.8. Sadržaj teških metala u kukuruзу, pšenici i talijanskom lјlju

Analiziran je sadržaj željeza (Fe), mangana (Mn), bakra (Cu), cinka (Zn) i nikla (Ni) kadmija (Cd), olova (Pb), žive (Hg) i kroma (Cr) kod kukuruза, pšenice i talijanskog lјlja.

### 2.8.1. Sadržaj teških metala u kukuruзу

Sadržaj teškim metala analiziran je u voluminoznoj masi kukuruза u voštanoj zriobi i u zrnu kukuruза.

#### 2.8.1.1. Sadržaj teških metala u nadzemnom dijelu biljke kukuruза

Sadržaj željeza (Fe), mangana (Mn), bakra (Cu), cinka (Zn) i nikla (Ni) u biljci kukuruза u voštanoj zriobi po lokacijama i varijantama gnojidbe prikazuje tablica 47.

Tablica 47. Sadržaj Fe, Mn, Cu, Zn i Ni u nadzemnom dijelu biljke kukuruза

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Fe, mg/kg ST	Mn, mg/kg ST	Cu mg/kg ST	Zn, mg/kg ST	Ni mg/kg ST
Miholec	KD	111,5 <sup>ab</sup>	29,82 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	5,38 <sup>a</sup>	1,78 <sup>a</sup>
	TD	117,0 <sup>a</sup>	27,12 <sup>a</sup>	4,7 <sup>a</sup>	4,93 <sup>ab</sup>	1,77 <sup>a</sup>
	MG	81,53 <sup>b</sup>	27,95 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	4,20 <sup>b</sup>	1,82 <sup>a</sup>
	KO	105,50 <sup>ab</sup>	29,87 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	5,17 <sup>ab</sup>	1,74 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	132,5 <sup>a</sup>	28,32 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>	4,67 <sup>b</sup>	1,98 <sup>a</sup>
	TD	128,5 <sup>a</sup>	28,30 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	4,13 <sup>ab</sup>	1,90 <sup>a</sup>
	MG	101,5 <sup>b</sup>	28,25 <sup>a</sup>	3,9 <sup>a</sup>	3,99 <sup>b</sup>	1,72 <sup>b</sup>
	KO	102,0 <sup>b</sup>	28,55 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	4,04 <sup>b</sup>	1,84 <sup>ab</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	97,5 <sup>a</sup>	28,30 <sup>a</sup>	2,3 <sup>b</sup>	4,25 <sup>ab</sup>	1,65 <sup>ab</sup>
	TD	109,0 <sup>a</sup>	31,35 <sup>a</sup>	2,5 <sup>b</sup>	4,45 <sup>a</sup>	1,61 <sup>ab</sup>
	MG	94,0 <sup>a</sup>	34,45 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	4,24 <sup>ab</sup>	1,81 <sup>a</sup>
	KO	103,0 <sup>a</sup>	23,60 <sup>b</sup>	2,6 <sup>a</sup>	3,32 <sup>b</sup>	1,32 <sup>b</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gračina	KD	80,05 <sup>a</sup>	36,47 <sup>ab</sup>	2,9 <sup>a</sup>	4,80 <sup>a</sup>	0,87 <sup>c</sup>
	TD	97,0 <sup>a</sup>	33,40 <sup>b</sup>	2,8 <sup>a</sup>	5,32 <sup>a</sup>	0,94 <sup>b</sup>
	MG	101,5 <sup>a</sup>	38,55 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	4,84 <sup>a</sup>	0,90 <sup>bc</sup>
	KO	86,5 <sup>a</sup>	32,13 <sup>b</sup>	2,4 <sup>a</sup>	4,67 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	84,0 <sup>a</sup>	33,20 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	4,56 <sup>a</sup>	0,87 <sup>a</sup>
	TD	84,0 <sup>a</sup>	36,37 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	4,20 <sup>ab</sup>	0,87 <sup>a</sup>
	MG	85,5 <sup>a</sup>	36,17 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	4,11 <sup>b</sup>	0,85 <sup>a</sup>
	KO	80,5 <sup>a</sup>	33,27 <sup>a</sup>	2,9 <sup>a</sup>	4,13 <sup>ab</sup>	0,89 <sup>a</sup>
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	103,5 <sup>ab</sup>	36,85 <sup>b</sup>	3,01 <sup>b</sup>	4,29 <sup>b</sup>	0,82 <sup>b</sup>
	TD	98,0 <sup>ab</sup>	49,60 <sup>a</sup>	3,14 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>	0,80 <sup>b</sup>
	MG	123,0 <sup>a</sup>	39,47 <sup>a</sup>	3,17 <sup>a</sup>	3,99 <sup>ab</sup>	0,79 <sup>b</sup>
	KO	87,0 <sup>b</sup>	38,00 <sup>ab</sup>	3,02 <sup>b</sup>	4,48 <sup>a</sup>	0,91 <sup>a</sup>



	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju
--	--

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući utjecaj gnojidbe tekućim i krutim digestatom na sadržaj metala u biljci kukuruza prema tablici 47, i uzimajući u obzir svaku lokaciju posebno, dolazimo do sljedećih zaključaka: **Miholec:** Gnojidba tekućim i krutim digestatom imala je slične učinke na sadržaj željeza, mangana, bakra, cinka i nikla u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom.

**Dropkovec:** Kruti i tekući digestat nisu pokazali dosljedno veće ili manje količine metala u usporedbi s kontrolom ili mineralnim gnojivom.

**Gregurovec:** Gnojidba tekućim digestatom rezultirala je nešto višim sadržajem željeza, ali sličnim sadržajem ostalih metala u usporedbi s ostalim tretmanima.

**Gračina:** Gnojidba krutim i tekućim digestatom općenito nije imala značajan utjecaj na sadržaj metala u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom.

**Gradec:** Gnojidba digestatima također nije imala dosljedan utjecaj na sadržaj metala.

**Podolec:** Gnojidba tekućim digestatom pokazala je nešto više vrijednosti mangana u usporedbi s ostalim tretmanima.

Ukupno gledajući, utjecaj gnojidbe tekućim i krutim digestatom na sadržaj metala u biljci kukuruza nije bio dosljedan i varirao je ovisno o lokaciji i specifičnom metalu. U nekim slučajevima, digestati su imali sličan ili neznatno veći utjecaj na sadržaj metala u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom, dok su u drugim slučajevima razlike bile minimalne ili nepostojane

Kada se uzmu u obzir ukupni učinci gnojidbe tekućim i krutim digestatom na sadržaj metala u biljci kukuruza na svim lokacijama prema tablici 47, možemo izvesti sljedeće zaključke:

Gnojidba tekućim i krutim digestatom nije imala dosljedan ili jednoznačan utjecaj na sadržaj metala u biljkama kukuruza. Učinci su varirali ovisno o lokaciji i specifičnom metalu.

**Željezo:** Na nekim lokacijama, primjena tekućeg i krutog digestata rezultirala je sličnim ili nešto višim koncentracijama željeza u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom, dok je na drugim lokacijama ovaj učinak bio manje izražen.

**Mangan:** Varijacije u koncentracijama mangana nisu bile dosljedno povezane s određenom vrstom gnojidbe. Na nekim lokacijama, digestati su imali sličan učinak na sadržaj mangana kao i kontrola ili mineralno gnojivo.

**Bakar, Cink, i Nikal:** Slično kao i za željezo i mangan, nije bilo jasnih obrazaca koji bi ukazivali na dosljedno povećanje ili smanjenje ovih metala zbog primjene digestata u usporedbi s kontrolom ili mineralnim gnojivom.

Ukupno gledano, gnojidba tekućim i krutim digestatom nije dosljedno povećala niti smanjila sadržaj metala u kukuruzu kada se promatraju sve lokacije.

Tablica 48 prikazuje sadržaj kadmija (Cd), olova (Pb), žive (Hg) i kroma (Cr) u nadzemnom dijelu biljke kukuruza u voštanoj zriobi po lokacijama i varijantama.



Tablica 48. Sadržaj Cd, Pb, Hg i Cr u nadzemnom dijelu biljke kukuruza

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Cd, mg/kg ST	Pb, mg/kg ST	Hg, mg/kg ST	Cr, mg/kg ST
Miholec	KD	0,0028 <sup>a</sup>	0,0789 <sup>a</sup>	0,0060 <sup>a</sup>	0,021 <sup>a</sup>
	TD	0,0027 <sup>a</sup>	0,0793 <sup>a</sup>	0,0051 <sup>a</sup>	0,023 <sup>a</sup>
	MG	0,0028 <sup>a</sup>	0,0830 <sup>a</sup>	0,0064 <sup>a</sup>	0,022 <sup>a</sup>
	KO	0,0028 <sup>a</sup>	0,0774 <sup>a</sup>	0,0059 <sup>a</sup>	0,021 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Dropkovec	KD	0,0030 <sup>a</sup>	0,0842 <sup>a</sup>	0,0053 <sup>ab</sup>	0,019 <sup>a</sup>
	TD	0,0030 <sup>a</sup>	0,0840 <sup>a</sup>	0,0063 <sup>ab</sup>	0,019 <sup>a</sup>
	MG	0,0030 <sup>a</sup>	0,0795 <sup>a</sup>	0,0081 <sup>a</sup>	0,021 <sup>a</sup>
	KO	0,0030 <sup>a</sup>	0,0868 <sup>a</sup>	0,0044 <sup>b</sup>	0,021 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Gregurovec	KD	0,0029 <sup>a</sup>	0,076 <sup>b</sup>	0,0022 <sup>a</sup>	0,022 <sup>a</sup>
	TD	0,0028 <sup>a</sup>	0,080 <sup>a</sup>	0,0021 <sup>a</sup>	0,021 <sup>b</sup>
	MG	0,0029 <sup>a</sup>	0,084 <sup>a</sup>	0,0020 <sup>a</sup>	0,020 <sup>b</sup>
	KO	0,0028 <sup>a</sup>	0,071 <sup>b</sup>	0,0019 <sup>a</sup>	0,023 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Gračina	KD	0,0029 <sup>a</sup>	0,0671 <sup>a</sup>	0,0045 <sup>ab</sup>	0,013 <sup>a</sup>
	TD	0,0028 <sup>a</sup>	0,0630 <sup>a</sup>	0,0057 <sup>a</sup>	0,011 <sup>a</sup>
	MG	0,0029 <sup>a</sup>	0,0631 <sup>a</sup>	0,0055 <sup>ab</sup>	0,011 <sup>a</sup>
	KO	0,0029 <sup>a</sup>	0,0680 <sup>a</sup>	0,0037 <sup>b</sup>	0,009 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Gradec	KD	0,0030 <sup>a</sup>	0,0667 <sup>a</sup>	0,0036 <sup>a</sup>	0,012 <sup>a</sup>
	TD	0,0030 <sup>a</sup>	0,0691 <sup>a</sup>	0,0047 <sup>a</sup>	0,013 <sup>a</sup>
	MG	0,0030 <sup>a</sup>	0,0680 <sup>a</sup>	0,0034 <sup>a</sup>	0,015 <sup>a</sup>
	KO	0,0030 <sup>a</sup>	0,0760 <sup>a</sup>	0,0039 <sup>a</sup>	0,014 <sup>a</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Podolec	KD	0,0030 <sup>a</sup>	0,064 <sup>a</sup>	0,0033 <sup>a</sup>	0,015 <sup>ab</sup>
	TD	0,0029 <sup>a</sup>	0,063 <sup>a</sup>	0,0039 <sup>a</sup>	0,015 <sup>ab</sup>
	MG	0,0029 <sup>a</sup>	0,059 <sup>a</sup>	0,0031 <sup>a</sup>	0,017 <sup>a</sup>
	KO	0,0030 <sup>a</sup>	0,063 <sup>a</sup>	0,0040 <sup>a</sup>	0,014 <sup>b</sup>
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući podatke iz tablice 48, za svaku lokaciju, može se zaključiti sljedeće:

**Miholec:** Razlike u koncentracijama metala među varijantama gnojidbe su minimalne ili nepostojane.

**Dropkovec:** Slični trendovi su uočeni, s malim varijacijama u koncentracijama metala.

**Gregurovec, Gračina, Gradec, Podolec:** Pokazuju slične obrasce, gdje varijante gnojidbe nisu dosljedno utjecale na sadržaj metala.

Ukupno, varijante gnojidbe tekućim i krutim digestatom nisu imale dosljedan utjecaj na sadržaj olova, kadmija, žive i kroma u biljci kukuruza. Razlike u koncentracijama metala između varijanti gnojidbe i lokacija su minimalne ili nepostojane.



### 2.8.1.2. Sadržaj teških metala u zrnu kukuruza

U tablici 49 prikazan je sadržaj željeza (Fe), mangana (Mn), bakra (Cu), cinka (Zn) i nikla (Ni), a u tablici 50 sadržaj olova (Pb), kadmija (Cd) žive (Hg) i kroma (Cr), u zrnu kukuruza, po lokacijama i varijantama gnojidbe.

Tablica 49. Sadržaj Fe, Mn, Cu, Zn i Ni u zrnu kukuruza

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Fe, mg/kg ST	Mn, mg/kg ST	Cu, mg/kg ST	Zn, mg/kg ST	Ni, mg/kg ST
Miholec	KD	11,15 <sup>ab</sup>	2,65 <sup>b</sup>	2,28 <sup>b</sup>	14,87 <sup>b</sup>	<0,01
	TD	11,70 <sup>ab</sup>	1,05 <sup>c</sup>	2,92 <sup>a</sup>	15,42 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	8,15 <sup>b</sup>	2,25 <sup>b</sup>	2,17 <sup>b</sup>	13,82 <sup>b</sup>	<0,01
	KO	12,30 <sup>a</sup>	3,20 <sup>a</sup>	1,85 <sup>b</sup>	16,07 <sup>a</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	13,25 <sup>a</sup>	4,40 <sup>b</sup>	2,21 <sup>a</sup>	13,20 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	12,85 <sup>a</sup>	4,47 <sup>a</sup>	2,37 <sup>a</sup>	15,85 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	10,15 <sup>b</sup>	4,22 <sup>b</sup>	2,17 <sup>a</sup>	13,82 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	10,20 <sup>b</sup>	4,65 <sup>a</sup>	2,69 <sup>a</sup>	16,07 <sup>a</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	19,75 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	1,86 <sup>b</sup>	15,75 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	10,90 <sup>b</sup>	6,37 <sup>a</sup>	1,82 <sup>b</sup>	16,10 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	19,40 <sup>a</sup>	6,25 <sup>a</sup>	1,92 <sup>b</sup>	16,85 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	10,30 <sup>b</sup>	6,35 <sup>a</sup>	2,51 <sup>a</sup>	18,20 <sup>a</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gračina	KD	18,00 <sup>a</sup>	5,60 <sup>a</sup>	2,25 <sup>a</sup>	14,07 <sup>b</sup>	<0,01
	TD	19,70 <sup>a</sup>	6,15 <sup>a</sup>	1,60 <sup>b</sup>	15,34 <sup>ab</sup>	<0,01
	MG	10,15 <sup>b</sup>	5,70 <sup>a</sup>	2,30 <sup>a</sup>	17,07 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	18,65 <sup>a</sup>	5,95 <sup>a</sup>	1,74 <sup>b</sup>	15,05 <sup>ab</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	18,40 <sup>a</sup>	3,72 <sup>a</sup>	3,23 <sup>a</sup>	17,30 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	18,40 <sup>a</sup>	3,37 <sup>a</sup>	2,30 <sup>b</sup>	15,12 <sup>ab</sup>	<0,01
	MG	18,55 <sup>a</sup>	3,47 <sup>a</sup>	2,93 <sup>ab</sup>	11,50 <sup>b</sup>	<0,01
	KO	18,05 <sup>a</sup>	3,40 <sup>a</sup>	2,91 <sup>ab</sup>	15,17 <sup>ab</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	15,70 <sup>c</sup>	7,10 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>	11,36 <sup>b</sup>	<0,01
	TD	16,30 <sup>b</sup>	6,55 <sup>b</sup>	1,83 <sup>a</sup>	11,70 <sup>b</sup>	<0,01
	MG	17,35 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	1,85 <sup>a</sup>	12,41 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	16,50 <sup>b</sup>	5,90 <sup>c</sup>	1,81 <sup>a</sup>	11,96 <sup>a</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući podatke iz tablice 49, koja prikazuje sadržaj teških metala (željeza, mangana, bakra, cinka i nikla) u zrnu kukuruza po lokacijama i varijantama gnojidbe, dolazimo do sljedećih zaključaka za svaku lokaciju:



**Miholec:** Kruti digestat i tekući digestat pokazali su slične vrijednosti željeza, dok je kontrola imala najvišu koncentraciju. Sadržaj mangana bio je najniži kod tekućeg digestata. Bakar i cink su bili najviši kod tekućeg digestata.

**Dropkovec:** Kruti i tekući digestat imali su slične visoke vrijednosti željeza. Kruti digestat je imao najnižu koncentraciju mangana. Sadržaj bakra bio je sličan kod svih tretmana, a najviši kod tekućeg digestata.

**Gregurovec:** Kruti digestat imao je najvišu koncentraciju željeza. Sadržaj mangana bio je najviši kod tekućeg digestata. Koncentracija bakra bila je slična kod svih tretmana.

**Gračina:** Kruti digestat je imao najvišu koncentraciju željeza. Mangan je bio najviši kod tekućeg digestata. Sadržaj bakra bio je sličan kod svih tretmana, a najviši kod mineralnog gnojiva.

**Gradec:** Kruti i tekući digestat imali su slične vrijednosti željeza. Sadržaj mangana bio je najniži kod tekućeg digestata. Koncentracije bakra bile su slične kod svih tretmana.

**Podolec:** Kruti digestat imao je najnižu koncentraciju željeza. Mangan je bio najviši kod krutog digestata. Bakar je bio najviši kod mineralnog gnojiva.

Kada se uzmu u obzir ukupni učinci gnojidbe tekućim i krutim digestatom na sadržaj metala u zrnu kukuruza na svim lokacijama, prema tablici 49, možemo izvesti sljedeće zaključke:

**Željezo:** Gnojidba tekućim i krutim digestatom generalno nije pokazala dosljedno povećanje ili smanjenje sadržaja željeza u usporedbi s kontrolom i mineralnim gnojivom. Rezultati su varirali ovisno o lokaciji.

**Mangan:** Na nekim lokacijama, tekući digestat je pokazao niže vrijednosti mangana u usporedbi s krutim digestatom i mineralnim gnojivom, dok su na drugim lokacijama razlike bile minimalne ili nepostojane.

**Bakar:** U većini slučajeva, sadržaj bakra nije bio dosljedno povezan s određenom vrstom gnojidbe. Varijacije su postojale, ali bez jasne tendencije.

**Cink:** Sadržaj cinka također nije pokazivao jasne obrasce koji bi ukazivali na utjecaj gnojidbe

**Nikal:** Sadržaj nikla bio je generalno nizak u svim tretmanima i nije bilo značajnih razlika među različitim vrstama gnojidbe.

Ukupno gledajući, gnojidba tekućim i krutim digestatom nije dosljedno utjecala na sadržaj metala u zrnu kukuruza. Utjecaji su bili varijabilni ovisno o lokaciji i specifičnom metalu.



Tablica 50. Sadržaj Cd, Pb, Hg i Cr u zrnu kukuruza

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Cd, mg/kg	Pb, mg/kg	Hg, mg/kg	Cr, mg/kg
Miholec	KD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	TD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	MG	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	KO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Dropkovec	KD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	TD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	MG	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	KO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Gregurovec	KD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	TD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	MG	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	KO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Gračina	KD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	TD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	MG	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	KO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Gradec	KD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	TD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	MG	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	KO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				
Podolec	KD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	TD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	MG	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	KO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju				

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Iz tablice 50, koja prikazuje sadržaj olova, kadmija, žive i kroma u zrnu kukuruza po lokacijama i varijantama gnojidbe, može se uočiti da su vrijednosti ovih teških metala bile manje od 0,001 mg/kg za sve tretmane gnojidbe na svim lokacijama.

Ovo ukazuje na to da ni gnojidba tekućim i krutim digestatom, ni mineralno gnojivo nisu imali značajan utjecaj na akumulaciju olova, kadmija, žive i kroma u zrnu kukuruza. Ovakvi niski sadržaji metala su pozitivni s aspekta sigurnosti hrane i ukazuju na to da gnojidba nije doprinijela značajnom povećanju prisutnosti ovih potencijalno štetnih elemenata u usjevu kukuruza.





## 2.8.2. Sadržaj teških metala u zrnu pšenice

U tablici 51 prikazan je sadržaj željeza (Fe), mangana (Mn), bakra (Cu), cinka (Zn) i nikla (Ni), a iza toga se navodi sadržaj olova (Pb), kadmija (Cd) žive (Hg) i kroma (Cr), u zrnu pšenice, po lokacijama i varijantama gnojidbe.

Tablica 51.

Lokacija	Varijanta gnojidbe	Fe, mg/kg ST	Mn, mg/kg ST	Cu, mg/kg ST	Zn, mg/kg ST	Ni, mg/kg ST
Miholec	KD	36,78 <sup>b</sup>	30,10 <sup>c</sup>	3,57 <sup>b</sup>	17,52 <sup>b</sup>	<0,01
	TD	34,36 <sup>c</sup>	31,10 <sup>c</sup>	4,11 <sup>a</sup>	17,42 <sup>b</sup>	<0,01
	MG	39,25 <sup>b</sup>	27,20 <sup>b</sup>	3,89 <sup>a</sup>	19,57 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	42,72 <sup>a</sup>	32,60 <sup>a</sup>	3,65 <sup>b</sup>	18,47 <sup>a</sup>	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Dropkovec	KD	51,30 <sup>a</sup>	27,10 <sup>ab</sup>	6,02 <sup>a</sup>	24,42 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	37,23 <sup>b</sup>	28,10 <sup>a</sup>	5,44 <sup>a</sup>	21,33 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	40,33 <sup>ab</sup>	26,10 <sup>b</sup>	3,85 <sup>b</sup>	20,87 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	43,10 <sup>ab</sup>	27,60 <sup>a</sup>	3,80 <sup>b</sup>	24,12 <sup>a</sup>	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gregurovec	KD	37,29 <sup>a</sup>	17,65 <sup>a</sup>	3,41 <sup>a</sup>	19,92 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	25,36 <sup>b</sup>	16,55 <sup>b</sup>	3,13 <sup>a</sup>	14,52 <sup>ab</sup>	<0,01
	MG	38,45 <sup>a</sup>	17,05 <sup>a</sup>	3,52 <sup>a</sup>	16,37 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	39,95 <sup>a</sup>	16,20 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>	9,82 <sup>b</sup>	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gračina	KD	32,29 <sup>b</sup>	17,85 <sup>b</sup>	2,61 <sup>a</sup>	12,20 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	46,81 <sup>a</sup>	16,60 <sup>c</sup>	2,17 <sup>c</sup>	13,62 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	22,45 <sup>c</sup>	19,30 <sup>a</sup>	2,60 <sup>a</sup>	13,17 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	39,45 <sup>b</sup>	17,10 <sup>c</sup>	3,12 <sup>b</sup>	12,97 <sup>a</sup>	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Gradec	KD	37,14 <sup>a</sup>	27,70 <sup>a</sup>	3,58 <sup>bc</sup>	22,57 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	37,38 <sup>a</sup>	21,85 <sup>ab</sup>	3,91 <sup>b</sup>	22,87 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	30,42 <sup>b</sup>	22,20 <sup>b</sup>	5,04 <sup>a</sup>	15,20 <sup>b</sup>	<0,01
	KO	35,88 <sup>ab</sup>	20,95 <sup>b</sup>	2,78 <sup>c</sup>	15,42 <sup>b</sup>	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					
Podolec	KD	31,53 <sup>c</sup>	22,65 <sup>a</sup>	3,65 <sup>b</sup>	16,47 <sup>c</sup>	<0,01
	TD	36,45 <sup>a</sup>	23,10 <sup>a</sup>	4,11 <sup>a</sup>	22,52 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	31,65 <sup>c</sup>	22,35 <sup>ab</sup>	3,89 <sup>ab</sup>	19,02 <sup>b</sup>	<0,01
	KO	33,72 <sup>b</sup>	21,70 <sup>b</sup>	3,65 <sup>b</sup>	16,47 <sup>c</sup>	<0,01
	* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju					

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući tablicu 51, koja prikazuje sadržaj željeza, mangana, bakra, cinka i nikla u zrnu pšenice po lokacijama i varijantama gnojidbe, možemo zaključiti sljedeće:

**Miholec:** Najviše vrijednosti željeza u kontrolnoj varijanti, nešto niže u varijantama s digestatom i mineralnim gnojivom. Za mangan su utvrđene slične vrijednosti među varijantama gnojidbe, s neznatnim varijacijama. Za bakar postoje varijacije među varijantama gnojidbe, ali



bez jasnog trenda. Cinka su nešto više vrijednosti u varijanti s mineralnim gnojivom. Vrijednosti nikla su vrlo niske vrijednosti u svim varijantama gnojidbe.

**Dropkovec:** Slični obrasci kao u Miholcu, s varijacijama u koncentracijama metala ovisno o varijanti gnojidbe.

**Gregurovec, Gračina, Gradec, Podolec:** U svim lokacijama, varijante gnojidbe pokazuju varijacije u koncentracijama metala, ali ne pokazuju dosljedne trendove koje bi favorizirale neku određenu varijantu.

Utjecaj varijanti gnojidbe na sadržaj pojedinih metala je sljedeći:

**Željezo:** Generalno, najviše koncentracije željeza zabilježene su u kontrolnim varijantama, dok su varijante s digestatom i mineralnim gnojivom imale nešto niže vrijednosti.

**Mangan:** Sadržaj mangana varira među varijantama gnojidbe, s nekim lokacijama koje pokazuju više vrijednosti kod digestata, dok druge imaju više vrijednosti u kontrolnim varijantama.

**Bakar:** Vrijednosti bakra su relativno slične među varijantama gnojidbe, s neznatnim varijacijama.

**Cink:** Sadržaj cinka također varira, ali ne pokazuje jasne trendove koji bi favorizirali neku određenu varijantu gnojidbe.

**Nikal:** U svim varijantama gnojidbe, koncentracije nikla su vrlo niske i ne pokazuju značajne varijacije.

Ove usporedbe ukazuju na to da različite varijante gnojidbe imaju različit utjecaj na akumulaciju teških metala u zrnju pšenice na svakoj lokaciji, ali bez izraženih konzistentnih trendova. Kontrolne varijante često imaju nešto više koncentracije željeza, dok su ostali metali distribuirani slično među svim varijantama gnojidbe.

Prema utvrđenim rezultatima sadržaj ukupnog kroma, kadmija, žive bio je manji od 0,01 mg/kg.

### 2.8.3. Sadržaj teških metala u talijanskom ljuđu

U tablici 52 prikazan je sadržaj željeza (Fe), mangana (Mn), bakra (Cu), cinka (Zn) i nikla (Ni), a iza toga se navodi sadržaj olova (Pb), kadmija (Cd) žive (Hg) i kroma (Cr) u sijenu talijanskog ljuđa, po lokacijama i varijantama gnojidbe.



Tablica 52. Sadržaj Fe, Mn, Cu, Zn i Ni u talijanskom ljulju

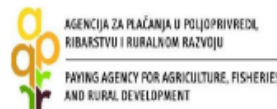
Lokacija	Varijanta gnojidbe	Fe, mg/kg ST	Mn, mg/kg ST	Cu, mg/kg ST	Zn, mg/kg ST	Ni, mg/kg ST
Miholec	KD	20,19 <sup>ab</sup>	13,20 <sup>a</sup>	1,08 <sup>b</sup>	5,59 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	20,02 <sup>ab</sup>	11,85 <sup>b</sup>	1,25 <sup>a</sup>	5,67 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	22,66 <sup>a</sup>	14,65 <sup>b</sup>	1,21 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	18,72 <sup>b</sup>	16,65 <sup>a</sup>	0,98 <sup>b</sup>	4,90 <sup>b</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Dropkovec	KD	26,14 <sup>a</sup>	10,65 <sup>a</sup>	0,95 <sup>b</sup>	5,99 <sup>b</sup>	<0,01
	TD	29,14 <sup>a</sup>	9,55 <sup>b</sup>	0,97 <sup>b</sup>	6,93 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	26,45 <sup>a</sup>	11,00 <sup>a</sup>	0,97 <sup>b</sup>	6,34 <sup>a</sup>	<0,01
	KO	29,73 <sup>a</sup>	8,65 <sup>c</sup>	1,08 <sup>a</sup>	5,51 <sup>b</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gregurovec	KD	23,44 <sup>a</sup>	20,45 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	5,64 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	21,36 <sup>b</sup>	22,20 <sup>a</sup>	0,83 <sup>a</sup>	4,87 <sup>b</sup>	<0,01
	MG	21,42 <sup>b</sup>	18,90 <sup>b</sup>	0,68 <sup>b</sup>	4,71 <sup>b</sup>	<0,01
	KO	20,46 <sup>b</sup>	17,20 <sup>b</sup>	0,59 <sup>b</sup>	4,60 <sup>b</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gračina	KD	37,29 <sup>a</sup>	27,15 <sup>a</sup>	0,75 <sup>b</sup>	5,45 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	19,44 <sup>b</sup>	19,20 <sup>b</sup>	0,89 <sup>a</sup>	5,77 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	19,69 <sup>b</sup>	25,00 <sup>a</sup>	0,71 <sup>b</sup>	4,74 <sup>b</sup>	<0,01
	KO	21,41 <sup>b</sup>	15,05 <sup>c</sup>	0,63 <sup>b</sup>	3,94 <sup>b</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Gradec	KD	21,86 <sup>a</sup>	23,35 <sup>b</sup>	0,44 <sup>b</sup>	5,90 <sup>a</sup>	<0,01
	TD	22,15 <sup>a</sup>	25,20 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	5,64 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	16,87 <sup>b</sup>	26,45 <sup>a</sup>	0,24 <sup>c</sup>	4,97 <sup>b</sup>	<0,01
	KO	20,07 <sup>a</sup>	25,90 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	4,87 <sup>b</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						
Podolec	KD	20,19 <sup>a</sup>	20,80 <sup>b</sup>	0,64 <sup>b</sup>	4,40 <sup>ab</sup>	<0,01
	TD	20,92 <sup>a</sup>	32,45 <sup>a</sup>	1,03 <sup>a</sup>	5,10 <sup>a</sup>	<0,01
	MG	18,72 <sup>b</sup>	18,95 <sup>b</sup>	0,72 <sup>b</sup>	3,94 <sup>b</sup>	<0,01
	KO	22,60 <sup>a</sup>	21,60 <sup>b</sup>	0,98 <sup>a</sup>	4,71 <sup>ab</sup>	<0,01
* vrijednosti u kolonama označene različitim slovima značajno se razlikuju						

Legenda: KT – kruti digestat; TK – tekući digestat; MG – mineralno gnojivo; KO – kontrola

Analizirajući podatke iz tablice 52 s obzirom na utjecaj različitih varijanti gnojidbe na sadržaj mikroelemenata u talijanskom ljulju za svaku lokaciju posebno, uočavamo sljedeće:

**Miholec:** Najveći sadržaj željeza utvrđen je kod mineralne gnojidbe, ali je samo kontrola imala značajno manji sadržaj željeza. Najveći sadržaj mangana utvrđen je kod kontrole i krutog digestata, a te varijante su istovremeno rezultirale najmanjim sadržajem bakra. Cink je bio značajno najmanji na kontroli. Sadržaj nikla je bio ispod 0,01% kod svih varijanti gnojidbe.

**Dropkovec:** Gnojidba nije utjecala na sadržaj željeza, kao niti na sadržaj nikla koji je bio ispod 0,01%. mineralno gnojivo i kruti digestat rezultirali su najvećim sadržajem mangana. Kontrola je imala najmanji sadržaj bakra, dok se druge varijante gnojidbe nisu međusobno značajno razlikovale. Tekući digestat i mineralno gnojivo rezultirali su najvećim sadržajem cinka.



Kruti digestat je postigao najveći sadržaj svih metala, ali se sadržaj mangana i bakra nije značajno razlikovao niti kod tekućeg digestata. Sadržaj nikla je bio ispod 0,01% kod svih varijanti gnojidbe.

**Gračina:** Kruti digestat postigao je najveći sadržaj željeza, mangana i cinka koji se kod mangana nije značajno razlikovao od mineralne gnojidbe, a kod cinka od tekućeg digestata. Najveći sadržaj bakra utvrđen je kod gnojidbe tekućim digestatom. Sadržaj nikla je bio ispod 0,01% kod svih varijanti gnojidbe.

**Gradec:** Mineralno gnojivo rezultiralo je značajno najmanjim sadržajem željeza i bakra, a kruti digestat najmanjim sadržajem mangana. Najveći sadržaj željeza i cinka imao je ljulj gnojen krutim i tekućim digestatom. Najveći sadržaj bakra utvrđen je kod gnojidbe tekućim digestatom tena kontroli bez gnojidbe. Sadržaj nikla je bio ispod 0,01% kod svih varijanti gnojidbe.

**Podolec:** Mineralno gnojivo rezultiralo je najmanjim sadržajem svih metala, isključujući nikal, ali se kod mangana i cinka nije razlikovalo od krutog digestata i kontrole, kod bakra od krutog digestata. Tekući digestat i ovdje je rezultirao najvećim sadržajem svih metala, isključujući nikal, ali se kod željeza nije razlikovao od krutog digestata i kontrole, kod bakra od kontrole, a kod cinka od krutog digestata i kontrole.

Utjecaj pojedinih varijanti gnojidbe na sadržaj metala u talijanskom ljulju (tablica 51) na svim lokacijama može se sažeti na sljedeći način:

**Željezo:** Najviši sadržaj željeza često se nalazi kod gnojidbe tekućim digestatom, a razlike u sadržaju su statistički značajne u odnosu na kontrolu i druge varijante.

**Bakar:** Tekući digestat i kruti digestat često dovode do najvišeg sadržaja bakra, s značajnim statističkim razlikama.

**Cink:** Najviši sadržaj cinka obično se postiže tekućim digestatom, s istaknutim statističkim razlikama.

**Mangan:** Tekući digestat obično rezultira najvišim sadržajem mangana, s značajnim razlikama.

Tekući digestat je posebno učinkovit u povećanju sadržaja željeza, bakra, cinka, i mangana, s istaknutim statističkim razlikama u odnosu na druge varijante.

Kontrolna varijanta (bez gnojidbe) generalno pokazuje niže vrijednosti metala, dok mineralno gnojivo ima varirajući učinak na sadržaj metala, ovisno o lokaciji.

Sadržaj ukupnog kroma, kadmija i žive u suhoj tvari talijanskog ljulja u vrijeme prvog otkosa na svim varijantama gnojidbe bio je manji od 0,01 mg/kg.



## 2.9. Analiza isplativosti proizvodnje kukuruzne silaže, zrna kukuruza, zrna ozime pšenice i sijena talijanskog ljulja

Analiza isplativost proizvodnje kukuruza, pšenice i talijanskog ljulja izrađena je s aspekta troškova gnojidbe krutim i tekućim digestatom, te mineralnim gnojivom i ostvarenih prinosa kultura te prosječno ostvarenih prodajnih cijena u Republici Hrvatskoj za zrno kukuruza, kukuruznu silažu, zrno pšenice i sijeno talijanskog ljulja.

Za svakog pojedinog proizvođača i svaku kulturu izračunat indeks isplativosti, pri čemu indeks 100 predstavlja najisplativiju gnojidbu, a ostali indeksi pokazuju koliko su pojedine vrste gnojidbe bile postotno manje isplative. Na temelju toga izrađena je tablica rangova (1-4) i prosječni rang isplativosti za svaku varijantu gnojidbe. Što je rang niži to je proizvodnja bila isplativija.

Tablica ranga pokazuje koja je vrsta gnojidbe bila najbolje rangirana za sva četiri proizvoda. Rang isplativosti prikazuju tablica 53 i 54 za kukuruz, 55 za ozimu pšenicu i 56 za talijanski ljulj.

Tablica 53. Prosječni rang isplativosti za kukuruznu silažu

Vrsta gnojiva	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Prosječni rang
Tekući digestat	2	2	2	0	2
Kruti digestat	3	1	1	1	2
Mineralno gnojivo	1	2	1	2	2,67
Kontrola	0	1	2	3	3,33

Tablica 54. Prosječni rang isplativosti za zrno kukuruza

Vrsta gnojiva	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Prosječni rang
Tekući digestat	3	2	1	0	1,67
Kruti digestat	3	1	1	1	2
Mineralno gnojivo	0	2	2	2	3
Kontrola	0	1	2	3	3,33

Tablica 55. Prosječni rang isplativosti za zrno ozime pšenice

Vrsta gnojiva	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Prosječni rang
Tekući digestat	3	2	1	0	1,67
Kruti digestat	2	2	2		2
Mineralno gnojivo	1	2	1	2	3
Kontrola			2	4	3,67



Tablica 56. Prosječni rang isplativosti sijena talijanskog ljulja

Vrsta gnojiva	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Prosječni rang
Tekući digestat	1	3	1	0	2
Kruti digestat	0	1	4		2,8
Mineralno gnojivo	0	0	0	5	4
Kontrola	4	1	0	0	1,2

Prosječni rang isplativosti proizvodnje kukuruzne silaže je kod gnojidbe krutim i tekućim digestatom iznosio 2, za gnojidbu mineralnim gnojivom 2,67 i za kontrolu 3,33. Proizvodnja zrna kukuruza najisplativija je kod gnojidbe tekućim digestatom (prosječni rang 1,67), iza kojeg slijedi gnojidba krutim digestatom.

Ekonomska isplativost proizvodnje zrna ozime pšenice s aspekta gnojidbe bila je najveća na varijanti gnojidbe tekućim digestatom (prosječni rang 1,67), manje s krutim digestatom, a najmanje isplativa bila je proizvodnja na kontrolnoj varijanti bez gnojidbe. Kod proizvodnje sijena talijanskog ljulja, najmanji rang je utvrđen na kontrolnoj varijanti, a između tri provedene gnojidbe, najisplativija je bila gnojidba tekućim digestatom.

Može se zaključiti da je najisplativija proizvodnja zrna kukuruza i ozime pšenice bila kod gnojidbe tekućim digestatom, a isplativost silažne mase bila je u istom rangu isplativosti s gnojidbom krutim digestatom. Za talijanski ljulj se može pretpostaviti da je isplativost na kontrolnoj varijanti vezana za niža ulaganja u cjelokupnu proizvodnju, prvenstveno za troškove vezane za gnojiva.



### 3. ZAKLJUČAK

#### 1. Značajke korištenih digestata

U istraživanjima su korišteni tekući i kruti digestati iz tri bioplinska postrojenja, a analizirani su neposredno prije primjene, u tri navrata.

Sadržaj suhe tvari krutog digestata kretao se od 18,32 do 28,24%, a kod tekućeg digestata od 2,78 do 8,44% suhe tvari.

PH vrijednosti za kruti digestat kretale su se od 8,11 do 9,23, a kod tekućeg od pH 7,45 do 8,11.

Prema sadržaju organske tvari u suhoj tvari (%), vrijednosti za kruti digestat kretale su se od 78,88 do 91,73% , a za tekući od 57,92 do 67,09%

Prema sadržaju organskog ugljika u suhoj tvari (%) u krutom digestatu, variranja između rezultata svih mjerenja bila su između 44,17 i 51,20%, a u tekućem digestatu svih uzoraka varirana su bila u rasponu od 32,43 do 37,22%.

Sadržaj dušika u suhoj tvari krutog digestata bio je u rasponu od 2,35 do 2,62%, fosfora od 1,13 do 1,22%, kalija od 2,42 do 2,6%, kalcija od 1,27 do 2,13% i magnezija od 0,25 do 0,33%.

Prema prosječnim sadržajima, sadržaj dušika u tekućem digestatu bio je u rasponu od 4,08 do 5,39%, fosfora od 1,86 do 2,27%, kalija od 4,44 do 5,98%, kalcija od 1,75 do 3,00% i magnezija od 0,14 do 0,23%.

Ukoliko se usporede vrijednosti za istraživana biljna hraniva između krutog i tekućeg digestata, može se vidjeti da je u krutom digestatu manji sadržaj dušika, fosfora, kalija i kalcija, a nešto viši magnezija, u odnosu na sadržaj hraniva u tekućem digestatu.

Prema prosječnim sadržajima biljnih hraniva u  $\text{kg/m}^3$  svježeg krutog digestata sadržaj dušika bio je u rasponu od 4,95 do 5,62  $\text{kg/m}^3$ , fosfora od 2,19 do 2,57  $\text{kg/m}^3$ , kalija od 4,88 do 5,62  $\text{kg/m}^3$ , a prema prosječnim sadržajima biljnih hraniva u  $\text{kg/m}^3$  svježeg tekućeg digestata sadržaj dušika bio je u rasponu od 2,05 do 2,94  $\text{kg/m}^3$ , fosfora od 0,87 do 1,47  $\text{kg/m}^3$  i najveće su razlike po postrojenjima, tako i rasponi, utvrđeni kod sadržaja kalija od 1,97 do 4,08  $\text{kg/m}^3$ .

Ukoliko se usporede vrijednosti za istraživana biljna hraniva između krutog i tekućeg digestata, može se vidjeti da je u svježem krutom digestatu bilo više dušika, fosfora i kalija ( $\text{kg/m}^3$ ) u odnosu na sadržaj tih hraniva u svježem tekućem digestatu.

Sadržaj teških metala (Zn, Cu, Ni, Cd, Cr i Hg) ni u jednom uzorku tekućeg i krutog digestata, nije prelazio maksimalne vrijednosti propisane Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019).

#### 2. Utjecaj gnojidbe na fizikalne značajke tla

Tla na kojima su provedena istraživanja prema teksturnoj oznaci pripadaju ilovastom pijesku na pet od šest lokacija te na jednoj lokaciji pjeskovitoj ilovači.



Stabilnost strukturnih agregata na tri lokacije je mala, a na ostale tri vrlo mala.

Kapacitet tla za vodu je na svim lokacijama osrednji, osim na jednoj gdje je na završetku istraživanja, nakon dvogodišnje gnojidbe prema varijantama pokusa u vrijeme prvog otkosa ljulja na varijanti gnojidbe krutim digestatom velik. Uglavnom je na varijanti gnojidbe krutim digestatom utvrđen najveći kapacitet tla za vodu, no samo je na pojedinim lokacijama i u pojedinim terminima uzorkovanja ta razlika statistički značajna. Najmanji kapacitet tla za vodu bio je uglavnom na kontrolnoj varijanti bez gnojidbe.

Veće vrijednosti kapaciteta tla za zrak uglavnom su utvrđene na varijanti gnojidbe krutim digestatom.

U većini slučajeva gustoća tla na varijantama gnojenim krutim digestatom ili tekućim digestatom manja je od gustoće tla na kontroli ili kod gnojidbe mineralnim gnojivom, iako su samo na pojedinim lokacijama i pojedinim terminima uzorkovanja te razlike statistički značajne.

Slično kao i kod drugih fizikalnih značajki tla, i kod ukupnog poroziteta gotovo u pravilu najveći porozitet utvrđivan je kod gnojidbe krutim digestatom, zatim kod tekućeg digestata, manji je kod mineralne gnojidbe i kontrole, no razlike su statistički značajne samo na pojedinim lokacijama i pojedinim terminima uzorkovanja.

Na početku istraživanja ni na jednoj lokaciji nije utvrđen otpor tla veći od 2 MPa koji se smatra gornjom granicom za nesmetan razvoj korijenovog sustava. Međutim, tijekom istraživanja, mehanički otpor tla se mijenjao u ovisnosti, između ostalog i o sadržaju vlage u tlu, koja se u početku istraživanja nije značajno razlikovala po varijantama gnojidbe, a prema kraju istraživanja, nakon dvogodišnje primjene gnojidbe na većini lokacija utvrđen je manji mehanički otpor i veći sadržaj vlage na varijanti gnojidbe krutim digestatom, ali te razlike nisu bile statistički opravdane.

### 3. Utjecaj gnojidbe na kemijska svojstva tla

Reakcija tla u vodi i u 1 MKCl-u varirala je tijekom istraživanja. Uglavnom se može uočiti da je na kontrolnim varijantama na svim lokacijama bilježen viši ili jednak pH u odnosu na pojedine ili sve gnojene varijante, ali ni jedna od četiri varijante nije dovela do povećanja reakcije tla ili je došlo do blagog povećanja ili, rjeđe, snižavanja.

Varijante gnojidbe nisu pokazale konzistentni učinak na električnu provodljivost tla. Uglavnom najniža vodljivost bila je na kontrolnim varijantama na većini lokacija i vremenu utvrđivanja, dok su se gnojene varijante izmjenjivale u visini vrijednosti, ovisno o lokaciji i vremenu utvrđivanja.

Tijekom istraživanja dolazilo je do variranja u sadržaju humusa, prema lokaciji i varijantama gnojidbe, no na kontrolnoj varijanti gotovo je redovito bilježen najniži sadržaj humusa, u većini slučajeva bez značajnih razlika u odnosu na pojedine ili sve ostale varijante gnojidbe, dok je sadržaj humusa uglavnom bio najveći na varijanti gnojenoj krutim digestatom, također bez





Program  
RURALNOG RAZVOJA



AGENCIJA ZA PLAĆANJA U POLJOPRIVREDI,  
RIBARSTVU I RURALNOM RAZVOJU  
PAYING AGENCY FOR AGRICULTURE, FISHERIES  
AND RURAL DEVELOPMENT

statistički značajnih razlika, osim na jednoj lokaciji. Sadržaj humusa na varijanti s mineralnom gnojidbom najčešće je niži ili ne postoje značajne razlike u odnosu na varijante gnojene digestatom.

U većini slučajeva i na većini lokacija, gnojidba krutim i tekućim digestatom rezultirala je većim sadržajem fosfora u tlu u odnosu na gnojidbu mineralnim gnojivom i negnojenu kontrolu. Na svim varijantama s gnojidbom, osim jedne, utvrđivano je povećanje sadržaja kalija u tlu tijekom istraživanja u odnosu na početnu vrijednost. Gotovo redovito, prema očekivanju, najniži sadržaj utvrđen je na kontrolnoj varijanti, a smanjivao se od početnog stanja do zadnjeg mjerenja. Među varijantama na kojima je obavljena gnojidba, bez obzira na vrstu gnojiva, najčešće nisu utvrđene značajne razlike u sadržaju kalija u tlu.

Ukupni dušik u tlu varirao je tijekom istraživanja i po lokacijama i po varijantama gnojidbe i po vremenu uzorkovanja. Na površinama gdje je korišten kruti digestat redovito je bilo najviše ukupnog dušika, dok su vrijednosti ovog hraniva bile uglavnom podjednake na ostale dvije gnojene varijante (tekući digestat, mineralno gnojivo). Kontrolne varijante gotovo su redovito pokazivale najniže sadržaje ukupnog dušika u svim mjerenjima, rjeđe te vrijednosti nisu bile značajno različite od jedne od gnojenih varijanti.

Najveće vrijednosti amonijskog dušika bilježene u gotovo svim mjerenjima unutar jedne lokacije bilježene su na varijanti gdje je primjenjivan kruti digestat, nešto rjeđe na varijanti gdje je korišten tekući digestat ili mineralno gnojivo.

Sadržaj nitrarnog dušika također je varirao tijekom istraživanja na sličan način kao i ukupni i amonijski dušik. Najveći sadržaj nitrarnog dušika unutar pojedine lokacije gotovo je uvijek utvrđen kod tekućeg digestata ili kod mineralnog gnojiva, nešto manje vrijednosti su bile kod krutog digestata, a najmanje kod negnojene kontrole.

Nisu uočene pravilnosti u kretanju sadržaja kalcija u ovisnosti o varijantama gnojidbe.

Gnojidba tekućim i krutim digestatom nije dosljedno povećala sadržaj magnezija u tlu. Učinci su bili varijabilni, ovisno o lokaciji i specifičnim uvjetima tla.

Kruti i tekući digestat pokazali su općenito smanjenje sadržaja željeza tijekom istraživanja, u nekim slučajevima su pokazali povećanje u određenim terminima uzorkovanja. Kontrolne varijante često su pokazivale veći sadržaj željeza u određenim fazama u usporedbi s gnojenim varijantama

Početni sadržaj istraživanih teških metala (Cu, Ni, Zn, Fe, Mn, Cd, Cr, Pb i Hg) na svim lokacijama bio je manji od maksimalno dopuštenih vrijednosti definiranih Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 71/2019, a niti tijekom istraživanja ni na jednoj lokaciji niti varijanti gnojidbe njihov sadržaj nije prelazio propisane maksimalno dopuštene vrijednosti. Varijante gnojidbe nisu imale konzistentan utjecaj na sadržaj utvrđivanih metala.

#### **4. Utjecaj gnojidbe na prinos uzgajanih kultura te sadržaj vlage u biljnom materijalu**

Varijante gnojidbe nisu imale značajan utjecaj na sadržaj vlage u nadzemnoj masi kukuruza u voštanoj zriobi, niti na sadržaj vlage u znu kukuruza u berbi. Nije bilo značajnih razlika u



prinosu nadzemne mase biljaka između različitih varijanti gnojidbe. Gnojidba je dovela do većih prinosa kukuruza na svim lokacijama, ali te razlike nisu bile statistički značajne na nekim lokacijama. Općenito, nisu zabilježene značajne razlike u prinosu između varijanti gnojenih mineralnim gnojivom i varijanti gnojenih krutim ili tekućim digestatom.

Sadržaj vlage zrna pšenice u žetvi nije bio pod utjecajem varijanata gnojidbe ni na jednoj lokaciji. Na negnojnim varijantama postizani su najniži prinosi zrna, ali se na većini lokacija nisu značajno razlikovali od jedne od varijanti gnojidbe. Gnojidba je dovela do povećanja prinosa zrna pšenice, međutim nije pokazala pravilnosti u utjecaju vrste i količine gnojiva na prinos zrna pšenice, odnosno nije bilo statistički opravdane razlike ni na jednoj lokaciji između tri varijante gnojidbe, osim na jednoj lokaciji gdje je gnojidbom tekućim digestatom zabilježen značajno veći prinos zrna u odnosu na gnojidbu krutim digestatom.

Na varijantama gnojenim mineralnim gnojivom u odnosu na varijante gnojene krutim i tekućim digestatom nije bilo razlike u prinosu zrna pšenice.

Prinosi zelene svježe mase talijanskog ljulja svedeni na 14% vlage značajno su najniži na negnojnoj kontroli u odnosu na sve tri varijante gnojidbe. Redovito značajno najviši prinos utvrđivan na varijanti gnojenoj s tekućim digestatom, osim na jednoj lokaciji gdje nije utvrđena značajna razlika između gnojidbe tekućim i krutim digestatom. Mineralnom gnojidbom postignut je niži prinos ljulja u odnosu na prinos dobiven gnojidbom tekućim digestatom, na dvije lokacije bio je niži u odnosu na kruti digestat, ili bez značajnih razlika u visini prinosa u na druge četiri lokacije. Prinos sijena talijanskog ljulja u potpunosti prati međusobne odnose prinosa zelene između varijanti i lokacija. Najniži sadržaj vlage bio je u masi na kontrolnim varijantama.

## 5. Utjecaj gnojidbe na sadržaj minerala i teških metala u biljci

Gnojidba tekućim i krutim digestatom generalno ima pozitivan utjecaj na dostupnost nekih makroelemenata (poput fosfora i kalija) u biljkama kukuruza u usporedbi s kontrolom, dok je za dušik učinak manje dosljedan, posebno kod krutog digestata. Za kalcij i magnezij, razlike između tretmana gnojidbe nisu bile dosljedne ili značajne na svim lokacijama.

Utjecaj gnojidbe tekućim i krutim digestatom na sadržaj željeza, mangana, bakra, cinka i nikla u biljci kukuruza nije bio dosljedan i varirao je ovisno o lokaciji i specifičnom metalu. Gnojidba tekućim i krutim digestatom nije dosljedno povećala niti smanjila sadržaj ovih metala u kukuruza. Varijante gnojidbe tekućim i krutim digestatom nisu imale dosljedan utjecaj niti na sadržaj olova, kadmija, žive i kroma u biljci kukuruza. Razlike u koncentracijama metala između varijanti gnojidbe i lokacija su minimalne ili nepostojane.

Gnojidba tekućim i krutim digestatom utjecala je na sadržaj makroelemenata u zrnu kukuruza, ali učinci su varirali ovisno o lokaciji. Na većini lokacija, tekući digestat je često imao najviši ili među najvišim sadržajima dušika, dok su fosfor, kalij, kalcij i magnezij pokazivali manje dosljedne trendove. Gnojidba tekućim i krutim digestatom nije dosljedno utjecala na sadržaj željeza, mangana, bakra, cinka i nikla u zrnu kukuruza. Utjecaji su bili varijabilni ovisno o



lokaciji i specifičnom metalu. Sadržaj nikla na svim lokacijama i svim tretmanima bio je manji od 0,01 mg/kg suhe tvari.

Vrijednosti toksičnih teških metala olova, kadmija, žive i kroma u zrnu kukuruza na svim lokacijama i svim varijantama gnojidbe bile su manje od 0.01 mg/kg za sve tretmane gnojidbe na svim lokacijama. Gnojidba tekućim i krutim digestatom, kao ni mineralno gnojivo nisu imali značajan utjecaj na akumulaciju olova, kadmija, žive i kroma u zrnu kukuruza.

Varijante gnojidbe imaju različit utjecaj na sadržaj makroelemenata u zrnu pšenice, s naglaskom na varijacije u sadržaju dušika. Ostali elementi poput fosfora, kalija, kalcija i magnezija pokazuju manje razlike među varijantama gnojidbe. Gnojidba tekućim digestatom često ima najveći utjecaj na povećanje sadržaja dušika, dok su varijacije u sadržaju fosfora, kalija, kalcija i magnezija manje izražene među različitim varijantama gnojidbe.

Varijante gnojidbe imaju različit utjecaj na akumulaciju teških metala u zrnu pšenice na pojedinoj lokaciji, ali bez izraženih konzistentnih trendova. Kontrolne varijante često imaju nešto više koncentracije željeza, dok su ostali metali distribuirani slično među svim varijantama gnojidbe. Sadržaj ukupnog kroma, kadmija i žive u zrnu pšenice bio je manji od 0,01 mg/kg.

Tekući digestat često je rezultirao većom koncentracijom dušika, fosfora i kalija u suhoj masi talijanskog ljulja u vrijeme prvog otkosa u usporedbi s krutim digestatom i mineralnim gnojivom, ali ovi trendovi su varirali ovisno o lokaciji.

Tekući digestat je povećao sadržaj željeza, bakra, cinka, i mangana u suhoj tvari talijanskog ljulja, s istaknutim statističkim razlikama u odnosu na druge varijante. Kruti digestat također dovodi do značajnog povećanja sadržaja bakra i bora. Kontrolna varijanta (bez gnojidbe) generalno pokazuje niže vrijednosti metala, dok mineralno gnojivo ima varirajući učinak na sadržaj metala, ovisno o lokaciji.

Sadržaj ukupnog kroma, kadmija i žive u suhoj tvari talijanskog ljulja u vrijeme prvog otkosa na svim varijantama gnojidbe bio je manji od 0,01 mg/kg.

## 6. Utjecaj gnojidbe na ekonomsku isplativost proizvodnje

Isplativost proizvodnje po varijantama gnojidbe izražena je u rangovima isplativosti pri čemu niža vrijednost ranga ukazuje na veću isplativost.

U proizvodnji kukuruzne silaže kruti i tekući digestat imaju isti rang isplativosti i pokazuju najveću isplativost. Najveća isplativost u proizvodnji zrna kukuruza i zrna ozime pšenice postiže se tekućim digestatom, a u proizvodnji talijanskog ljulja najisplativija se pokazala kontrola, tj. izostanak gnojidbe.

### Glavne praktične preporuke za proizvođače:

Poljoprivredna gospodarstva mogu koristiti tekući ili kruti digestat kao gnojivo ili poboljšivač tla.



Gnojidba digestatom treba se temeljiti na analizi sastava digestata, analizi tla i potrebama poljoprivredne kulture.

Na osnovi ekonomske isplativosti s aspekta gnojidbe i ostvarenih prinosa, gnojidba tekućim digestatom je isplativija, ali dugoročno za poboljšanje plodnosti tla preporuča se gnojidba krutim digestatom.

Gnojidbu digestatom treba provoditi u skladu s važećim propisima koji reguliraju upotrebu digestata iz bioplinskih postrojenja.

#### 4. LITERATURNI IZVORI

1. Barlóg, P., Hlisnikovsý, L. & Kunzová, E. (2020) Concentration of trace metals in winter wheat and spring barley as a result of digestate, cattle slurry, and mineral fertilizer application, *Environmental Science and Pollution Research* 27:4769–4785
2. Dragicevic, I., Sogn, T. A. & Eich-Greatorex, S. (2018) Recycling of Biogas Digestates in Crop Production—Soil and Plant Trace Metal Content and Variability. *Front. Sustain. Food Syst.* 2:45. doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2018.00045>
3. European Biogas Association, European Biogas Association Statistical Report 2023, Brussels, December 2023.
4. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07304-2>
5. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0196-z>
6. Hazelton P., Murphy B. (2007.) Interpreting soil test results, National Library of Australia
7. Mayerová, M., Šimon, T., Stehlík, M., Madaras, M. Koubová, M., & Smatanová, M. (2023). Long-term application of biogas digestate improves soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 231, 105715. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105715>.
8. Nkoa, R. (2014) Agricultural Benefits and Environmental Risks of Soil Fertilization with Anaerobic Digestates: A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 473-492.
9. Tigini, V., Franchino, Marta., Bona, F., Varese, G. C., (2016) Is digestate safe? A study on its ecotoxicity and environmental risk on a pig manure, *Science of the Total Environment* 551–552, 127–132 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.004>
10. Tigini, V., Franchino, Marta., Bona, F., Varese, G. C., (2016) Is digestate safe? A study on its ecotoxicity and environmental risk on a pig manure, *Science of the Total Environment* 551–552, 127–132 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.004>



## PRILOZI

Reakcija tla prema Thunu u 1 M KCL-u

pH u 1 M KCL	Ocjena
< 4,5	Jako kisela reakcija
4,5 – 5,5	Kisela reakcija
5,5 – 6,5	Slabo kisela reakcija
6,5 – 7,2	Neutralna reakcija
>7,2	Alkalna reakcija

Klase opskrbljenosti tla humusom prema Gračaninu, (%)

% humusa	Ocjena
< 1	Vrlo slabo humozno
1 – 3	Slabo humozno
3 – 5	Dosta humozno
5 – 10	Jako humozno
> 10	Vrlo jako humozno

Klasifikacija tala prema opskrbljenosti tla fosforom i kalijem (AL- metoda)

mg/100 g tla K <sub>2</sub> O i P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ocjena
< 5	Vrlo slaba opskrbljenost
5,1 – 10	Slaba opskrbljenost
10,1 – 20	Umjerena opskrbljenost
20,1 – 30	Dobra opskrbljenost
30,1 - 40	Bogata opskrbljenost
> 40	Vrlo bogato opskrbljeno

Klase opskrbljenosti tla ukupnim dušikom prema Woltmann-u (%)

% N u tlu	Ocjena
< 0,06	Slabo opskrbljeno
0,07 – 0,10	Umjereno opskrbljeno
0,11 – 0,20	Dobro opskrbljeno
0,21 – 0,30	Bogato opskrbljeno
> 0,30	Vrlo bogato opskrbljeno

Granične vrijednosti kapaciteta tla za zrak



Kapacitet tla za zrak, % vol.	Ocjena
<4	Vrlo mali
4 – 8	Mali
8 – 12	Osrednji
12 – 16	Dobar
>16	Visok

Granične vrijednosti za volumnu gustoću tla (Hazelton i Murphy, 2007)

Volumna gustoća, g/cm <sup>3</sup>	Ocjena
<1	Vrlo niska
1 – 1,3	Niska
1,3 – 1,6	Srednja
1,6 – 1,9	Visoka
>1,9	Vrlo visoka