

**AGRONOMSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU  
ZAVOD ZA OPĆU PROIZVODNJU BILJA**

Svetošimunska cesta 25, Zagreb



**KAKVOĆA PROCJEDNIH VODA IZ DRENSKIH CIJEVI  
(POKUSNO POLJE JELENŠČAK - POTOK- POPOVAČA)**

**Završno izvješće, 1996. – 2018.**

*Voditelj projekta:*

Prof. dr. sc. Milan Mesić

HRVATSKE VODE - 374

Primljeno:	09.10.2020. 14:51:16	
Klasifikacijska oznaka	325-01/19-10/0000145	Org jed 374-1-2/256
Uredžbeni broj:	380-20-12	Prilog



075597257

Zagreb, listopad 2020.

**AGRONOMSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**ZAVOD ZA OPĆU PROIZVODNJU BILJA**  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska  
Tel. +385 1 2393 814; Fax. +385 1 23 93 981  
Predstojnik Zavoda: Prof. dr. Željka Zgorelec

## **KAKVOĆA PROCJEDNIH VODA IZ DRENSKIH CIJEVI**

Voditelj projekta: Prof. dr. Milan Mesić

**Završno izvješće, 1996. – 2018.**

**Autori:**

*Zavod za opću proizvodnju bilja*  
Prof.dr.sc. Milan Mesić  
Izv.prof.dr.sc. Željka Zgorelec  
Izv.prof.dr.sc. Ivana Šestak  
Doc.dr.sc. Aleksandra Perčin  
Doc.dr.sc. Darija Bilandžija  
Marija Galić, mag.ing.agr.

Tehnički suradnik: gđa. Helena Oppitz

Zagreb, listopad 2020.

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MATERIJAL I METODE</b> .....	<b>2</b>
<b>3. PRIMIJENJENE KOLIČINE GNOJIVA</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1. UTJECAJ NA TLO</b> .....	<b>14</b>
3.1.1. <i>Kemijske analize tla</i> .....	14
3.1.2. <i>Varijabilnost reakcije tla (pH vrijednosti)</i> .....	15
3.1.3. <i>Varijabilnost biljci pristupačnog fosfora</i> .....	25
3.1.4. <i>Varijabilnost biljci pristupačnog kalija</i> .....	31
3.1.5. <i>Varijabilnost sadržaja humusa</i> .....	37
3.1.6. <i>Varijabilnost sadržaja nitratnog dušika (N-NO<sub>3</sub>)</i> .....	43
3.1.7. <i>Varijabilnost sadržaja amonijskog dušika (N-NH<sub>4</sub>)</i> .....	49
3.1.8. <i>Varijabilnost sadržaja ukupnog dušika</i> .....	55
3.1.9. <i>Varijabilnost izotopnog sastava dušika</i> .....	59
<b>3.2. UTJECAJ NA BILJNI MATERIJAL</b> .....	<b>62</b>
<b>3.2.1. Kukuruz</b> .....	<b>62</b>
3.2.1.1. <i>Prinos zrna</i> .....	62
3.2.1.2. <i>Sadržaj dušika u zrnu, % u suhoj tvari</i> .....	64
3.2.1.3. <i>Agronomska učinkovitost gnojidbe</i> .....	65
<b>3.2.2. Ozima pšenica</b> .....	<b>68</b>
3.2.2.1. <i>Prinos zrna</i> .....	68
3.2.2.2. <i>Sadržaj dušika u zrnu, % u suhoj tvari</i> .....	70
3.2.2.3. <i>Agronomska učinkovitost gnojidbe</i> .....	71
<b>3.2.3. Uljana repica</b> .....	<b>75</b>
3.2.3.1. <i>Prinos sjemena</i> .....	75
3.2.3.2. <i>Sadržaj dušika u sjemenu, % u suhoj tvari</i> .....	76
3.2.3.3. <i>Agronomska učinkovitost gnojidbe</i> .....	78
<b>3.2.4. Soja</b> .....	<b>80</b>
3.2.4.1. <i>Prinos zrna</i> .....	80
3.2.4.2. <i>Sadržaj dušika u zrnu, % u suhoj tvari</i> .....	81
3.2.4.3. <i>Agronomska učinkovitost gnojidbe</i> .....	82
<b>3.2.5. Triticale</b> .....	<b>85</b>
3.2.5.1. <i>Prinos zrna</i> .....	85
3.2.5.2. <i>Sadržaj dušika u zrnu, % u suhoj tvari</i> .....	86
3.2.5.3. <i>Agronomska učinkovitost gnojidbe</i> .....	87
<b>4. KLIMA NA PODRUČJU ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>89</b>
4.1. <b>OBORINA</b> .....	<b>89</b>
4.2. <b>TEMPERATURA ZRAKA</b> .....	<b>95</b>
4.3. <b>BILANCA VODE U TLU</b> .....	<b>100</b>
4.4. <b>UTJECAJ AGROKLIMATSKIH UVJETA NA PRINOS UZGAJANIH KULTURA</b> .....	<b>102</b>
4.4.1. <i>Kukuruz</i> .....	105
4.4.2. <i>Ozima pšenica</i> .....	106
4.4.3. <i>Uljana repica</i> .....	107
4.4.4. <i>Soja</i> .....	108
4.4.5. <i>Pšenoraž – tritikale</i> .....	109
4.5. <b>KOLIČINA VODE U LIZIMETRIMA</b> .....	<b>111</b>
4.6. <b>KOLIČINA VODE IZ DRENSKIH CIJEVI</b> .....	<b>156</b>
4.7. <b>PROCJEDIVANJE U PODZEMNE VODE</b> .....	<b>116</b>
<b>5. KAKVOĆA PROCJEDNE VODE</b> .....	<b>113</b>
5.1. <b>KAKVOĆA PROCJEDNE VODE IZ LIZIMETARA</b> .....	<b>118</b>
5.1.1. <i>Analize vode</i> .....	118
5.1.2. <i>pH vrijednost vode</i> .....	119
5.1.3. <i>Elektrovodljivost (EC)</i> .....	120
5.1.4. <i>Koncentracija N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> u vodi i količina ispranog N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> u kg/ha</i> .....	122
5.1.5. <i>Koncentracija N-NH<sub>4</sub> u vodi i količina ispranog N-NH<sub>4</sub> u kg/ha</i> .....	125
5.1.6. <i>Koncentracija N-NO<sub>2</sub> u vodi i količina ispranog N-NO<sub>2</sub> u kg/ha</i> .....	128

5.1.7. Koncentracija fosfora .....	131
5.1.8. Koncentracija kalija .....	134
5.1.9. Koncentracija sumpora .....	137
5.1.10. Koncentracija natrija .....	140
5.1.11. Koncentracija kalcija.....	143
5.1.12. Koncentracija magnezija.....	146
5.1.13. Koncentracija fluora.....	149
5.1.14. Koncentracija klora.....	152
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>165</b>

## 1. UVOD

Istraživanje s utjecajem različitih količina dušika na uzgajane kulture, promjene u tlu, te na sastav i količinu vode iz lizimetara i iz drenskih cijevi započelo je na lokaciji Potok pokraj Popovače 1996. godine i trajalo bez prekida do 2018. godine. U tom su istraživanju prikupljeni brojni korisni podatci o utjecaju gnojidbe mineralnim dušikom na vode, pa ih ovdje prikazujemo u sintetiziranom obliku. U vrijeme početka istraživanja u EU je već na snazi bila Nitratna direktiva, a danas, po završetku rada na terenu, Hrvatska je također članica EU u kojoj ona vrijedi. Uzimajući u obzir činjenicu da farme pokrivaju gotovo pola zemljišnog prostora u Europskoj Uniji, točnije 178 milijuna hektara koristi se u svrhu obrade tla, trajnih nasada i pašnjaka (Eurostat, 2016), ali i činjenicu da je poljoprivredni sektor glavni izvor pritiska europskog okoliša ne čudi da se kroz dva stupa Zajedničke poljoprivredne politike provode mjere kojima se nastoji unaprijediti stanje okoliša. Prema podacima Europske agencije za okoliš u pogledu sadržaja nitrata u podzemnim voda Slovačke, Luksemburga, Slovenije, Francuske i Švicarske zabilježen je povećani sadržaj nitrata (>25 mg NO<sub>3</sub>/L) a u rijekama Luxembourg, Francuske, Ujedinjenog Kraljevstva, Danske i Njemačke zabilježene koncentracije nitrata bile su veće od 3,6 mg NO<sub>3</sub>-N/L (EEA, 2012).

U Hrvatskoj su mnogi znanstvenici pratili koncentracije mineralnog dušika osobito nitrata u drenažnim i lizimetarskim vodama. Zaključci izvedeni iz tih istraživanja mogu se svesti na sljedeće: ispiranje dušika uzrokovano je tipom i značajkama tla, vrstom usjeva, prisutnošću odnosno odsutnošću pojedine kulture, rasporedom i intezitetom oborina, obradom tla, a prije svega količinom i vrstom gnojiva koje je primijenjeno, ali i količinama drenažnog i lizimetarskog isteka (Šimunić i drugi, 2002; Čoga i drugi, 2003; Zgorelec, 2006; Mesić i sur., 2007; Bensa i sur., 2008; Zovko i sur., 2008; Jurišić i sur., 2014). U pogledu gubitaka i iskorištenja primijenjenog mineralnog gnojiva Mesić i sur. (2009) su ukazali da se ispere od 8 % do 12 % od doze apliciranog dušika, a Azem i sur. (1985) utvrdili su da svega 50 % dušika dodanog gnojidbom biljka usvoji, čak 25 % se gubi ispiranjem, a 15 % procesima denitrifikacije. Najveće ispiranje dušika javlja se tijekom jeseni i zime. Mesić i sur. (2007) nadodaju da je količina ispranog dušika u linearnoj vezi s količinom drenažnog istjecanja. Promatrajući utjecaj sezone pojedini autori bilježe koncentracije nitrata u drenažnoj vodi u rasponu od 11,7 do 27,0 mg NO<sub>3</sub>/L neposredno prije sjetve i gnojidbe, te koncentracije od 57 do 107,8 mg NO<sub>3</sub>/L koje su u korelaciji sa količinom oborina zabilježenih u rujnu (Šimunić i sur., 2002). Nešto niže vrijednosti nitrata u drenažnoj vodi utvrdili su Klačić i sur. (1998) te Čoga i sur. (2003). Drenaža hidromorfni tala u uvjetima mineralne gnojidbe dušikom te

prisutnost pšenice i kukuruza kao test kultura na pokusnim poljima rezultirala je utvrđenim koncentracijama nitratnog dušika u vodi od 21,7 mg NO<sub>3</sub>-N /L (Klačić i sur., 1998) te 25,9 mg NO<sub>3</sub>-N /L (Čoga i sur., 2003).

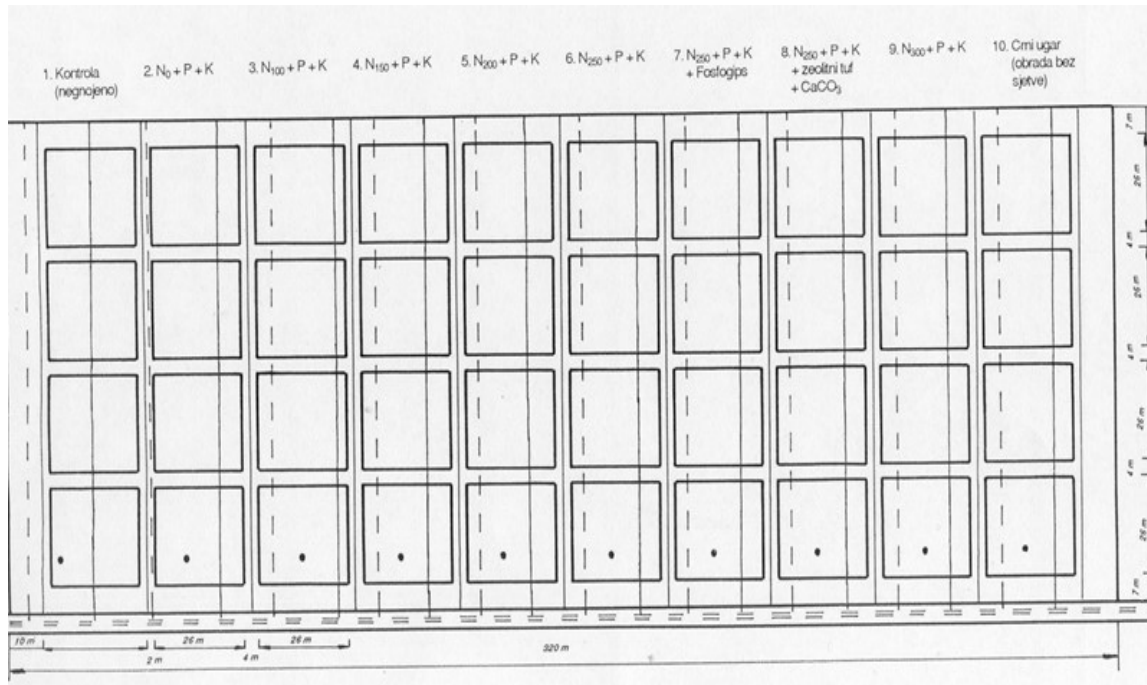
## 2. MATERIJAL I METODE

Tip tla na kojemu je provedeno istraživanje je ravničarski, distrični, drenirani pseudoglej. Pokus je postavljen tako da se površina koju zauzima pojedina pokusna varijanta dijeli u četiri ponavljanja, odnosno u četiri parcele. Veličina pokusne parcele uvjetovana je razmakom drenskih cijevi, kao i s njihovom dužinom. Zbog stagnacije vode u profilu tla, drenske cijevi postavljene su na prosječnoj udaljenosti od 20 metara (slika 1). Svaka varijanta uključuje dvije drenske cijevi, jednu sa i jednu bez filter materijala. Veličina osnovne parcele za svaku varijantu je 30 x 130 m, uključujući međuprostore. Ukupna površina pokusa je 39 000m<sup>2</sup>, a zajedno sa zaštitnim pojasom površina pokusa iznosi 44 800 m<sup>2</sup>.

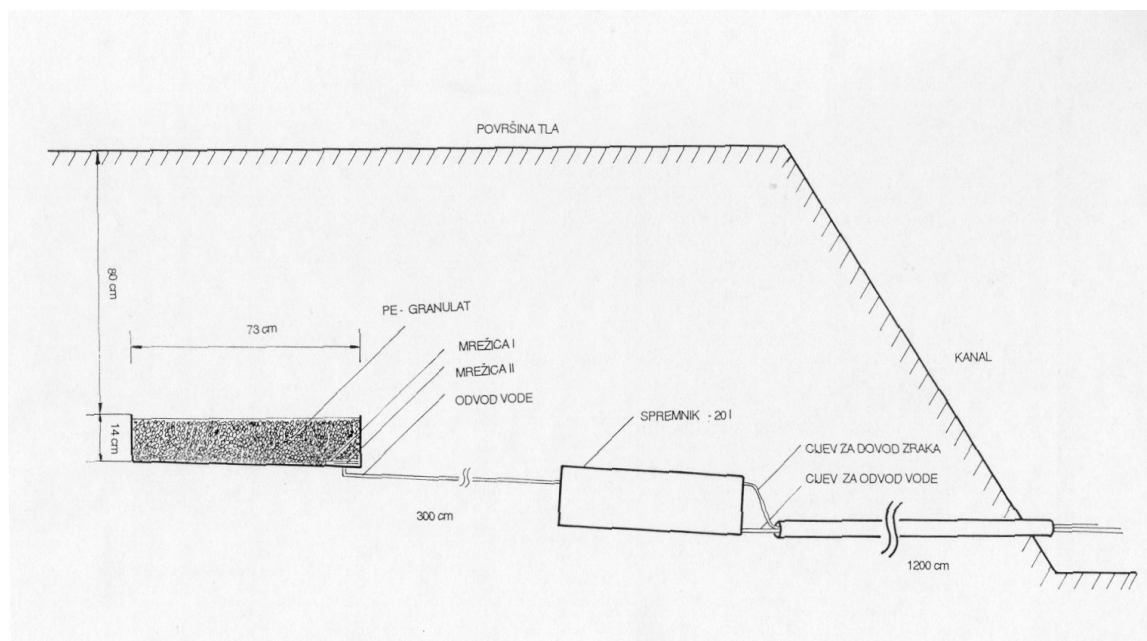
Pokus sadrži 10 varijanti sa šest rastućih količina primijenjenog mineralnog dušika u rasponu od 0 do 300 kg N ha<sup>-1</sup> te konstantnim količinama fosfora (120 kg P ha<sup>-1</sup>) i kalij (180 kg K ha<sup>-1</sup>) koje su primijenjene na svim varijantama osim kontrolne. Pokusne varijante su: (i) Kontrola, (ii) N0+P+K, (iii) N100+P+K, (iv) N150+P+K, (v) N200+P+K, (vi) N250+P+K, (vii) N250+P+K + fosfogips, (viii) N250+P+K+Zeolitni tuf+ CaCO<sub>3</sub>, (ix) N300+P+K te (x) Crni ugar – obrada bez sjetve i gnojidbe. Osim hraniva (N, P, K) na sedmoj varijanti tlu je u razmaku od šest godina (1996., 2002. i 2009.) dodan i fosfogips u iznosu od 12 t/ha. Od 2013. godine, umjesto fosfogipsa, u primjenu je uvršten dolomit. Na osmoj varijanti uz hraniva se svake tri godine primjenjuje i zeolitni tuf u kombinaciji sa CaCO<sub>3</sub> u količini od 3 t/ha i to prije osnovne obrade tla.

U parcelama iz prvog ponavljanja (uz kanal), na sredini između dvije drenske cijevi postavljen je lizimetar. Lizimetarske posude ugrađene su na sredini između dvije drenske cijevi, za svaku varijantu u prvom ponavljanju (uz kanal), i to na udaljenosti 15 m od ruba kanala. Dubina ugradnje lizimetara je 80 cm, što u potpunosti odgovara stratigrafiji profila. Način ugradnje lizimetara prikazan je na slici 2. Dimenzije lizimetarske posude su 73x73 cm, a prosječna visina 15 cm (visina iznosi od 14 do 16 cm zbog pada na dnu posude). Na najnižem dijelu dna posude (naprijed desno) nalazi se odvod vode, a posuda je punjena PE granulatom, koji predstavlja filter materijal. Otprilike 3 m od lizimetarske posude prema kanalu smješten je spremnik vode kapaciteta 30 litara. Vezu između odvoda vode i sabirne

posude čini cijev od okitena dužine 3 m. Iz spremnika do kanala vode dvije cijevi, jedna služi za dovod zraka, a druga za odvod vode.



Slika 1. Plan pokusa



Slika 2. Shema ugrađenog lizimetra

## Test kulture

Test kulture ovisne o plodoredu u razdoblju od 1996. do 2018. godine prikazane su u tablici 1. Agrotehnika je standardna za pojedinu kulturu, a na kraju vegetacije određen je prinos zrna, a prema mogućnostima i pojedine komponente prinosa za svaku kulturu.

**Tablica 1.** Prikaz kultura uzgajanih na pokusnom polju u vrijeme istraživanja

Br.	Godina	Usjev	Sjetva	Žetva
1.	1996.	Kukuruz ( <i>Zea Mays</i> L.)	18.05.96.	05.11.96.
2.	1997.	Ozima pšenica ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	10.11.96.	21.07.97.
3.	1998.	Uljana repica ( <i>Brassica napus</i> L.)	27.08.97.	03.07.98.
4.	1999.	Kukuruz ( <i>Zea Mays</i> L.)	08.05.99.	08.10.99.
5.	2000.	Ozima pšenica ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	13.10.99.	10.07.00.
6.	2001.	Uljana repica ( <i>Brassica napus</i> L.)	28.08.00.	26.06.01.
7.	2002.	Soja ( <i>Glycine</i> L. max)	03.05.02.	17.10.02.
8.	2003	Ozima pšenica ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	28.10.02.	10.07.03.
9.	2004	Kukuruz ( <i>Zea Mays</i> L.)	04.05.04.	16.12.04.
10.	2005	Soja ( <i>Glycine</i> L. max)	02.05.05.	14.10.05.
11.	2006	Ozima pšenica ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	26.10.05.	17.07.06.
12.	2007	Kukuruz ( <i>Zea Mays</i> L.)	24.04.07.	05.10.07.
13.	2008	Ozima pšenica ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	13.10.07.	13.07.08.
14.	2009	Uljana repica ( <i>Brassica napus</i> L.)	29.08.08.	25.06.09.
15.	2010	Ozima pšenica ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	18.10.09.	12.07.10.
16.	2011	Soja ( <i>Glycine</i> L. max)	07.04.11.	23.09.11.
17.	2012	Ozima pšenica ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	05.11.11.	11.07.12.
18.	2013	Kukuruz ( <i>Zea Mays</i> L.)	02.05.13.	08.10.13.
19.	2014	Triticale ( $\times$ <i>Triticosecale</i> )	24.10.13.	18.07.14.
20.	2015	Kukuruz ( <i>Zea Mays</i> L.)	24.04.15.	03.11.15.
21.	2016	Ozima pšenica ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	12.11.15.	09.07.16.
22.	2017	Kukuruz ( <i>Zea Mays</i> L.)	12.04.17.	15.09.17.
23.	2018	Soja ( <i>Glycine</i> L. max)	27.04.18.	26.09.18.

## Agrotehnika test kultura

### Kukuruz

Gnojidba za kukuruz iznosi za N utvrđenu količinu za pojedinu varijantu pokusa, a za P i K određena je doza od 600 kg NPK 7-20-30, što iznosi 42 kg dušika, 120 kg fosfora i 180 kg kalija. Od ove količine kompleksnog mineralnog gnojiva 1/2 se primjenjuje pri osnovnoj obradi tla u jesen, a preostala 1/2 u predsjetvenoj pripremi tla. Od ukupne količine dušika 60 % unosi se u tlo prije sjetve, dok se preostalih 40% koristi za dva prihranjivanja, svako s 20 %



ukupne količine dušika (tablice 2 i 3). Razlika dušika unosi se u tlo u predsjetvenoj pripremi tla u obliku ureje.

### **Ozima pšenica**

Za ozimu pšenicu od ukupne količine PK hraniva odnosno gnojiva 2/3 se primjenjuju pri osnovnoj obradi tla, 1/3 zajedno s 30 % dušika neposredno prije finalizacije tla za sjetvu odnosno sjetve (tablice 4 i 5). Ostali dušik se koristi za prihranjivanje u tri obroka i to: u prvom obroku 25%, u drugom 25%, te u trećem 20%. Prvo prihranjivanje se provodi početkom busanja, drugo u punom busanju prema vlatanju i treće u fazi vlatanja. (prema klasanju). Gnojidba za ozimu pšenicu iznosi 500 kg NPK 10-30-20, za varijantu s količinom dušika od 200 kg, kao i za sve varijante s višim količinama dušika. Za varijantu bez dušika, kao i za varijante sa 100 i 150 kg N, koriste se pojedinačna gnojiva. Kako se sa 500 kg NPK 10-30-20 unosi u tlo 50 kg dušika, 150 kg fosfora i 100 kg kalija, odgovarajuća količina fosfora i kalija za varijantu bez dušika aplicira se s pojedinačnim gnojivima i to s tripleksom (334 kg) i 60% kalijevom soli (170 kg).

Ista količina ovih pojedinačnih gnojiva primjenjuje se i za varijante sa 100 i 150 kg dušika. U ove, ali i u svih drugih varijanata korekcija gnojidbe dušikom do točnih metodikom predviđenih vrijednosti vršit će se pojedinačnim gnojivima (ureja, KAN).

### **Uljana repica**

Analogno ozimoj pšenici, 2/3 P i K hraniva odnosno gnojiva unose se u tlo pri osnovnoj obradi tla, a 1/3 zajedno s 30% dušika neposredno prije sjetve. Ostalih 70 % dušika služi za prihranjivanje u dva obroka. Prvo prihranjivanje provodi se nakon zime s 50% dušika, a drugo prema izgledu usjeva prije cvatnje, s preostalih 20% dušika. Gnojidba se kreće na razini 500 kg NPK 6-18-36, ili 90 kg fosfora i 180 kg kalija (tablice 6 i 7). Sjetva se provodi u optimalnom roku za pojedinu kulturu, u pravilu, u pravcu obrade. Obrada tla, izbor hibrida ili sorte, te primjena herbicida i ostalih pesticida u načelu je ista kao i ona prakticirana za pojedinu ratarsku kulturu na površinama poduzeća "Moslavka" d.d.

**Tablica 2.** Gnojdbena tablica za kukuruz, kg/ha

VARIJANTA	JESEN	PROLJEĆE	UKUPNO			I Prihranjivanje	II Prihranjivanje
			N	P	K		
1. Kontrola – negnojeno	-	-	-	-			
2. N <sub>0</sub> + P + K	133 kg Triplexa 150 kg 60% K soli	133 kg Triplexa 150 kg 60% K soli	-	120	180		
3. N <sub>100</sub> + P + K	300 kg NPK 7-20-30	300 kg NPK 7-20- 30+ 39 kg UREJE	60	120	180	20 (74 kg KAN-a)	20 (74 kg KAN-a)
4. N <sub>150</sub> + P + K	300 kg NPK 7-20-30	300 kg NPK 7-20- 30+ 104 kg UREJE	90	120	180	30 (111 kg KAN-a)	30 (111 kg KAN-a)
5. N <sub>200</sub> + P + K	300 kg NPK 7-20-30	300 kg NPK 7-20- 30+ 169 kg UREJE	120	120	180	40 (148 kg KAN-a)	40 (148 kg KAN-a)
6. N <sub>250</sub> + P + K	300 kg NPK 7-20-30	300 kg NPK 7-20- 30+ 234 kg UREJE	150	120	180	50 (185 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)
7. N <sub>250</sub> + P + K + Fosfogips	300 kg NPK 7-20-30	300 kg NPK 7-20- 30+ 234 kg UREJE	150	120	180	50 (185 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)
8. N <sub>250</sub> + P + K + zeolitni tuf + CaCO <sub>3</sub>	300 kg NPK 7-20-30	300 kg NPK 7-20- 30+ 234 kg UREJE	150	120	180	50 (185 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)
9. N <sub>300</sub> + P + K	300 kg NPK 7-20-3	300 kg NPK 7-20- 30+ 299 kg UREJE	180	120	180	60 (222 kg KAN-a)	60 (222 kg KAN-a)
10. Crni ugar - obrada bez sjetve							

**Tablica 3.** Gnojidbena tablica za kukuruz, kg gnojiva/varijanti pokusa = kg/3900 m<sup>2</sup>

VARIJANTA	JESEN	PROLJEĆE	I Prihranjivanje	II Prihranjivanje
1. Kontrola - negnojeno	-	-		
2. N <sub>0</sub> + P + K	52 kg Triplexa 59 kg 60% K soli	52 kg Triplexa 59 kg 60% K soli		
3. N <sub>100</sub> + P + K	117 kg NPK 7-20-30	117 kg NPK 7-20-30 + 15 kg UREJE	29 kg KAN-a	29 kg KAN-a
4. N <sub>150</sub> + P + K	117 kg NPK 7-20-30	117 kg NPK 7-20-30 + 41 kg UREJE	43 kg KAN-a	43 kg KAN-a
5. N <sub>200</sub> + P + K	117 kg NPK 7-20-30	117 kg NPK 7-20-30 + 66 kg UREJE	58 kg KAN-a	58 kg KAN-a
6. N <sub>250</sub> + P + K	117 kg NPK 7-20-30	117 kg NPK 7-20-30 + 91 kg UREJE	72 kg KAN-a	72 kg KAN-a
7. N <sub>250</sub> + P + K + Fosfogips	117 kg NPK 7-20-30	117 kg NPK 7-20-30 + 91 kg UREJE	72 kg KAN-a	72 kg KAN-a
8. N <sub>250</sub> + P + K + zeolitni tuf + CaCO <sub>3</sub>	117 kg NPK 7-20-30	117 kg NPK 7-20-30 + 91 kg UREJE	72 kg KAN-a	72 kg KAN-a
9. N <sub>300</sub> + P + K	117 kg NPK 7-20-30	117 kg NPK 7-20-30 + 117 kg UREJE	87 kg KAN-a	87 kg KAN-a
10. Crni ugar - obrada bez sjetve				

**Tablica 4.** Gnojibena tablica za ozimu pšenicu, kg/ha

VARIJANTA	ZAORATI	PREDSJETVENO	UKUPNO			I Prihranjivanje 25%	II Prihranjivanje 25%	III Prihranjivanje 20%
			N	P	K			
1.Kontrola - negnojeno	-	-	-	-	-			
2. N <sub>0</sub> + P + K	223 kg Triplexa 111 kg 60% K soli	111 kg Triplexa 57 kg 60% K soli	-	150	100			
3. N <sub>100</sub> + P + K	223 kg Triplexa 111 kg 60% K soli	111 kg Triplexa 57 kg 60% K soli 65 kg UREJE	30	150	100	25 (93 kg KAN-a)	25 (93 kg KAN-a)	20 (74 kg KAN-a)
4. N <sub>150</sub> + P + K	223 kg Triplexa 111 kg 60% K soli	111 kg Triplexa 57 kg 60% K soli 98 kg UREJE	45	150	100	38 (139 kg KAN-a)	38 (139 kg KAN-a)	30 (111 kg KAN-a)
5. N <sub>200</sub> + P + K	333 kg NPK 10-30-20	167 kg NPK 10-30-20 22 kg UREJE	60	150	100	50 (185 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)	40 (148 kg KAN-a)
6. N <sub>250</sub> + P + K	333 kg NPK 10-30-20	167 kg NPK 10-30-20 54 kg UREJE	75	150	100	63 (231 kg KAN-a)	63 (231 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)
7. N <sub>250</sub> + P + K + Fosfogips	333 kg NPK 10-30-20	167 kg NPK 10-30-20 54 kg UREJE	75	150	100	63 (231 kg KAN-a)	63 (231 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)
8. N <sub>250</sub> + P + K + zeolitni tuf + CaCO <sub>3</sub>	333 kg NPK 10-30-20	167 kg NPK 10-30-20 54 kg UREJE	75	150	100	63 (231 kg KAN-a)	63 (231 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)
9. N <sub>300</sub> + P + K	333 kg NPK 10-30-20	167 kg NPK 10-30-20 87 kg UREJE	90	150	100	75 (278 kg KAN-a)	75 (278 kg KAN-a)	60 (222 kg KAN-a)
10. Crni ugar - obrada bez sjetve								

**Tablica 5.** Gnojibena tablica za ozimu pšenicu, kg gnojiva/varijanti pokusa = kg/3900 m<sup>2</sup>

VARIJANTA	JESEN zaorati	JESEN predsjetveno	I Prihranjivanje 25%	II Prihranjivanje 25%	III Prihranjivanje 20%
1. Kontrola - negnojeno	-	-			
2. N <sub>0</sub> + P + K	87 kg Triplexa 43 kg 60% K soli	43 kg Triplexa 22 kg 60% K soli			
3. N <sub>100</sub> + P + K	87 kg Triplexa 43 kg 60% K soli	43 kg Triplexa 22 kg 60% K soli 25 kg UREJE	36 kg KAN-a	36 kg KAN-a	29 kg KAN-a
4. N <sub>150</sub> + P + K	87 kg Triplexa 43 kg 60% K soli	43 kg Triplexa 22 kg 60% K soli 38 kg UREJE	54 kg KAN-a	54 kg KAN-a	43 kg KAN-a
5. N <sub>200</sub> + P + K	130 kg NPK 10-30-20	65 kg NPK 10-30-20 + 9 kg UREJE	72 kg KAN-a	72 kg KAN-a	58 kg KAN-a
6. N <sub>250</sub> + P + K	130 kg NPK 10-30-20	65 kg NPK 10-30-20 + 21 kg UREJE	90 kg KAN-a	90 kg KAN-a	72 kg KAN-a
7. N <sub>250</sub> + P + K + Fosfogips	130 kg NPK 10-30-20	65 kg NPK 10-30-20 + 21 kg UREJE	90 kg KAN-a	90 kg KAN-a	72 kg KAN-a
8. N <sub>250</sub> + P + K + zeolitni tuf + CaCO <sub>3</sub>	130 kg NPK 10-30-20	65 kg NPK 10-30-20 + 21 kg UREJE	90 kg KAN-a	90 kg KAN-a	72 kg KAN-a
9. N <sub>300</sub> + P + K	130 kg NPK 10-30-20	65 kg NPK 10-30-20 + 34 kg UREJE	108 kg KAN-a	108 kg KAN-a	87 kg KAN-a
10. Crni ugar - obrada bez sjetve					

**Tablica 6.** Gnojidbena tablica za uljanu repicu, kg/ha

VARIJANTA	ZAORATI	PREDSJETVENO	UKUPNO			I Prihranjivanje 50%	II Prihranjivanje 20%
			N	P	K		
1. Kontrola - negnojeno	-	-		-	-		
2. N <sub>0</sub> + P + K	133 kg Triplexa 200 kg 60% K soli	67 kg Triplexa 100 kg 60% K soli	-	90	180		
3. N <sub>100</sub> + P + K	333 kg NPK 6-18-36	167 kg NPK 6-18-36	30	90	180	50 (185 kg KAN-a)	20 (74 kg KAN-a)
4. N <sub>150</sub> + P + K	333 kg NPK 6-18-36	167 kg NPK 6-18-36+33 kg UREJE	45	90	180	75 (278 kg KAN-a)	30 (111 kg KAN-a)
5. N <sub>200</sub> + P + K	333 kg NPK 6-18-36	167 kg NPK 6-18-36+65 kg UREJE	60	90	180	100 (370 kg KAN-a)	40 (148 kg KAN-a)
6. N <sub>250</sub> + P + K	333 kg NPK 6-18-36	167 kg NPK 6-18-36+98 kg UREJE	75	90	180	125 (463 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)
7. N <sub>250</sub> + P + K + Fosfogips	333 kg NPK 6-18-36	167 kg NPK 6-18-36+98 kg UREJE	75	90	180	125 (463 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)
8. N <sub>250</sub> + P + K + zeolitni tuf + CaCO <sub>3</sub>	333 kg NPK 6-18-36	167 kg NPK 6-18-36+98 kg UREJE	75	90	180	125 (463 kg KAN-a)	50 (185 kg KAN-a)
9. N <sub>300</sub> + P + K	333 kg NPK 6-18-36	167 kg NPK 6-18-36+130 kg UREJE	90	90	180	150 (556 kg KAN-a)	60 (222 kg KAN-a)
10. Crni ugar - obrada bez sjetve							

**Tablica 7.** Gnojdbena tablica za uljanu repicu, kg gnojiva/varijanti pokusa = kg/3900 m<sup>2</sup>

VARIJANTA	ZAORATI	PREDSJETVENO	I Prihranjivanje 50%	II Prihranjivanje 20%
1. Kontrola - negnojeno	-	-		
2. N <sub>0</sub> + P + K	52 kg Triplexa 78 kg 60% K soli	26 kg Triplexa 39 kg 60% K soli		
3. N <sub>100</sub> + P + K	130 kg NPK 6-18-36	65 kg NPK 6-18-36	72 kg KAN-a	29 kg KAN-a
4. N <sub>150</sub> + P + K	130 kg NPK 6-18-36	65 kg NPK 6-18-36 + 13 kg UREJE	108 kg KAN-a	43 kg KAN-a
5. N <sub>200</sub> + P + K	130 kg NPK 6-18-36	65 kg NPK 6-18-36 + 25 kg UREJE	144 kg KAN-a	58 kg KAN-a
6. N <sub>250</sub> + P + K	130 kg NPK 6-18-36	65 kg NPK 6-18-36 + 38 kg UREJE	181 kg KAN-a	72 kg KAN-a
7. N <sub>250</sub> + P + K + Fosfogips	130 kg NPK 6-18-36	65 kg NPK 6-18-36 + 38 kg UREJE	181 kg KAN-a	72 kg KAN-a
8. N <sub>250</sub> + P + K + zeolitni tuf + CaCO <sub>3</sub>	130 kg NPK 6-18-36	65 kg NPK 6-18-36 + 38 kg UREJE	181 kg KAN-a	72 kg KAN-a
9. N <sub>300</sub> + P + K	130 kg NPK 6-18-36	65 kg NPK 6-18-36 + 51 kg UREJE	217 kg KAN-a	87 kg KAN-a
10. Crni ugar - obrada bez sjetve				

### 3. Primijenjene količine gnojiva

Primijenjene količine mineralnog dušika varirala je prema varijatama pokusa. U kontroli, varijanti PK i na crnom ugaru nisu primijenjena dušična gnojiva. Na varijanti sa 100 kg mineralnog dušika ukupno je u razdoblju istraživanja primijenjeno 2200 kg dušika, u varijanti sa 150 kg – 3300 kg, u varijanti sa 200 kg dušika – 4400 kg, u varijanti sa 250 kg ukupno 5500 kg, te u varijanti sa 300 kg ukupno 6600 kg mineralnog dušika (tablica 8).

**Tablica 8.** Ukupno primijenjene količine hraniva, 1996. – 2018., kg/ha

<b>UKUPNO 1996.-2018.</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
<b>Varijanta pokusa</b>	<b>kg/ha</b>		
1. Kontrola	0	0	0
2. N0 PK	0	2940	3420
3. N100 PK	2300	2940	3420
4. N150 PK	3450	2940	3420
5. N200 PK	4600	2940	3420
6. N250 PK	5750	2940	3420
7. N250 PK+Fg	5750	2940	3420
8. N250 PK+ZtCa	5750	2940	3420
9. N300 PK	6900	2940	3420
10. Crni ugar	0	0	0

U 22 godine istraživanja primijenjeno je u prosjeku 128 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> godišnje i 149 kg/ha K<sub>2</sub>O godišnje (tablica 9). Kako je prosječna primjena dušika određena s metodikom istraživanja, jer je dušik uvijek primijenjivan u količinama određenim za pojedini tretman, prosječne količine istovjetne su zadanim vrijednostima. Gnojidba za soju provedena je sa istim količinama gnojiva kao za kukuruz.



**Tablica 9.** Prosječne godišnje količine primijenjenih hraniva, 1996. – 2018., kg/ha

<b>PROSJEČNO 1996-2018.</b>			
<b>Varijanta pokusa</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
	<b>kg/ha</b>		
1. Kontrola	0	0	0
2. N0 PK	0	128	149
3. N100 PK	100	128	149
4. N150 PK	150	128	149
5. N200 PK	200	128	149
6. N250 PK	250	128	149
7. N250 PK+Fg	250	128	149
8. N250 PK+ZtCa	250	128	149
9. N300 PK	300	128	149
10. Crni ugar	0	0	0

Primjena gnojiva, ali i svi drugi provedeni biljno uzgojni zahvati imali su izravan utjecaj na stanje tla i prinos test kultura. Vegetativni porast biljaka imao je izravnog utjecaja na procjeđivanje vode, bilancu hraniva, kao i na bilancu vode. Istovremeno, prinosom test kultura, koji je bio različit prema varijantama pokusa, iznešena je iz tla različita količina dušika, a to je imalo utjecaj na dinamiku dušika u tlu, te na ispiranje dušika u lizimetre i u drenske vode.

### 3.1. Utjecaj na tlo

#### 3.1.1. Kemijske analize tla

Uzorkovanje tla u svrhu praćenja promjena kemijskih svojstava tla provedeno je neposredno nakon žetve pojedine kulture. Reakcija tla, sadržaj mineralnog dušika, biljci pristupačnog fosfora i kalija, humusa, a kasnije i ukupnog dušika, na kraju svake vegetacijske sezone analiziran je u 60 prosječnih uzoraka tla. I to u 40 površinski sa dubine 0-30 cm (4 ponavljanja x 10 pokusnih tretmana), 20 prosječnih sa svakog pojedinog pokusnog tretmana sa dubine 30-50 cm i jednako tako 20 prosječnih sa svakog pojedinog pokusnog tretmana sa dubine 50-80 cm. Ovisnom o određenim dodatnim ciljevima unutar ovog glavnog višegodišnjeg promatranja, uzorkovanje tla detaljnije je provedeno do 2 metra dubine s četiri pokusna tretmana (0, 100, 200, 300 kg N/ha) nakon dvanaest godina uzastopne primjene dušičnih gnojiva (2008. godine) kao i detaljno površinsko uzorkovanje u 2010. i 2016. kada je s pokusne površine od 4 ha na svim tretmanima metodom mreže prikupljeno po 200 uzoraka tla.

Određivanje reakcije tla, **pH vrijednosti**, provedeno je prema protokolu HRN ISO 10390:2004 potenciometrijskom metodom u suspenziji tla s 1 M KCl u omjeru 1:2,5 (w/v). Sadržaja **nitratnog i amonijskog dušika** (mineralnog dušika) u vlažnim uzorcima tla određen je kolorimetrijskom metodom. Ekstrakcija tla u omjeru 1:5 (w/v) provedena je s 0,2 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Nakon ekstrakcije provedena je filtracija uzoraka. Za određivanje nitrata, 20 mL filtrata je upareno na vodenoj kupelji do suha. Ohlađeni uzorci su obrađeni s fenildisulfonskom kiselinom, a dodatkom otopine amonijaka nastao je žuto obojen kompleks. Analiza amonijskog dušika kolorimetrijskom metodom, također, se temeljila na ekstrakciji tla s 0,2 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> te njegovim određivanjem u filtratu na spektrofotometru. U 20 mL filtrata dodano je 5 mL 25 % KNT (kalij-natrij-tartarata) i 5 mL Neslerovog reagensa koji reagira s amonijskim dušikom stvarajući žuto obojeni spoj. Intenzitet oba žuta nastala obojenja bio je proporcionalan sadržaju nitratnog i amonijskog dušika u uzorcima tla. **Biljci pristupačni fosfor i kalij** (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O) ekstrahirani su s AL-otopinom odnosno amonij acetat laktatnom kiselinom. Fosfor u tlu određen je spektrofotometrijski pomoću kolorimetrijske metode. Mjerio se intenzitet razvijene plave boje P-kompleksa na valnoj duljini  $\lambda = 620$  nm. Kalij u tlu određen je metodom plamene fotometrije, a određivanje je provedeno direktno iz ekstrakta tla mjerenjem emisije elektromagnetskog zračenja. Određivanje **sadržaja humusa** u tlu

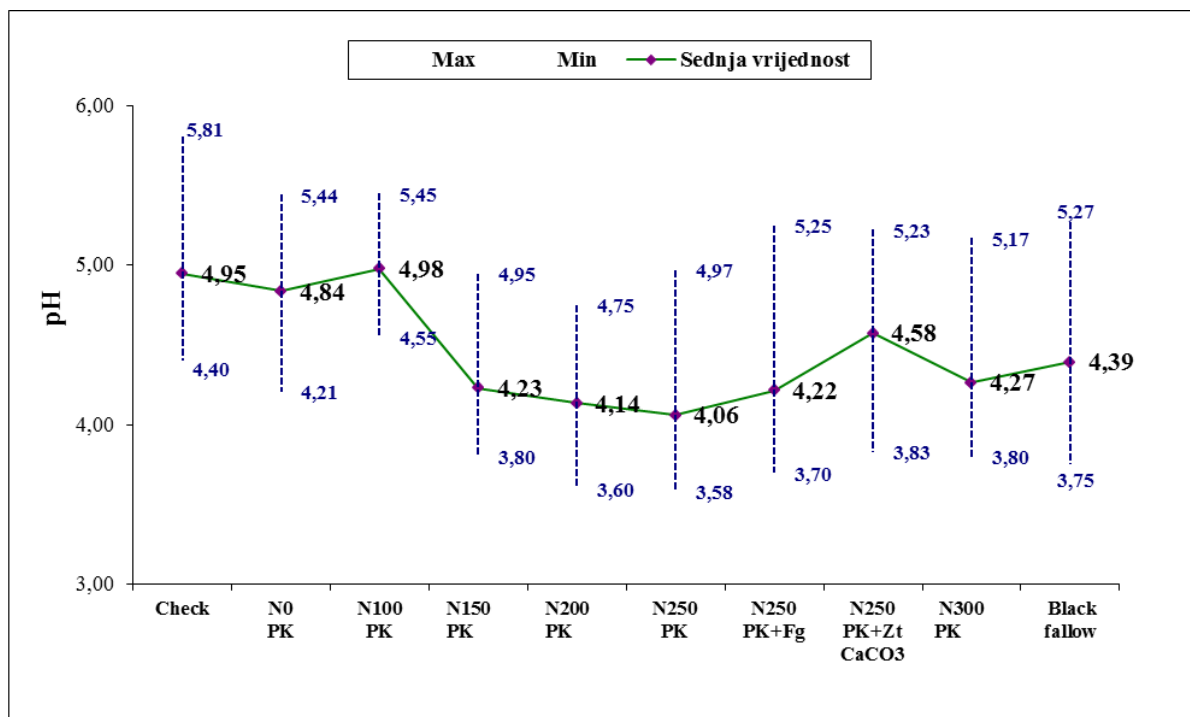
provedeno je volumetrijskom metodom po Tjurinu koja se zasniva na oksidaciji ugljika pomoću oksidirajućih otopina (kalijevog bikromata i sumporne kiseline), te titraciji oksidiranog uzorka tla sa otopinom Mohrove soli. Sadržaj **ukupnog dušika** određen je metodom suhog spaljivanja prema protokolu HRN ISO 13878:2004. Metoda je automatizirana i softverski vođena, a bazira se na spaljivanju uzorka tla pri visokoj temperaturi (1150 °C) u zoni kisika i prisutnost volfram (VI) oksida kao katalizatora. Nastale plinove NO<sub>x</sub> helij kao plin nosilac odnosi na redukcijsku kolonu ispunjenu elementarnim bakrom. Nakon redukcije nastali N<sub>2</sub> se zatim dalje kroz sustav dovodi do TCD detektora.

### 3.1.2. Varijabilnost reakcije tla (pH vrijednosti)

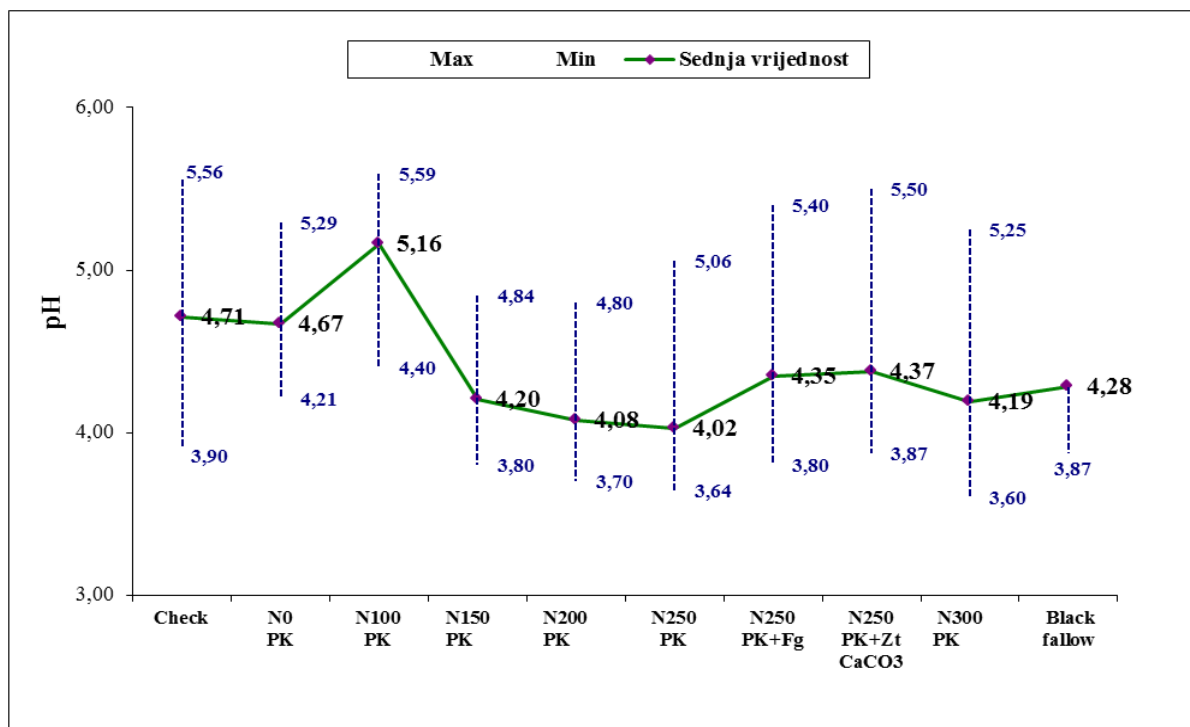
Uvažavajući činjenicu da dugogodišnja mineralna dušična gnojidba može uzrokovati zakiseljavanje tla zbog oslobađanja protona (H<sup>+</sup>) tijekom procesa nitrifikacije (Bolan i sur., 1991, Huang i sur., 2015) baš kao što i intenzivna nitrifikacija ( $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$  odnosno  $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ ) može utjecati na snižavanje reakcije tla za jednu pH jedinicu, jer nastala nitratna kiselina može pospješiti proces ispiranja lužina s kationskog izmjenjivačkog kompleksa tla (Vukadinović i Lončarić, 1998) praćenje promjena reakcije tla (pH vrijednosti) tijekom višegodišnje primjene mineralnih dušičnih gnojiva od iznimne je važnosti kako bi se mjerama dobre poljoprivredne prakse očuvala plodnost tla kao i njegova povoljna pH vrijednost. Osim gnojidbe, zakiseljavanju tla mogu pridonijeti i biljne kulture koje usvojeni amonijev ion (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) deprotoniraju pri čemu se otpuštaju H<sup>+</sup> ioni u tlo. Dodatno i fiksacijom N<sub>2</sub> iz atmosfere mnoge mahunarke otpuštaju H<sup>+</sup> ione u svoju rizosferu (Bolan i sur., 1991). Zbog svega navedenog u nastavku je prikazana varijabilnost srednjih pH vrijednosti tla prema pokusnim tretmanima (grafikon 1) u površinskom sloju tla, ali i u dubljim slojevima 30-50 cm (grafikon 2) i 50-80 cm (grafikon 3). Srednje vrijednosti se odnose na višegodišnje utvrđene promjene na svakom pokusnom tretmanu uz predočenje minimalnih i maksimalnih vrijednosti.

U površinskom sloju tla prosječna reakcija tla varirala je od 4,06 do 4,98 ( grafikon 3.1.). Iz istog grafikona se uočava da je u donosu na negnojenu kontrolu (Check, pH 4,95) relativno najveće sniženje pH vrijednosti ( $\Delta\text{pH}$  0,89) utvrđeno na tretmanu s 250 kg/ha apliciranog dušika. U drugom sloju tla (30-50 cm) pH vrijednost je varirala od 4,02 do 5,16 (grafikon 2), a na dubini od 50-80 cm od 4,55 do 5,23 (grafikon 3). Na druge dvije promatrane dubine tla relativno smanjenje reakcije tla u odnosu na kontrolu za 0,69 pH jedinica utvrđeno je na dubini od 30-50 cm također na tretmanu s 250 kg/ha primijenjenog

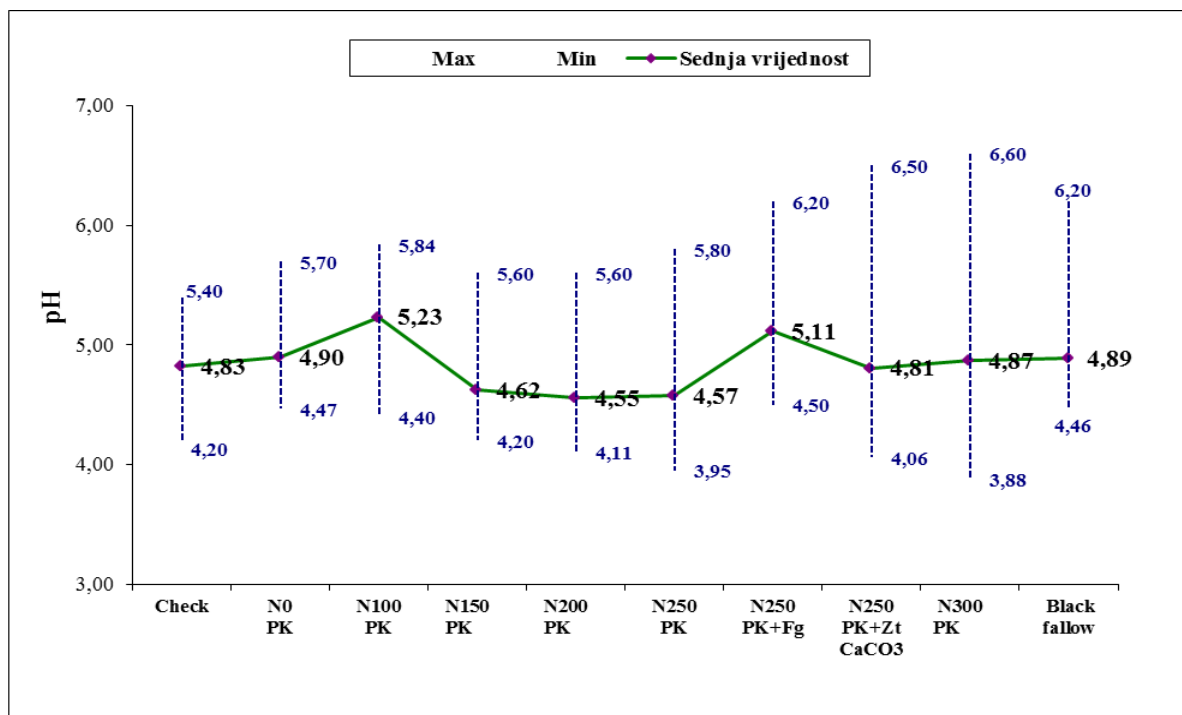
dušika, dok je na dubini 50-80 cm relativno najveće sniženje pH vrijednosti ( $\Delta\text{pH}$  0,28) utvrđeno na tretmanu s 200 kg/ha primijenjenog dušika.



**Grafikon 1.** Prosječne vrijednosti pH tla prema pokusnim tretmanima na dubini od 0-30 cm u razdoblju od 1996. do 2018.



**Grafikon 2.** Prosječne vrijednosti pH tla prema pokusnim tretmanima na dubini od 0-30 cm u razdoblju od 1996. do 2018.



**Grafikon 3.** Prosječne vrijednosti pH tla prema pokusnim tretmanima na dubini od 0-30 cm u razdoblju od 1996. do 2018.

Detaljnija raspodjela pH vrijednost prema godinama uzorkovanja i pokusnim tretmanima uz parametre opisne statistike prikazana je u tablicama 10 (dubina 0-30 cm), 11 (dubina 30-50 cm) i 12 (dubina 50-80 cm). Uočava se da je reakcija tla u površinskom sloju najmanje varirala na tretmanu s dodanih 100 kg N/ha s koeficijentom varijacije od 4,70 %, a najviše na tretmanu s 250 kg N/ha uz koeficijent varijacije od 11,2 % (tablica 10). Na sljedećoj dubini (30-50 cm) kako je predočeno u tablici 11 pH vrijednost tla varirala je od 6,75 % (tretman 100 kg N/ha) do 12,1 % (tretman 300 kg N/ha). Na posljednjoj dubini promatranog profila tla (50-80 cm) koeficijenti varijacije reakcije tla u 22 godišnjem istraživanju varirali su u rasponu od 6,81 % na kontroli do 16,8 % na tretmanu s 300 kg/ha primijenjenog dušika (tablica 12).

**Tablica 10.** Varijabilnost pH vrijednosti tla i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 0-30 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2016.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	4,58	4,88	5,57	5,81	5,43	5,57	4,67	4,67	4,67	4,73	4,50	4,60	4,70	4,90	4,40	5,56	4,89	4,95	0,449	9,08	4,40	5,81	9,08
N0 PK	4,27	4,21	5,30	4,70	5,35	5,30	4,77	4,77	4,77	4,84	4,40	4,50	4,80	4,70	4,80	5,44	5,31	4,84	0,384	7,93	4,21	5,44	7,93
N100 PK	4,94	4,75	4,96	4,55	5,45	4,96	5,02	5,02	5,02	5,36	4,70	5,10	5,00	4,90	4,90	5,28	4,72	4,98	0,234	4,70	4,55	5,45	4,70
N150 PK	3,94	4,32	4,95	4,23	3,88	4,95	4,11	4,11	4,11	4,07	3,80	4,20	4,00	4,00	4,10	4,89	4,30	4,23	0,360	8,50	3,80	4,95	8,50
N200 PK	4,21	4,22	4,75	4,60	3,97	4,75	4,07	4,07	4,07	4,15	3,60	3,80	4,10	3,80	3,80	4,35	3,99	4,14	0,328	7,93	3,60	4,75	7,93
N250 PK	3,90	4,07	4,97	4,14	3,58	4,97	3,70	3,70	3,70	4,21	3,80	3,80	3,90	3,80	3,90	4,93	3,99	4,06	0,457	11,2	3,58	4,97	11,2
N250 PK+Fg	4,00	3,82	4,79	5,25	4,25	4,79	4,12	4,12	4,12	4,04	3,70	3,90	3,90	3,80	3,90	4,87	4,31	4,22	0,445	10,6	3,70	5,25	10,6
N250 PK+Zt+CaCO <sub>3</sub>	3,83	5,19	4,83	4,44	3,90	4,83	4,69	4,69	4,69	4,39	4,10	4,40	4,40	4,70	4,80	5,23	4,67	4,58	0,387	8,46	3,83	5,23	8,46
N300 PK	4,26	4,01	5,17	4,25	4,28	5,17	4,02	4,02	4,02	3,99	3,80	3,80	3,90	4,00	4,00	5,11	4,74	4,27	0,474	11,1	3,80	5,17	11,1
Black fallow	3,92	4,18	4,89	4,36	3,75	4,89	4,31	4,31	4,31	4,39	4,20	4,20	4,30	4,30	4,30	5,27	4,82	4,39	0,375	8,53	3,75	5,27	8,53

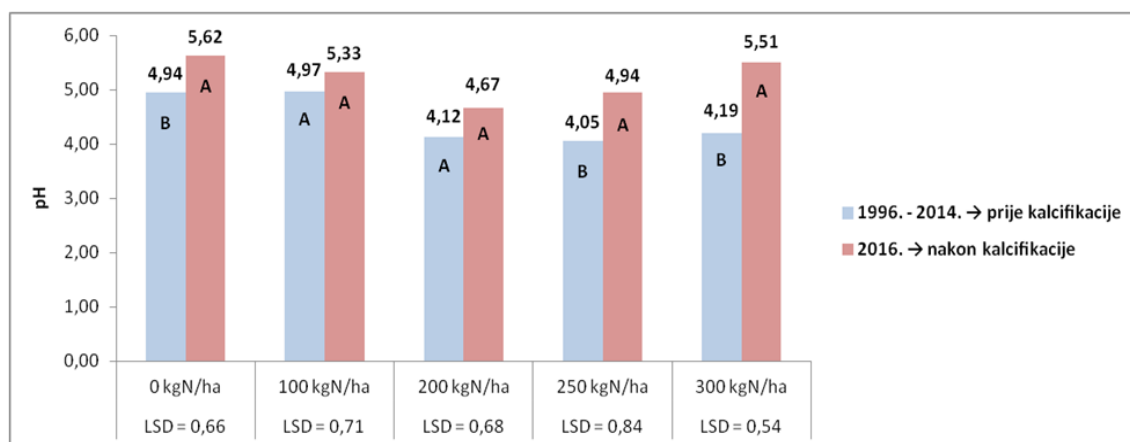
**Tablica 11.** Varijabilnost pH vrijednosti tla i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 30-50 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	4,51	4,38	5,47	5,56	5,07	5,47	4,77	4,77	4,77	4,24	3,90	5,00	4,00	4,40	4,10	4,95	4,71	0,53	11,18	3,90	5,56	11,2
N0 PK	4,60	4,30	5,28	4,69	4,70	5,28	4,73	4,73	4,73	4,21	4,30	4,80	4,30	4,40	4,30	5,29	4,67	0,36	7,82	4,21	5,29	7,82
N100 PK	5,32	4,92	4,85	5,39	5,41	4,85	5,59	5,59	5,59	5,19	4,40	5,10	4,80	5,20	4,90	5,47	5,16	0,35	6,75	4,40	5,59	6,75
N150 PK	3,97	4,45	4,84	4,34	3,95	4,84	4,04	4,04	4,04	3,85	3,80	4,60	3,90	4,00	4,00	4,59	4,20	0,35	8,37	3,80	4,84	8,37
N200 PK	3,94	3,88	4,80	4,77	3,90	4,80	4,03	4,03	4,03	3,77	3,70	4,40	3,70	3,90	3,80	3,76	4,08	0,39	9,63	3,70	4,80	9,63
N250 PK	3,87	3,82	5,06	4,25	3,64	5,06	3,69	3,69	3,69	3,86	3,70	4,50	3,90	3,90	3,90	3,85	4,02	0,46	11,44	3,64	5,06	11,4
N250 PK+Fg	4,05	3,83	4,77	5,40	4,62	4,77	4,48	4,48	4,48	4,00	3,90	4,60	3,80	4,10	4,00	4,32	4,35	0,43	9,96	3,80	5,40	10,0
N250 PK+Zt+CaCO <sub>3</sub>	3,93	4,20	4,84	4,50	3,87	4,84	4,18	4,18	4,18	4,44	4,40	5,50	4,20	4,30	4,20	4,2	4,37	0,40	9,17	3,87	5,50	9,17
N300 PK	4,16	4,14	4,76	4,33	3,79	4,76	3,71	3,71	3,71	4,02	3,60	5,00	4,00	3,80	4,30	5,25	4,19	0,51	12,14	3,60	5,25	12,1
Black fallow	4,23	4,02	4,86	4,45	3,88	4,86	4,07	4,07	4,07	3,87	3,90	5,00	4,40	4,10	4,00	4,73	4,28	0,38	8,99	3,87	5,00	8,99

**Tablica 12.** Varijabilnost pH vrijednosti tla i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 50-80 cm

<b>Tretman</b>	<b>1996.</b>	<b>1997.</b>	<b>1998.</b>	<b>1999.</b>	<b>2000.</b>	<b>2001.</b>	<b>2002.</b>	<b>2003.</b>	<b>2004.</b>	<b>2008.</b>	<b>2009.</b>	<b>2010.</b>	<b>2012.</b>	<b>2013.</b>	<b>2014.</b>	<b>2018.</b>	<b>Mean</b>	<b>STD</b>	<b>RSD</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>CV, %</b>
<b>Check</b>	4,81	4,47	4,67	5,08	5,28	4,67	4,81	4,81	4,81	4,57	4,20	5,40	4,60	5,30	4,90	5,18	4,85	0,33	6,81	4,20	5,40	6,81
<b>N0 PK</b>	4,93	4,60	5,22	4,55	5,63	5,22	4,76	4,76	4,76	4,47	4,70	5,70	4,50	4,80	4,90	4,69	4,89	0,37	7,63	4,47	5,70	7,63
<b>N100 PK</b>	5,38	5,30	5,10	5,05	5,31	5,10	5,84	5,84	5,84	4,95	4,40	5,50	4,80	5,10	5,00	5,54	5,25	0,40	7,61	4,40	5,84	7,61
<b>N150 PK</b>	4,25	4,30	5,11	4,38	4,20	5,11	4,21	4,21	4,21	4,65	4,50	5,60	4,30	5,00	5,30	4,51	4,62	0,46	9,94	4,20	5,60	9,94
<b>N200 PK</b>	4,15	4,22	4,98	4,85	4,25	4,98	4,11	4,11	4,11	4,16	4,40	5,30	4,20	4,90	5,60	4,42	4,55	0,48	10,63	4,11	5,60	10,6
<b>N250 PK</b>	4,03	4,05	4,92	4,53	3,96	4,92	3,95	3,95	3,95	4,95	4,50	5,80	4,60	4,90	5,60	4,04	4,54	0,60	13,26	3,95	5,80	13,3
<b>N250 PK+Fg</b>	4,61	4,57	4,85	5,55	5,28	4,85	5,10	5,10	5,10	5,37	4,50	6,20	4,50	5,50	5,60	5,15	5,11	0,47	9,16	4,50	6,20	9,16
<b>N250 PK+Zt+CaCO<sub>3</sub></b>	4,06	4,46	4,84	4,38	4,13	4,84	4,19	4,19	4,19	5,55	5,60	6,50	4,80	5,30	5,10	4,63	4,80	0,68	14,11	4,06	6,50	14,1
<b>N300 PK</b>	4,80	4,63	4,82	4,69	3,88	4,82	3,92	3,92	3,92	5,58	4,80	6,50	5,10	5,10	6,60	5,04	4,88	0,82	16,79	3,88	6,60	16,8
<b>Black fallow</b>	4,67	4,51	5,21	4,68	4,46	5,21	4,76	4,76	4,76	4,48	4,50	6,20	5,40	5,10	4,60	4,84	4,88	0,45	9,31	4,46	6,20	9,31

Ako se uzme u obzir da je na cijeloj pokusnoj površini, izuzev tretmana na kojem se primjenjivao  $Zt+CaCO_3$  odnosno dolomit, 12. i 13. studenog 2014. godine provedena je kalcifikacija tla primjenom agrovapna promjera 5-20 mm u nastavku su izdvojeni i uspoređeni tretmani s 0, 100, 200, 250 i 300 kg N/ha. S ciljem utvrđivanja učinka provedene kalcifikacije tla u 2014. godini uspoređene su srednje vrijednosti reakcije tla za razdoblje od 1996.-2014. godine (prije aplikacije agrovapna na pokusnoj površini) sa srednjim vrijednostima reakcije tla utvrđenim u uzorcima koji su uzeti u pravilnoj mreži uzorkovanja u površinskom sloju tla (0-30 cm) 2016. godine. Iz grafikona 4. je vidljivo da je primjena agrovapna statistički značajno utjecala i djelovala na povećanje reakcije tla na kontrolnom tretmanu kao i na tretmanima sa primijenjenih 250 i 300 kg N/ha (1996.-2014. – prije provedene kalcifikacije; 2016. - dvije godine nakon provedene kalcifikacije). U pogledu razlike pH vrijednosti prije i nakon kalcifikacije na tretmanima sa primijenjenih 100 i 200 kg N/ha nije utvrđeno značajno povećanje, ali je relativno i to za 0,36 pH jedinicu na tretmanu sa 100 kg N/ha i 0,55 na tretmanu sa 200 kg N/ha.

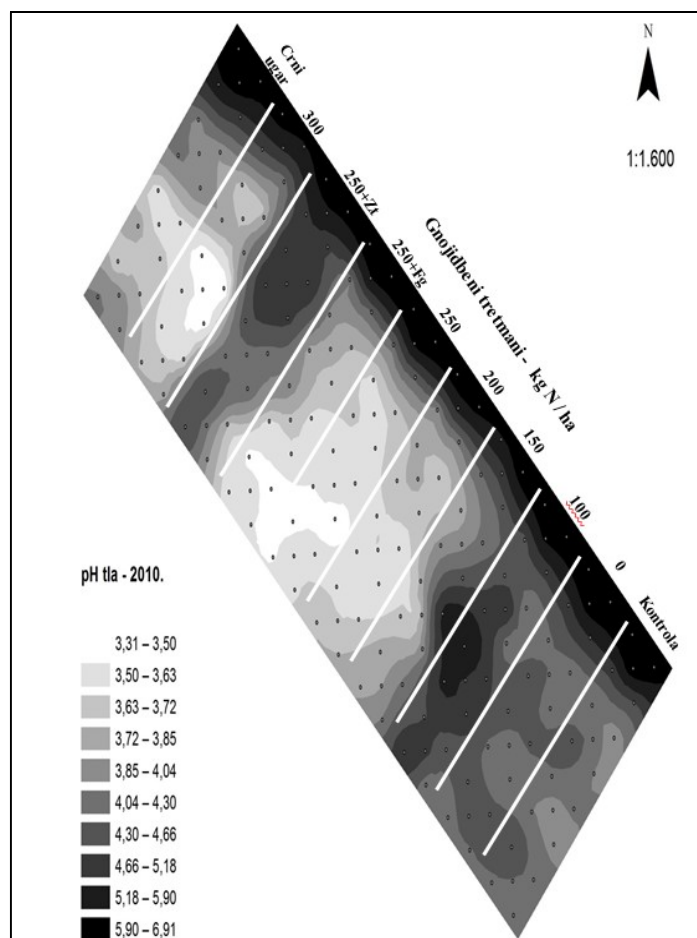


**Grafikon 4.** Utjecaj primijenjenog agrovapna na reakciju tla na dubini od 0-30 cm

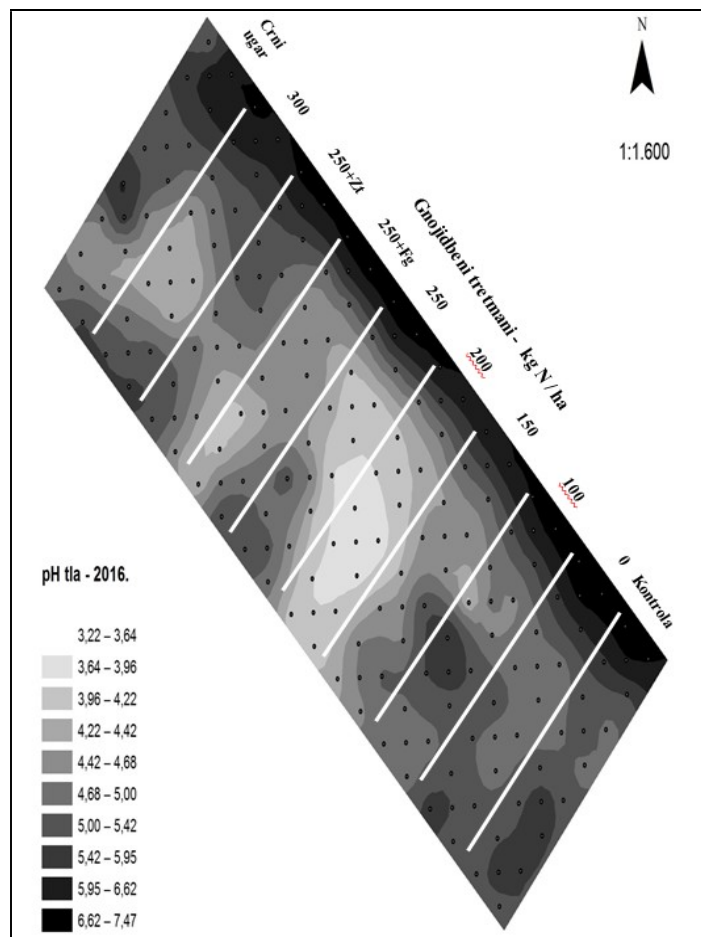
Za još detaljnije predočenje utjecaja primijenjenih rastućih doza mineralnog dušika na reakciju tla odnosno na njegovo zakiseljavanje, a time i na sniženje pH vrijednosti na slikama 3 i 4 prikazane su karte raspodjele pH vrijednosti u površinskom sloju tla u 2010. godini i 2016. godini (dvije godine nakon provedene kalcifikacije pokusne površine). Slike predočavaju kriging karte, odnosno, procjene vrijednosti reakcije tla na neuzorkovanim mjestima unutar pokusnog polja koje je prekriveno točkama uzorkovanja. Prostorna varijabilnost analizirana je geostatističkom metodom temeljenoj na teoriji "regionalizirane varijable". Na slici 3 svjetlije boje predočavaju niže vrijednosti pH tla (3,31-4,04), a tamnije više vrijednosti (4,05- 6,91), dok na slici 4. svjetlije boje na karti označavaju raspon



vrijednosti pH od 3,22 do 3,72, a tamnije od 3,73 do 6,91. Usporedbom predočenih slika vidljiv je utjecaj primijenjenih vapnenih materijala u 2014. godini, osobito na tretmanima od 200 kg N/ha do 300 kg N/ha (izuzev 250 kg N/ha s Zt i CaCO<sub>3</sub>) na kojima je reakcija tla u 2010. godine bila u rasponu od 3,31 do 3,85, a u 2016. od 3,96 do 4,68.

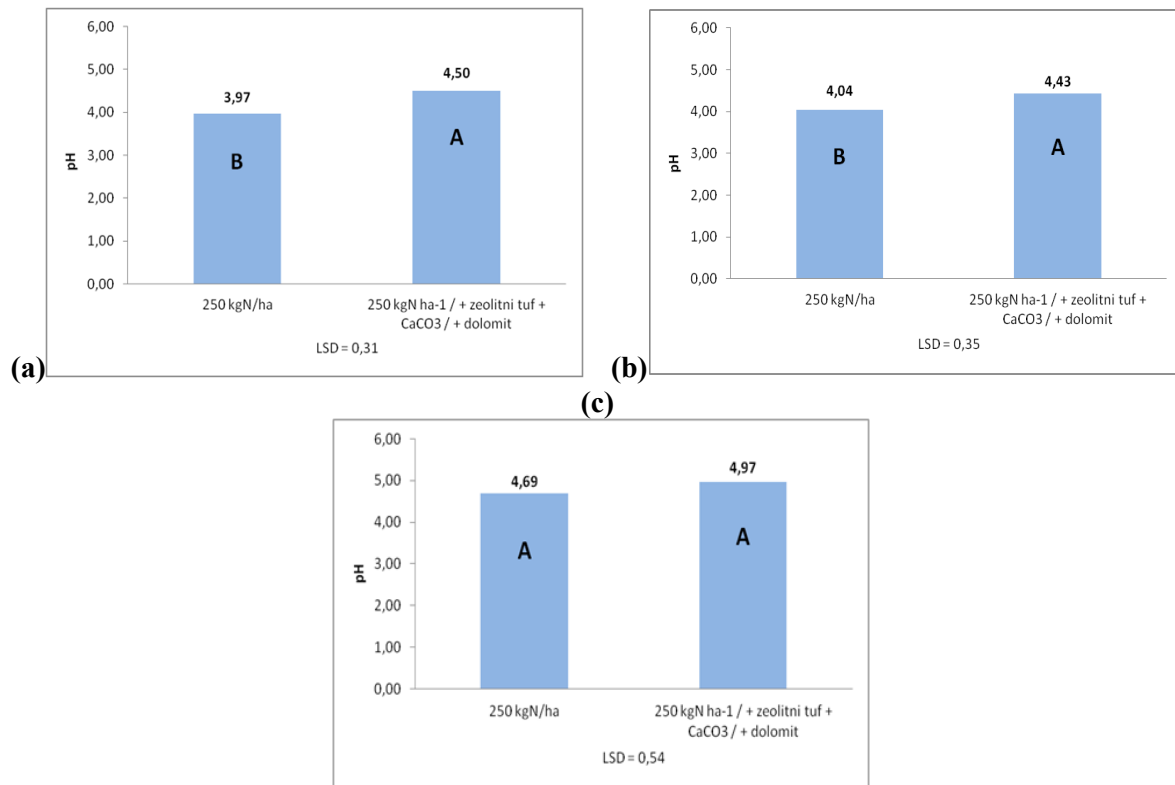


Slika 3. Karta pH vrijednosti površinskog sloja tla (0-30 cm) u 2010. godini



Slika 4. Karta pH vrijednosti površinskog sloja tla (0-30 cm) u 2016. godini

Tijekom dvadesetogodišnje primjene mineralne dušične gnojidbe kako je već spomenuto jedan tretman je uključivao prvotnu primjenu zeolitnog tufa u kombinaciji sa  $\text{CaCO}_3$  a kasnije samo dolomita. Na grafikonima 5. a, b, c prikazana je usporedba srednjih godišnjih vrijednosti reakcije tla u razdoblju od 1996. - 2014. utvrđenih na tretmanima sa jednakom količinom apliciranog dušika, ali s naznakom da su na jednom tretmanu uz mineralnu gnojidbu primijenjena i sredstva za kalcifikaciju. U površinskom sloju tla (0-30 cm) zeolitni tuf i  $\text{CaCO}_3$  odnosno dolomit su statistički značajno utjecali na povećanje srednje godišnje vrijednosti reakcije kako je vidljivo na grafikonu 5 a. U podpovršinskom sloju tla (30-50 cm) također su sredstva za kalcifikaciju dijelom statistički značajno utjecala na povećanje reakcije tla u razdoblju od 1996. do 2014. godine što je vidljivo na grafikonu 5 b, dok zabilježen trend značajnog povećanja nije utvrđen na zadnjoj dubini (50-80 cm) ali je ipak vidljivo relativno povećanje reakcije tla za 0,28 pH jedinica na tretmanu sa primijenjenim sredstvima za kalcifikaciju (grafikon 5 c).



**Grafikon 5.** Reakcija tla u ovisnosti o dušičnoj gnojidbi i sredstvima za kalcifikaciju na dubini od (a) 0-30 cm, (b) 30-50 cm, (c) 50-80 cm

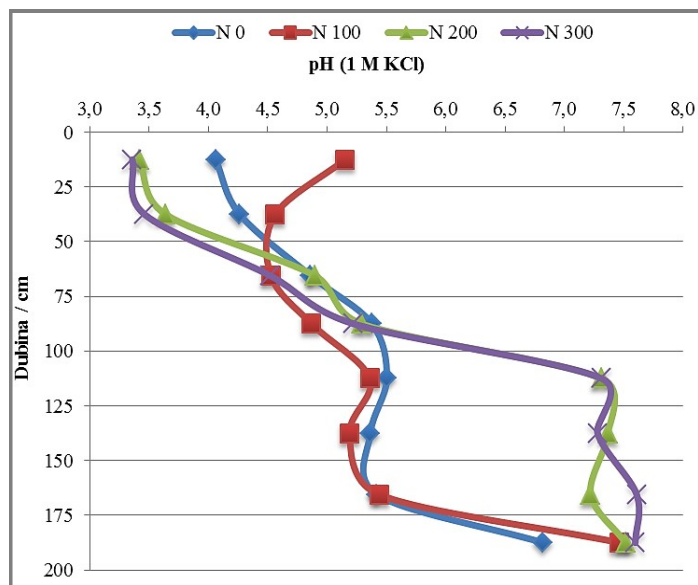
Kako je već spomenuto u 2008. godini (dvanaest godina nakon uzastopne primjene dušičnih gnojiva) provedeno je uzorkovanje tla do 2 metra dubine svakih 25 cm s četiri pokusna tretmana (0, 100, 200, 300 kg N/ha). U nastavku su prikazani rezultati analize varijance utjecaja gnojidbenih tretmana i dubina na reakciju tla (tablica 13) kao i vertikalna raspodjela pH vrijednosti u profilu tla (grafikon 6). Uočava se da je na svih osam dubina pH vrijednosti je značajno varirala prema gnojidbenim tretmanima.

**Tablica 13.** Rezultati analize varijance srednjih vrijednosti reakcije tla prema dubinama tla i gnojidbenim tretmanima i najmanje značajne razlike (LSD) prema Fisherovom testu

Dubina / cm	Pr > F	LSD
0-25	< 0,0001	0,27
25-50	< 0,0001	0,17
50-75	0,0260	0,30
75-100	0,0265	0,24
100-125	0,0062	0,72
125-150	< 0,0001	0,48
150-175	< 0,0001	0,33
175-200	0,0083	0,44

Nastavak tablice 13.		
Tretman	Pr > F	LSD
N0	< 0,0001	0,44
N100	< 0,0001	0,40
N200	< 0,0001	0,21
N300	< 0,0001	0,43

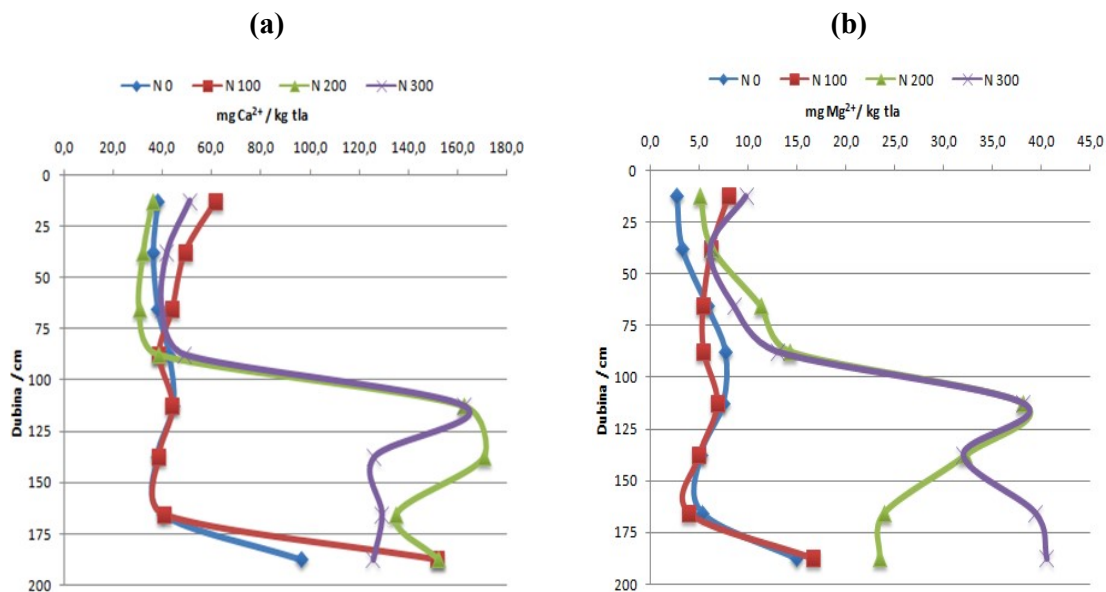
Dvanaest godina primjene dušične gnojidbe u površinskom i podpovršinskom sloju utjecalo je na zakiseljavanje tla što je osobito zamijećeno na tretmanima sa apliciranih 200 i 300 kg N/ha. U odnosu na kontrolu (4,06) na dubini od 0-25 cm reakcija tla smanjila za 0,46 pH jedinica na N200 tretmanu te 0,70 pH jedinica na N300 tretmanu (grafikon 6). Vrlo sličan trend zabilježen je i na sljedećoj dubini gdje se u odnosu na kontrolu (4,26) reakcija tla na tretmanima sa prekomjernom gnojidbom (N200 i N300) značajno snizila u prosjeku za 0,71 pH jedinicu. Također se uočava i značajno variranje reakcije tla u dubljim slojevima profila (100-200 cm) gdje se reakcija značajno povećava sa porastom apliciranih doza dušične gnojidbe što je uvjetovano ispiranjem kationa u dublje slojeve tla zbog povećanog ispiranja nitrata iz tla na tim tretmanima. Kao potvrdu ovoj tvrdnji na grafikonima 7.a i 7.b prikazana je vertikalna varijabilnost kalcija i magnezija u istim uzorcima promatranog profila tla.



**Grafikon 6.** Vertikalna varijabilnost reakcije tla prema gnojidbenim tretmanima u 2008. godini

Usporedbom grafikona 6. i 7a može se uočiti vrlo slična raspodjela reakcije tla i sadržaja  $\text{Ca}^{2+}$  iona osobito na tretmanima s 200 i 300 kg/ha primijenjenog dušika u drugom metru istraživanog profila tla (100-200 cm), ali i kontrolnom i tretmanu s 100 kg N/ha što je

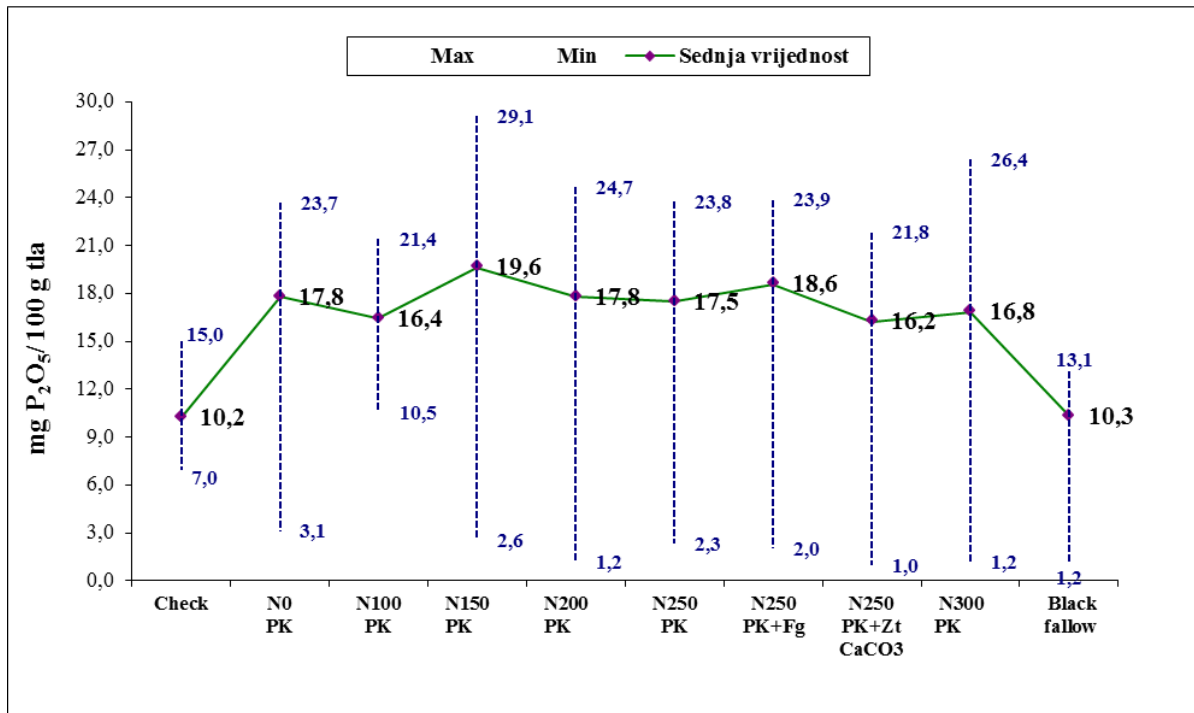
doprinijelo vrlo jakoj ovisnosti ova dva parametra tla ( $r = 0,848$ ). Također između sadržaja magnezija i reakcije tla utvrđena je jaka i vrlo jaka povezanost ( $r = 0,777$ ). Kao i u slučaju raspodjele sadržaja kalcija i varijabilnost sadržaja magnezija vrlo je slična varijabilnosti reakcije tla osobito u dubljim slojevima tla (100-200 cm).



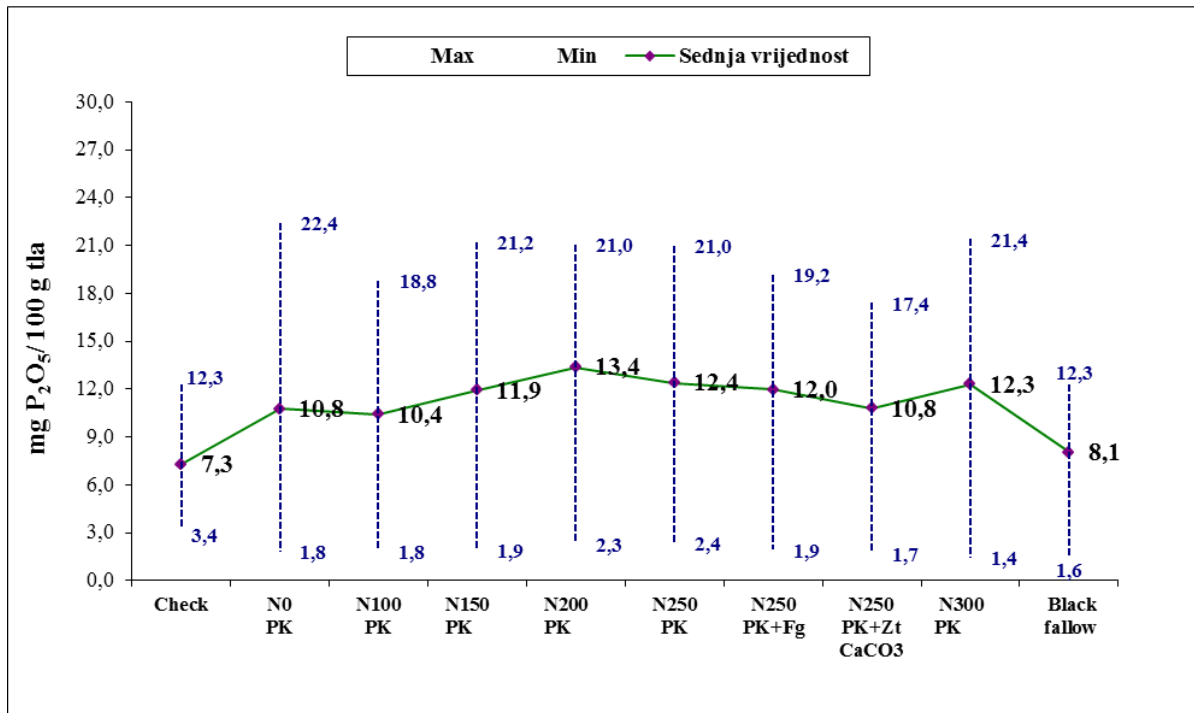
**Grafikon 7.** Vertikalna varijabilnost sadržaja kalcija (a) i magnezija (b) prema gnojidbenim tretmanima u 2008. godini

### 3.1.3. Varijabilnost biljci pristupačnog fosfora

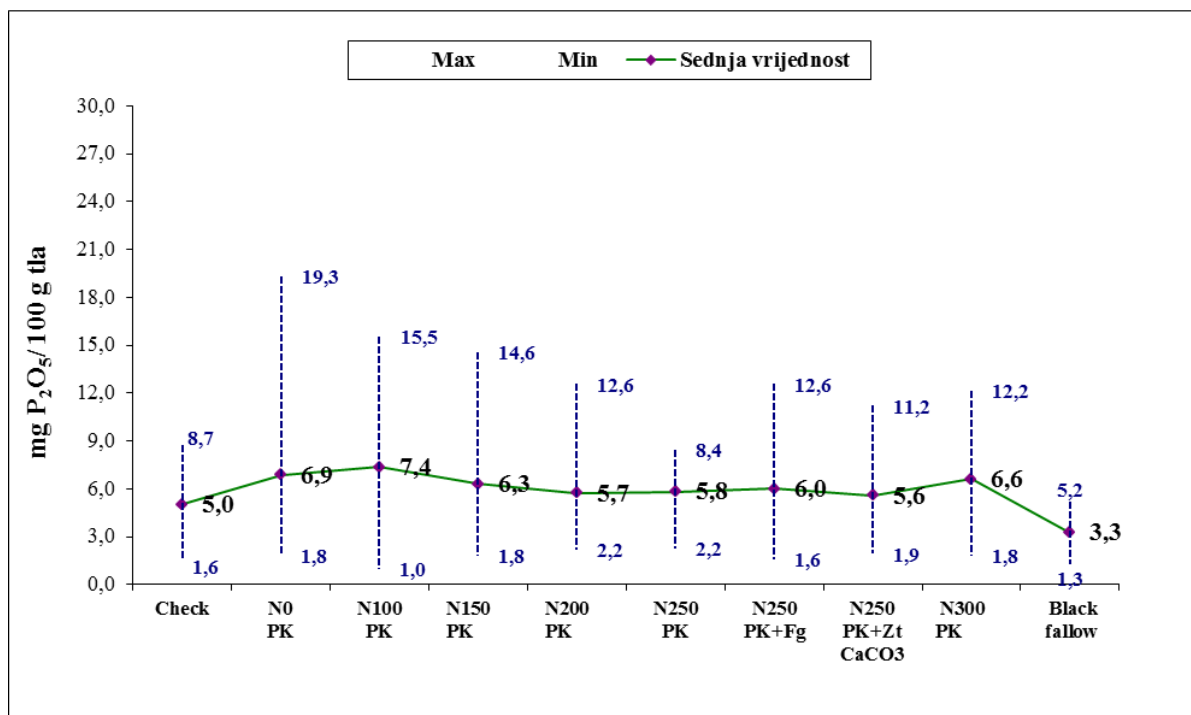
U površinskom sloju tla prosječni sadržaj biljci pristupačnog fosfora varirao je od 10,2 mg/100 g tla do 19,6 mg/100 g tla ( grafikon 8.). Iz istog grafikona se uočava da je u donosu na negnojenu kontrolu (Check, 10,2 mg/100 g tla) relativno najveće povećanje sadržaja fosfora (za 92,2 %) u tlu utvrđeno na tretmanu s 150 kg/ha primijenjenog dušika. Treba nadodati da je na svakom tretmanu (osim kontrolnog i crnog ugra) tijekom 22 godišnjeg istraživanja ukupno aplicirano 2940 kg  $P_2O_5$ /ha, odnosno godišnje, u rasponu od 90-150 kg  $P_2O_5$ /ha ovisno o prisutnoj test kulturi. U drugom sloju tla (30-50 cm) prosječni sadržaj fosfora varirao je od 7,3 mg/100 g tla do 13,4 mg/100 g tla (grafikon 9.), a na dubini od 50-80 cm od 3,3 mg/100 g tla do 7,4 mg/100 g tla (grafikon 10).



**Grafikon 8.** Prosječne vrijednosti sadržaja biljci pristupačnog fosfora u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 0-30 cm u razdoblju od 1996. do 2018.



**Grafikon 9.** Prosječne vrijednosti sadržaja biljci pristupačnog fosfora u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 30-50 cm u razdoblju od 1996. do 2018.



**Grafikon 10.** Prosječne vrijednosti sadržaja biljci pristupačnog fosfora u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 50-80 cm u razdoblju od 1996. do 2018

Detaljnija raspodjela sadržaja fosfora prema godinama uzorkovanja i pokusnim tretmanima uz parametre opisne statistike prikazana je u tablicama 14 (dubina 0-30 cm), 15 (dubina 30-50 cm) i 16 (dubina 50-80 cm). Uočava se da je sadržaj fosfora u površinskom sloju najmanje varirao na kontrolnom tretmanu s koeficijentom varijacije od 16,9 %, a najviše na tretmanu s 300 kg N/ha uz koeficijent varijacije od 34,9 % (tablica 14). Na sljedećoj dubini (30-50 cm) kako je predočeno u tablici 15 sadržaj fosfora vrlo je varirao od 41,6 % (tretman 250 kg N/ha) do 67,9 % (tretman 0 kg N/ha s P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gnojdbom). Na posljednjoj dubini promatranog profila tla (50-80 cm) koeficijenti varijacije sadržaja fosfora u 22 godišnjem istraživanju varirali su u rasponu od 37,4 % na tretmanu s 250 kg/ha primijenjenog dušika do 74,7 % na tretmanu s 100 kg/ha primijenjenog dušika (tablica 16).

**Tablica 14.** Varijabilnost biljci pristupačnog fosfora (mg/100 g tla) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 0-30 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2016.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
<b>Check</b>	7,0	10,3	10,4	15,0	12,4	10,4	9,5	9,5	9,5	10,7	8,6	11,7	10,1	9,0	9,4	10,8	9,5	10,2	1,7	16,9	7,0	15,0	16,9
<b>N0 PK</b>	3,1	14,0	15,5	19,7	23,0	15,5	16,2	16,2	16,2	23,1	19,6	19,0	21,9	20,2	23,7	21,6	14,1	17,8	5,0	28,0	3,1	23,7	28,0
<b>N100 PK</b>	11,8	15,1	10,5	21,0	17,7	10,5	16,4	16,4	16,4	19,0	13,9	19,8	21,4	15,1	17,4	21,1	15,5	16,4	3,4	21,0	10,5	21,4	21,0
<b>N150 PK</b>	2,6	14,3	16,4	24,0	19,1	16,4	19,0	19,0	19,0	23,4	21,0	20,5	24,2	20,3	29,1	22,1	23,7	19,6	5,7	28,8	2,6	29,1	28,8
<b>N200 PK</b>	1,2	13,4	15,5	17,3	18,4	15,5	18,7	18,7	18,7	20,2	20,9	21,0	19,4	22,4	24,7	21,2	15,1	17,8	5,2	29,0	1,2	24,7	28,9
<b>N250 PK</b>	2,3	11,6	14,3	12,3	22,0	14,3	19,4	19,4	19,4	21,4	17,9	19,4	18,8	21,7	23,8	21,8	17,2	17,5	5,2	30,0	2,3	23,8	30,0
<b>N250 PK+Fg</b>	2,0	14,5	12,3	18,3	17,0	12,3	22,3	22,3	22,3	23,9	19,3	22,1	21,6	22,5	23,6	20,4	19,4	18,6	5,6	30,4	2,0	23,9	30,4
<b>N250 PK+Zt+CaCO<sub>3</sub></b>	1,0	11,6	12,8	13,4	21,8	12,8	16,5	16,5	16,5	20,6	17,7	18,9	20,4	19,2	21,0	17,5	17,8	16,2	5,0	30,8	1,0	21,8	30,8
<b>N300 PK</b>	1,2	12,2	11,1	14,1	14,7	11,1	17,8	17,8	17,8	22,7	17,6	20,2	21,4	26,4	23,4	18,2	18,5	16,8	5,9	34,9	1,2	26,4	34,9
<b>Black fallow</b>	1,2	12,0	11,8	10,2	13,1	11,8	12,4	12,4	12,4	8,9	9,6	10,8	9,4	9,2	10,5	10,7	9,3	10,3	2,7	26,2	1,2	13,1	26,2

**Tablica 15.** Varijabilnost biljci pristupačnog fosfora (mg/100 g tla) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 30-50 cm

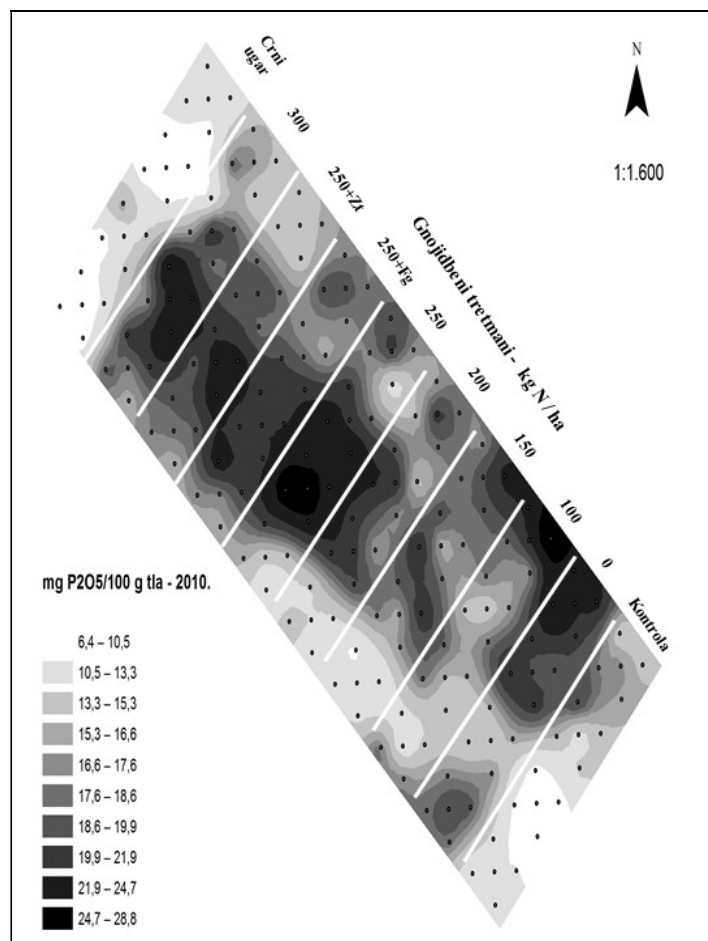
Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
<b>Check</b>	3,4	10,9	9,6	12,3	10,6	9,6	8,8	8,8	8,8	3,4	4,1	3,8	5,4	4,9	4,0	8,1	7,3	3,1	42,1	3,4	12,3	42,1
<b>N0 PK</b>	3,4	22,4	14,4	19,4	21,3	14,4	15,4	15,4	15,4	4,3	1,8	3,5	3,4	2,6	10,2	4,6	10,8	7,3	68,0	1,8	22,4	67,9
<b>N100 PK</b>	1,8	11,8	13,8	18,7	18,2	13,8	18,8	18,8	18,8	5,6	1,9	3,6	4,2	6,5	3,4	7,1	10,4	6,8	65,3	1,8	18,8	65,3
<b>N150 PK</b>	1,9	13,5	16,3	20,9	21,2	16,3	16,2	16,2	16,2	7,2	5,4	3,4	8,4	4,9	3,4	19,3	11,9	6,8	56,9	1,9	21,2	56,9
<b>N200 PK</b>	3,0	15,3	14,4	13,8	18,0	14,4	21,0	21,0	21,0	13,9	9,9	2,3	9,9	9,2	15,2	11,6	13,4	5,7	42,4	2,3	21,0	42,4
<b>N250 PK</b>	2,4	14,6	12,0	9,6	21,0	12,0	17,8	17,8	17,8	10,2	11,4	3,0	13,2	14,2	7,5	14,1	12,4	5,2	41,6	2,4	21,0	41,6
<b>N250 PK+Fg</b>	1,9	15,3	13,4	11,2	15,6	13,4	19,0	19,0	19,0	9,8	6,3	2,9	19,2	4,9	7,3	13,5	12,0	5,9	49,3	1,9	19,2	49,3
<b>N250 PK+Zt+CaCO<sub>3</sub></b>	2,2	14,2	9,8	13,8	17,0	9,8	16,3	16,3	16,3	3,3	6,6	1,7	15,6	7,5	5,0	17,4	10,8	5,7	53,2	1,7	17,4	53,2
<b>N300 PK</b>	1,4	11,9	10,0	12,6	14,9	10,0	19,2	19,2	19,2	11,2	13,9	3,1	10,6	15,0	3,3	21,4	12,3	6,0	48,8	1,4	21,4	48,8
<b>Black fallow</b>	1,6	10,8	11,2	11,2	12,3	11,2	11,6	11,6	11,6	7,5	4,2	2,6	2,4	1,9	5,5	11,8	8,1	4,2	52,6	1,6	12,3	52,6



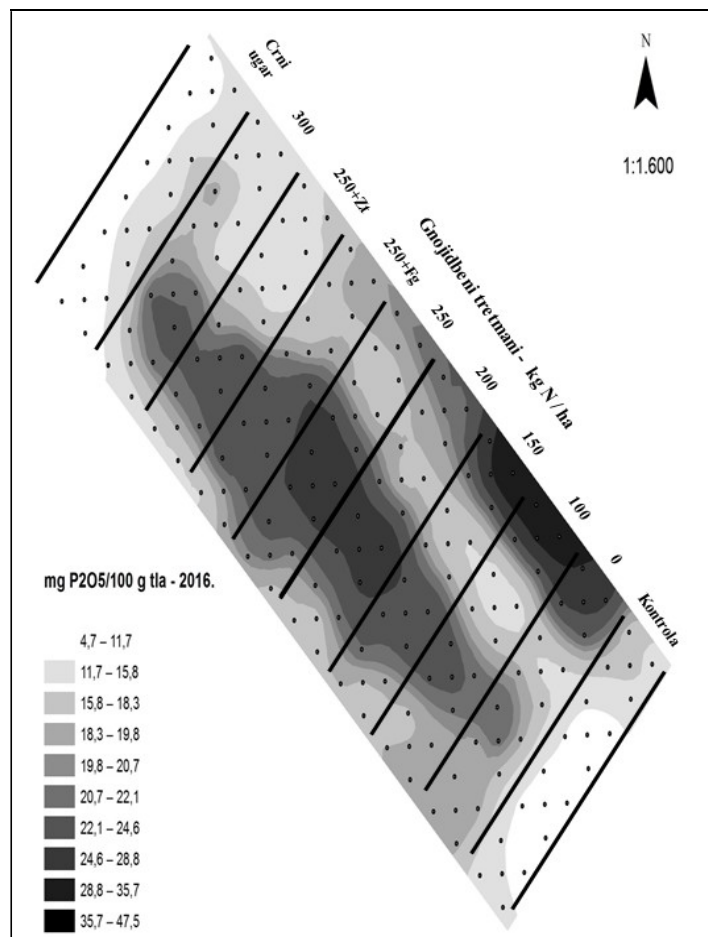
**Tablica 16.** Varijabilnost biljci pristupačnog fosfora (mg/100 g tla) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 50-80 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
<b>Check</b>	8,0	3,7	4,4	4,4	8,7	4,4	8,0	8,0	8,0	3,3	1,8	5,1	3,2	3,6	1,6	4,2	5,0	2,4	46,9	1,6	8,7	46,9
<b>N0 PK</b>	5,2	4,9	10,5	7,7	19,3	10,5	10,1	10,1	10,1	2,9	1,8	4,9	2,3	1,8	2,8	4,8	6,9	4,7	68,7	1,8	19,3	68,7
<b>N100 PK</b>	9,8	5,6	8,7	12,5	10,8	8,7	15,5	15,5	15,5	1,5	1,0	5,3	2,1	1,5	1,4	2,3	7,4	5,5	74,7	1,0	15,5	74,7
<b>N150 PK</b>	5,1	5,0	5,5	8,1	9,0	5,5	14,6	14,6	14,6	2,1	1,8	4,3	2,6	2,2	2,6	3,6	6,3	4,6	72,4	1,8	14,6	72,4
<b>N200 PK</b>	4,7	9,4	4,3	2,4	6,0	4,3	12,6	12,6	12,6	2,2	2,9	5,3	3,0	2,3	4,3	2,9	5,7	3,8	66,9	2,2	12,6	66,9
<b>N250 PK</b>	7,0	6,0	8,2	2,2	8,4	8,2	7,9	7,9	7,9	3,1	3,1	5,9	3,8	3,8	4,6	5,0	5,8	2,2	37,4	2,2	8,4	37,4
<b>N250 PK+Fg</b>	4,7	1,6	8,1	1,7	9,3	8,1	12,6	12,6	12,6	2,0	4,8	5,5	4,2	2,3	3,6	2,4	6,0	4,0	67,0	1,6	12,6	67,0
<b>N250 PK+Zt+CaCO<sub>3</sub></b>	4,9	2,9	2,9	6,4	11,2	2,9	11,0	11,0	11,0	1,9	3,8	5,8	4,1	3,1	2,9	3,4	5,6	3,5	62,1	1,9	11,2	62,1
<b>N300 PK</b>	5,0	2,6	9,6	6,5	9,6	9,6	12,2	12,2	12,2	3,4	1,8	6,5	3,6	4,1	4,6	2,6	6,6	3,7	56,0	1,8	12,2	56,0
<b>Black fallow</b>	2,6	3,1	4,0	5,1	1,8	4,0	3,1	3,1	3,1	1,5	4,2	5,1	2,7	2,2	1,3	5,2	3,3	1,2	38,3	1,3	5,2	38,3

Na kriging interpolacijskim kartama uočava se jasan izostanak  $P_2O_5$  gnojidbe na prvom i zadnjem pokusnom tretmanu (kontrola i crni ugar) gdje su vrijednost fosfora varirale od 6,4 mg/100 g tla do 16,6 mg/100 g tla u 2010. (slika 5) te od 4,7 mg/100 g tla do 18,3 mg/100 g tla u 2016. godini (slika 6) Također je vidljivo da su pojedini dijelovi pokusne površine bili vrlo bogati sadržajem fosfora s vrijednostima i iznad 35 mg/100 g tla u 2016. godini što dijelom polučila provedena kalcizacija u 2014. godini.



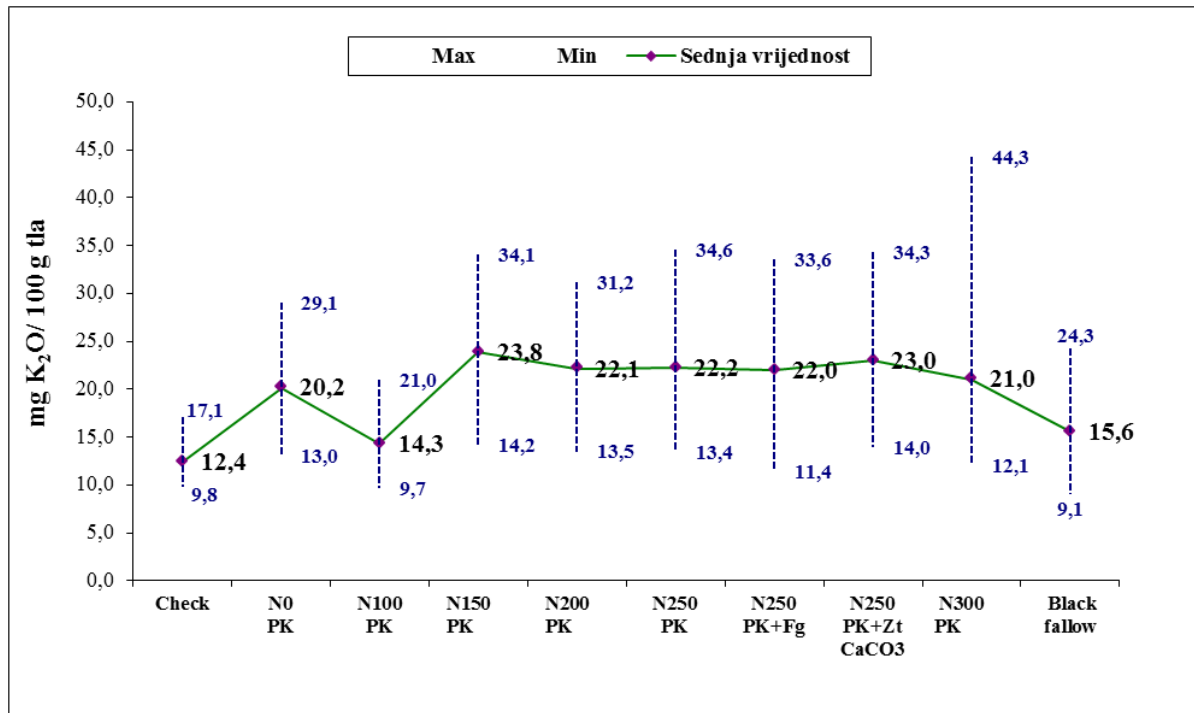
**Slika 5.** Karta sadržaja biljci pristupačnog fosfora u površinskom sloju tla (0-30 cm) u 2010. godini



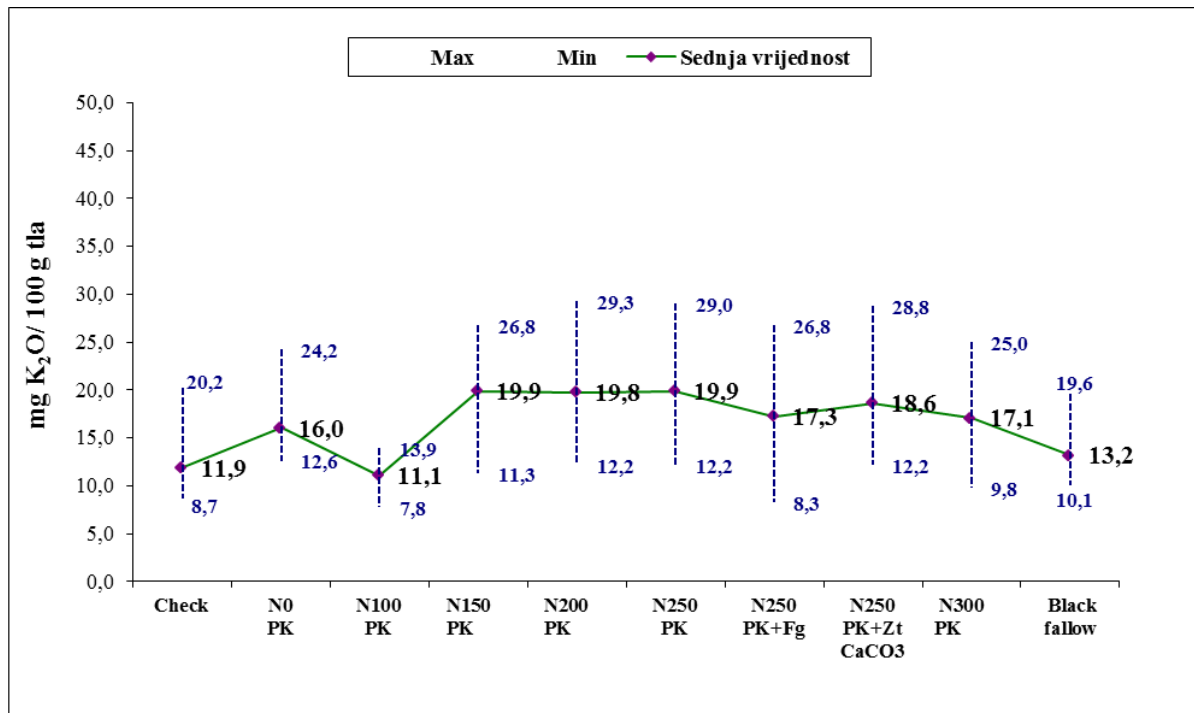
Slika 6. Karta sadržaja biljci pristupačnog fosfora u površinskom sloju tla (0-30 cm) u 2016. godini

### 3.1.4. Varijabilnost biljci pristupačnog kalija

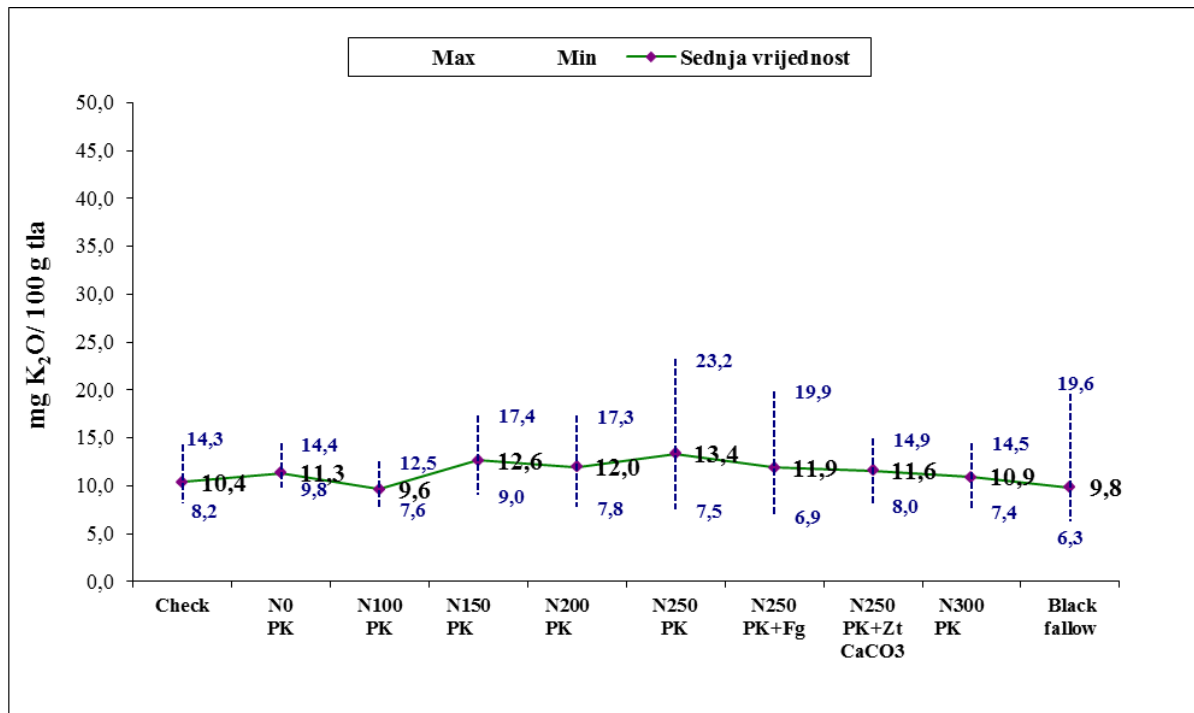
U površinskom sloju tla prosječni sadržaj biljci pristupačnog kalija varirao je od 12,4 mg/100 g tla do 23,8 mg/100 g tla (grafikon 11.). Iz istog grafikona se uočava da je u donosu na negnojenu kontrolu (Check, 12,4 mg/100 g tla) relativno najveće povećanje sadržaja kalija (za 91,9 %) u tlu utvrđeno na tretmanu s 150 kg/ha primijenjenog dušika. Treba nadodati da je na svakom tretmanu (osim kontrolnog i crnog ugra) tijekom 22 godišnjeg istraživanja ukupno aplicirano 3420 kg K<sub>2</sub>O/ha, odnosno godišnje, u rasponu od 100-180 kg K<sub>2</sub>O/ha ovisno o prisutnoj test kulturi. U drugom sloju tla (30-50 cm) prosječni sadržaj kalija varirao je od 11,1 mg/100 g tla do 19,9 mg/100 g tla (grafikon 12.), a na dubini od 50-80 cm od 9,6 mg/100 g tla do 1,4 mg/100 g tla (grafikon 13).



**Grafikon 11.** Prosječne vrijednosti sadržaja biljci pristupačnog kalija u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 0-30 cm u razdoblju od 1996. do 2018.



**Grafikon 12.** Prosječne vrijednosti sadržaja biljci pristupačnog kalija u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 30-50 cm u razdoblju od 1996. do 2018.



**Grafikon 13.** Prosječne vrijednosti sadržaja biljci pristupačnog kalija u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 50-80 cm u razdoblju od 1996. do 2018.

Detaljnija raspodjela sadržaja kalija prema godinama uzorkovanja i pokusnim tretmanima uz parametre opisne statistike prikazana je u tablicama 17 (dubina 0-30 cm), 18 (dubina 30-50 cm) i 19 (dubina 50-80 cm). Uočava se da je sadržaj kalija u površinskom sloju najmanje varirao na kontrolnom tretmanu s koeficijentom varijacije od 20,2 %, a najviše na tretmanu s 300 kg N/ha uz koeficijent varijacije od 38,1 % (tablica 17). Na sljedećoj dubini (30-50 cm) kako je predočeno u tablici 18 sadržaj kalija vrlo je varirao od 17,9 % (tretman 100 kg N/ha) do 24,8 % (tretman 250 kg N/ha s Zt i CaCO<sub>3</sub>). Na posljednjoj dubini promatranog profila tla (50-80 cm) koeficijenti varijacije sadržaja kalija u 22 godišnjem istraživanju varirali su u rasponu od 9,4 % na tretmanu s 0 kg/ha primijenjenog dušika, ali apliciranim K<sub>2</sub>O do 30,6 % na tretmanu s crnim ugarom, negnojnom tretmanu bez obrade i test kulture (tablica 19).

**Tablica 17.** Varijabilnost biljci pristupačnog kalija (mg/100 g tla) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 0-30 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2016.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	16,3	12,4	10,6	10,1	12,7	10,6	9,8	9,8	9,8	10,9	12,5	16,4	12,6	15,6	11,4	12,2	17,1	12,4	2,5	20,2	9,8	17,1	20,2
N0 PK	20,9	19,0	13,0	15,1	19,2	13,0	17,5	17,5	17,5	23,1	27,2	23,5	29,1	26,3	23,5	20,1	17,3	20,2	4,7	23,5	13,0	29,1	23,5
N100 PK	12,5	11,4	9,7	10,4	11,3	9,7	12,4	12,4	12,4	13,9	13,2	19,8	19,4	21,0	17,0	16,8	19,2	14,3	3,8	26,5	9,7	21,0	26,5
N150 PK	18,5	14,2	16,4	20,8	18,3	16,4	23,0	23,0	23,0	27,1	30,8	27,6	34,1	33,5	30,9	24,1	23,6	23,8	6,1	25,6	14,2	34,1	25,6
N200 PK	18,6	13,5	15,8	16,8	18,1	15,8	19,0	19,0	19,0	25,9	25,6	31,2	25,4	30,6	29,3	25,4	27,3	22,1	5,7	25,8	13,5	31,2	25,8
N250 PK	19,8	15,6	13,4	15,3	23,3	13,4	20,8	20,8	20,8	24,1	26,7	25,5	26,5	34,6	29,0	21,2	26,7	22,2	5,8	26,0	13,4	34,6	26,0
N250 PK+Fg	20,9	18,2	15,0	11,4	16,7	15,0	22,7	22,7	22,7	25,6	24,3	29,5	22,9	28,5	22,7	21,5	33,6	22,0	5,6	25,7	11,4	33,6	25,7
N250 PK+Zt+CaCO <sub>3</sub>	20,9	16,7	17,0	14,0	22,1	17,0	20,3	20,3	20,3	27,6	28,7	28,5	34,3	27,4	22,3	22,5	30,7	23,0	5,7	24,6	14,0	34,3	24,6
N300 PK	15,2	14,2	12,1	14,7	14,8	12,1	18,4	18,4	18,4	25,8	23,9	26,6	25,2	44,3	24,3	20,7	28,5	21,0	8,0	38,1	12,1	44,3	38,1
Black fallow	19,8	15,9	12,8	9,1	15,0	12,8	14,5	14,5	14,5	17,4	16,5	16,1	12,5	24,3	16,0	12,5	20,5	15,6	3,6	22,9	9,1	24,3	22,9

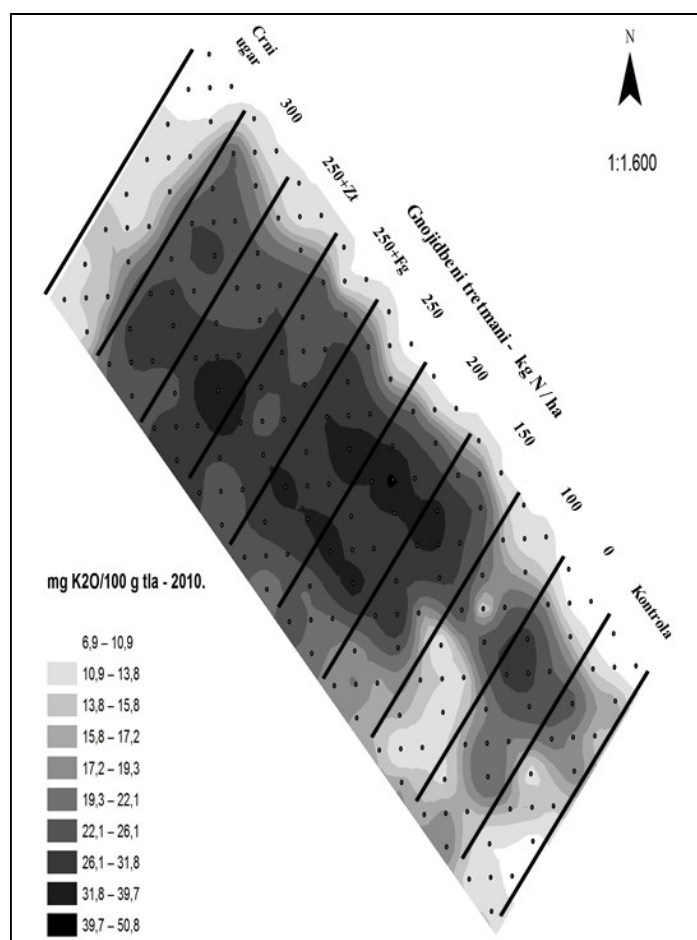
**Tablica 18.** Varijabilnost biljci pristupačnog kalija (mg/100 g tla) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 30-50 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	20,2	13,2	10,6	11,2	13,5	10,6	10,4	10,4	10,4	8,7	10,4	10,3	14,2	12,3	9,2	14,9	11,9	2,8	23,8	8,7	20,2	23,8
N0 PK	16,2	24,2	13,6	16,7	22,6	13,6	14,9	14,9	14,9	12,6	13,6	13,2	14,4	14,4	23,7	13	16,0	3,9	24,2	12,6	24,2	24,2
N100 PK	10,7	9,4	9,7	10,4	13,5	9,7	13,9	13,9	13,9	9,2	7,8	11,8	11,5	10,1	9,2	12,7	11,1	2,0	17,9	7,8	13,9	17,9
N150 PK	19,0	15,6	20,1	18,9	22,6	20,1	22,8	22,8	22,8	19,4	20,3	11,3	21,2	15,4	19,3	26,8	19,9	3,6	18,2	11,3	26,8	18,2
N200 PK	20,0	16,6	16,3	14,0	19,2	16,3	23,8	23,8	23,8	20,3	18,9	12,2	21,2	17,8	23,2	29,3	19,8	4,3	22,0	12,2	29,3	22,0
N250 PK	20,9	20,1	15,2	12,3	27,1	15,2	19,3	19,3	19,3	19,4	20,8	12,2	25,0	22,1	20,8	29	19,9	4,7	23,6	12,2	29,0	23,6
N250 PK+Fg	17,9	21,0	15,2	8,3	13,8	15,2	16,9	16,9	16,9	17,4	19,9	11,8	21,1	16,3	20,8	26,8	17,3	4,3	24,7	8,3	26,8	24,7
N250 PK+Zt+CaCO <sub>3</sub>	20,0	18,6	16,5	13,4	20,4	16,5	19,3	19,3	19,3	13,6	17,0	12,2	28,8	17,3	16,9	28,6	18,6	4,6	24,8	12,2	28,8	24,8
N300 PK	17,1	15,2	12,8	11,6	15,2	12,8	19,3	19,3	19,3	16,4	19,4	9,8	19,2	23,0	17,9	25	17,1	4,1	24,0	9,8	25,0	24,0
Black fallow	16,2	15,2	13,5	10,1	15,8	13,5	12,1	12,1	12,1	13,5	11,1	10,3	11,5	12,5	11,6	19,6	13,2	2,5	18,9	10,1	19,6	18,9

**Tablica 19.** Varijabilnost biljci pristupačnog kalija (mg/100 g tla) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 50-80 cm

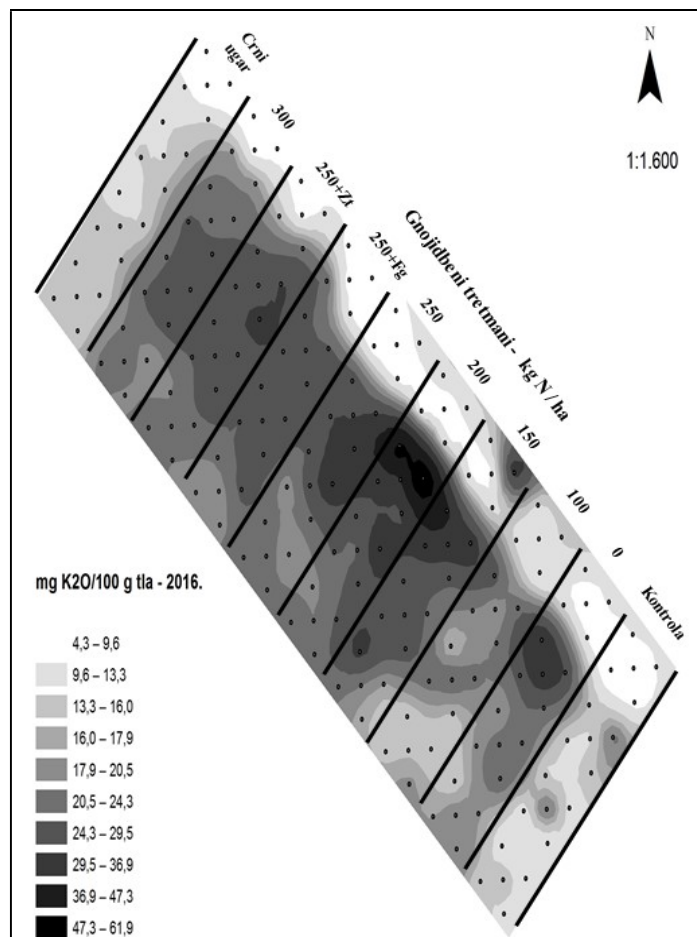
Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	14,3	9,9	8,2	9,4	9,5	8,2	11,1	11,1	11,1	9,6	9,7	11,8	11,5	11,5	9,2	10,1	10,4	1,5	14,8	8,2	14,3	14,8
N0 PK	10,5	10,9	11,4	12,5	14,4	11,4	11,1	11,1	11,1	10,6	10,2	9,8	12,0	11,0	11,1	12	11,3	1,1	9,4	9,8	14,4	9,4
N100 PK	8,4	8,1	8,5	7,6	9,6	8,5	11,6	11,6	11,6	8,7	7,8	9,8	12,5	10,1	9,2	10,5	9,6	1,5	16,0	7,6	12,5	16,0
N150 PK	12,4	10,3	9,7	13,9	12,2	9,7	17,4	17,4	17,4	10,6	12,1	9,0	13,5	13,4	9,2	14,1	12,6	2,9	22,9	9,0	17,4	22,9
N200 PK	10,6	11,6	10,3	10,3	11,5	10,3	13,5	13,5	13,5	13,0	10,2	10,0	17,3	11,5	7,8	17	12,0	2,5	21,2	7,8	17,3	21,2
N250 PK	13,5	12,8	12,3	7,5	13,4	12,3	14,0	14,0	14,0	14,9	10,2	11,0	14,4	14,4	12,1	23,2	13,4	3,2	24,2	7,5	23,2	24,2
N250 PK+Fg	9,5	7,6	12,9	6,9	9,5	12,9	14,0	14,0	14,0	11,1	10,7	10,0	13,9	12,5	10,7	19,9	11,9	3,1	26,2	6,9	19,9	26,2
N250 PK+Zt+CaCO <sub>3</sub>	11,5	9,2	8,7	8,0	14,1	8,7	14,0	14,0	14,0	12,0	11,6	9,0	13,5	12,5	9,7	14,9	11,6	2,4	20,5	8,0	14,9	20,5
N300 PK	11,1	7,4	10,7	8,1	11,2	10,7	14,5	14,5	14,5	9,6	8,7	8,0	13,0	11,5	9,7	11,6	10,9	2,3	21,2	7,4	14,5	21,2
Black fallow	9,5	8,7	8,4	7,4	7,6	8,4	9,2	9,2	9,2	12,0	6,3	9,0	11,5	10,6	10,2	19,6	9,8	3,0	30,6	6,3	19,6	30,6

Na slikama 7 i 8 prikazane su kriging interpolacijske karte sadržaja kalija u površinskom sloju tla u 2010. i 2016. godini. Kao i u pogledu sadržaja fosfora, a uvažavajući činjenicu da na svim tretmanima, osim na prvom i desetom (kontrola i crni ugar), primijenjena podjednaka količina  $K_2O$  gnojiva, uočava se niži sadržaj kalija na dijelovima pokusne površine s spomenutim tretmanima (6,9 mg/100 g tla – 17,2 mg/100 g tla ) u 2010. kao i u 2016. (4,6 mg/100 g tla do 17,9 mg/100 g tla). Također je razmjerno da je maksimalno predviđen odnosno interpolirani sadržaj kalija u 2010. iznosio 50,8 mg/100 g tla, a u 2016. 61,9 mg/kg.



**Slika 7.** Karta sadržaja biljci pristupačnog kalija u površinskom sloju tla (0-30 cm) u 2010. godini



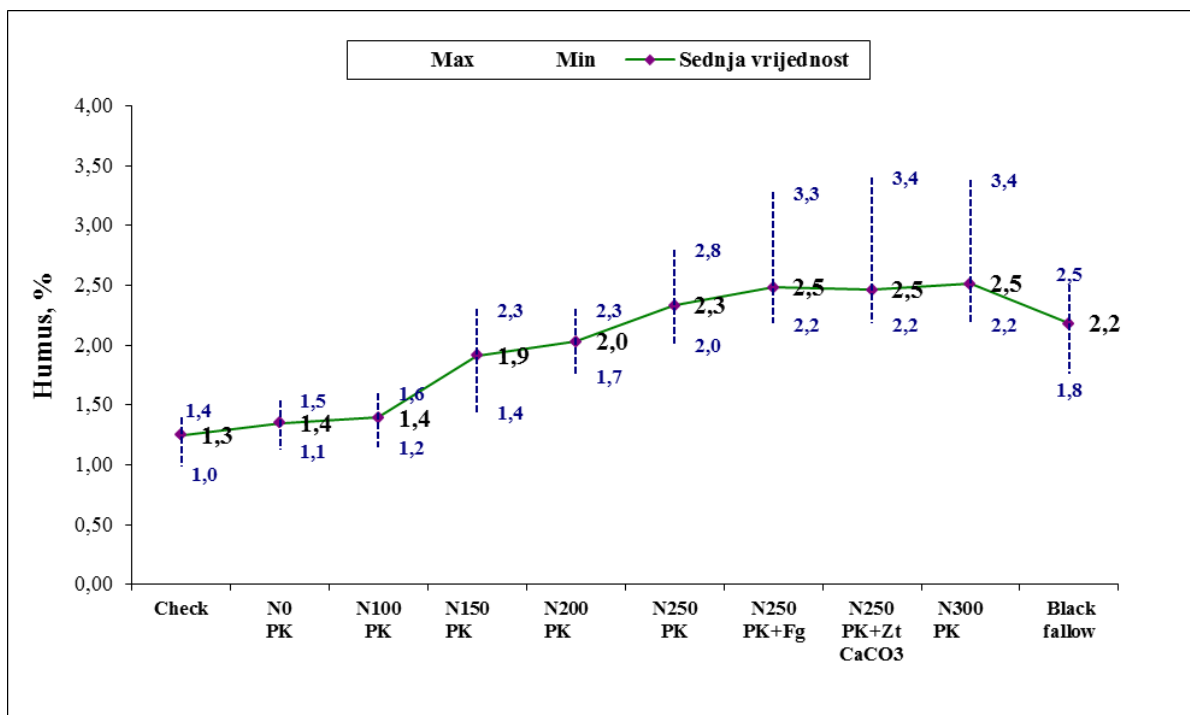


**Slika 8.** Karta sadržaja biljci pristupačnog kalija u površinskom sloju tla (0-30 cm) u 2016. godini

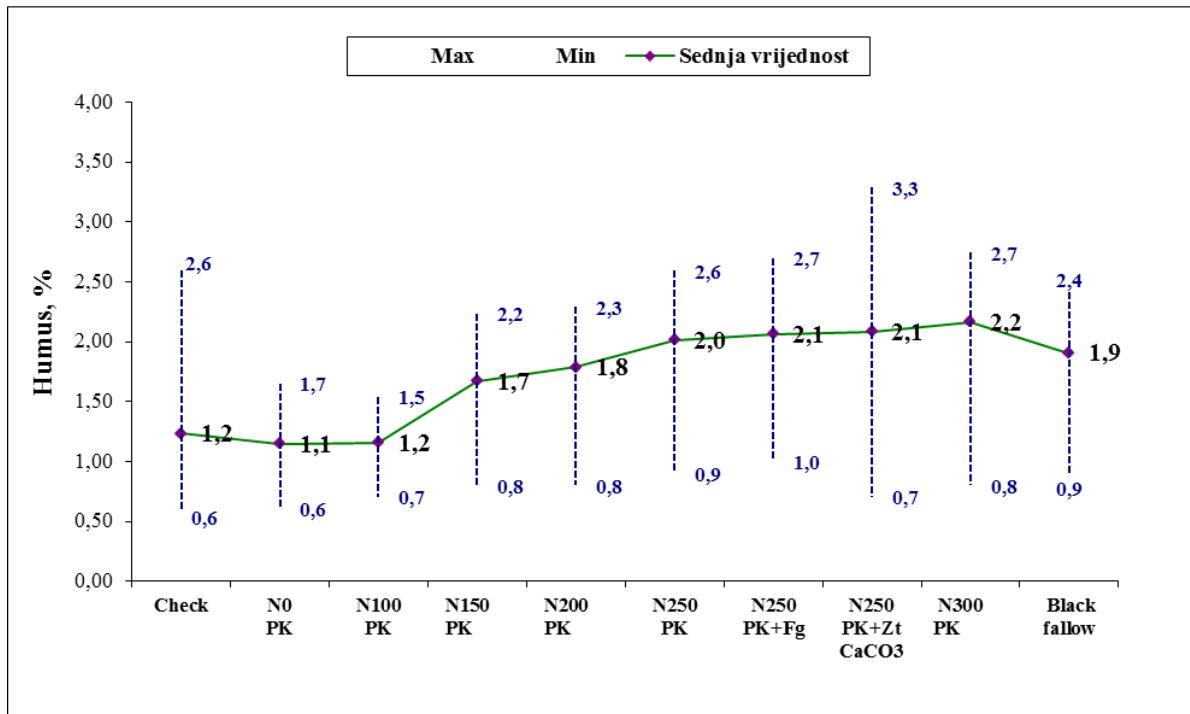
### 3.1.5 Varijabilnost sadržaja humusa

Humus u tlu je sastavni i većinski dio organske tvari tla koju sačinjavaju živa i mrtva organska masa. Višegodišnja primjena mineralnih dušičnih gnojiva može negativno utjecati na sadržaj humusa u tlu, premda pojedini autori objašnjavaju da dušična gnojidba utječe na visoku produktivnost usjeva što u konačnici izravno mijenja količinu organske tvari osobito sadržaja organskog ugljika u tlu zbog biljnih ostataka koji se unesu u tlo (Dersch i Böhm 2001; Holeplass i sur. 2004).

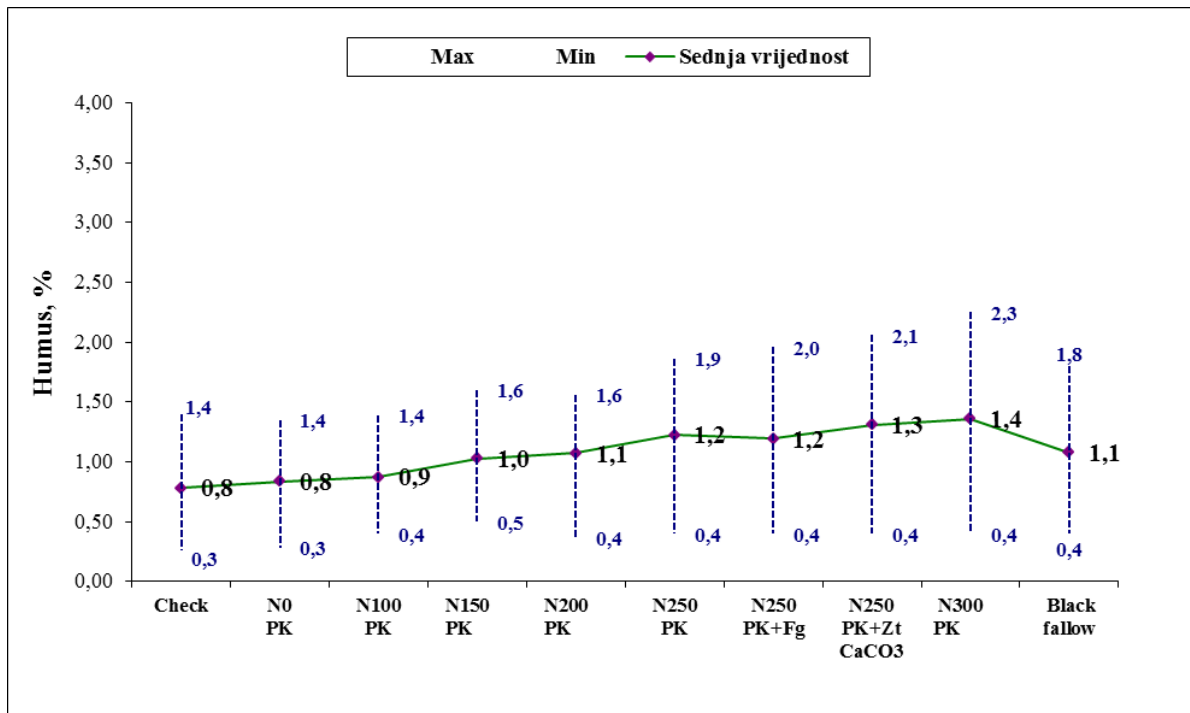
U površinskom sloju tla prosječni sadržaj humusa varirao je od 1,3 % do 2,5 % (grafikon 14). Iz istog grafikona se uočava da je u donosu na negnojenu kontrolu (Check, 1,3 %) relativno najveće povećanje sadržaja humusa (za 66,7 %) u tlu utvrđeno na tretmanima s 250 i 300 kg/ha primijenjenog dušika. U drugom sloju tla (30-50 cm) prosječni sadržaj humusa varirao je od 1,1 % do 2,2 % (grafikon 15), a na dubini od 50-80 cm od 0,8 % do 1,4 % (grafikon 16).



**Grafikon 14.** Prosječne vrijednosti sadržaja humusa u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 0-30 cm u razdoblju od 1996. do 2018.



**Grafikon 15.** Prosječne vrijednosti sadržaja humusa u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 30-50 cm u razdoblju od 1996. do 2018.



**Grafikon 16.** Prosječne vrijednosti sadržaja humusa u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 50-80 cm u razdoblju od 1996. do 2018.

Detaljnija raspodjela sadržaja humusa prema godinama uzorkovanja i pokusnim tretmanima uz parametre opisne statistike prikazana je u tablicama 20 (dubina 0-30 cm), 21 (dubina 30-50 cm) i 22 (dubina 50-80 cm). Uočava se da je sadržaj humusa u površinskom sloju najmanje varirao na kontrolnom tretmanu s koeficijentom varijacije od 7,16 %, a najviše na tretmanu s 300 kg N/ha uz koeficijent varijacije od 11,6 % (tablica 20.). Na sljedećoj dubini (30-50 cm) kako je predočeno u tablici 21 sadržaj humusa varirao je od 17,7 % (tretman 100 kg N/ha) do 32,2 % (kontrola). Na posljednjoj dubini promatranog profila tla (50-80 cm) koeficijenti varijacije sadržaja humusa u 22 godišnjem istraživanju varirali su u rasponu od 34,6 % na tretmanu s 0 kg/ha primijenjenog dušika, ali apliciranim fosforom i kalijem do 54,4 % na tretmanu s 300 kg/ha primijenjenog dušika (tablica 22)

**Tablica 20.** Varijabilnost sadržaja humusa (%) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 0-30 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2016.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	1,1	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	1,4	1,0	1,3	1,3	0,1	7,2	1,0	1,4	7,16
N0 PK	1,4	1,3	1,4	1,4	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,1	1,3	1,4	0,1	7,7	1,1	1,5	7,66
N100 PK	1,2	1,4	1,4	1,2	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	0,1	8,2	1,2	1,6	8,19
N150 PK	1,8	1,4	2,0	1,9	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,3	1,6	1,9	1,9	0,2	10,3	1,4	2,3	10,3
N200 PK	1,9	1,7	2,1	1,8	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	2,1	2,1	1,9	2,3	2,3	1,9	2,0	2,0	0,2	8,0	1,7	2,3	8,01
N250 PK	2,0	2,1	2,2	2,3	2,6	2,2	2,4	2,4	2,4	2,2	2,3	2,2	2,1	2,5	2,8	2,6	2,3	2,3	0,2	9,0	2,0	2,8	9,00
N250 PK+Fg	2,4	2,5	2,2	2,4	2,5	2,2	2,4	2,4	2,4	2,3	2,4	2,4	2,3	2,6	3,0	3,3	2,7	2,5	0,3	11,3	2,2	3,3	11,3
N250 PK+Zt+CaCO <sub>3</sub>	2,5	2,2	2,3	2,3	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,8	3,4	2,6	2,5	0,3	11,3	2,2	3,4	11,3
N300 PK	2,4	2,2	2,2	2,4	2,4	2,2	2,5	2,5	2,5	2,4	2,5	2,5	2,4	2,8	2,9	3,4	2,6	2,5	0,3	11,6	2,2	3,4	11,6
Black fallow	2,0	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	1,8	2,0	2,1	2,0	2,0	2,5	2,4	1,9	2,2	0,2	9,5	1,8	2,5	9,51

**Tablica 21.** Varijabilnost sadržaja humusa (%) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 30-50 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	1,1	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	0,6	2,6	1,1	1,1	1,2	1,2	0,4	32,2	0,6	2,6	32,2
N0 PK	1,2	1,4	1,2	1,5	1,7	1,2	1,3	1,3	1,3	0,9	0,8	0,6	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	0,3	23,1	0,6	1,7	23,1
N100 PK	1,2	1,2	1,2	1,3	1,5	1,2	1,3	1,3	1,3	1,1	1,2	0,7	1,0	0,9	1,1	0,9	1,2	0,2	17,7	0,7	1,5	17,7
N150 PK	1,7	1,5	1,8	1,7	2,0	1,8	1,9	1,9	1,9	1,7	1,3	0,8	1,4	1,9	1,3	2,2	1,7	0,3	20,6	0,8	2,2	20,6
N200 PK	1,8	1,9	1,9	1,7	2,1	1,9	2,0	2,0	2,0	2,3	1,6	0,8	1,9	1,2	1,6	1,9	1,8	0,4	20,1	0,8	2,3	20,1
N250 PK	2,0	2,1	2,2	2,0	2,5	2,2	2,2	2,2	2,2	1,8	2,0	0,9	2,0	1,4	2,0	2,6	2,0	0,4	19,7	0,9	2,6	19,7
N250 PK+Fg	2,2	2,6	2,1	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	1,8	1,5	1,0	2,2	1,8	1,5	2,7	2,1	0,4	21,2	1,0	2,7	21,2
N250 PK+Zt+CaCO <sub>3</sub>	2,4	2,3	2,1	2,4	2,5	2,1	2,4	2,4	2,4	1,6	1,5	0,7	2,3	1,3	1,6	3,3	2,1	0,6	29,3	0,7	3,3	29,3
N300 PK	2,4	2,1	2,3	2,3	2,4	2,3	2,5	2,5	2,5	1,9	2,3	0,8	2,5	1,0	2,2	2,7	2,2	0,5	24,8	0,8	2,7	24,8
Black fallow	2,0	2,2	2,3	2,4	2,3	2,3	2,1	2,1	2,1	1,8	1,5	0,9	1,8	1,4	1,1	2,1	1,9	0,5	23,9	0,9	2,4	23,9

**Tablica 22.** Varijabilnost sadržaja humusa (%) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2018. godine na dubini od 50-80 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2018.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	0,8	0,9	0,9	0,8	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,6	0,4	1,4	0,6	0,5	0,3	0,8	0,3	36,4	0,3	1,4	36,4
N0 PK	0,9	0,9	1,2	1,0	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,3	0,8	0,3	34,6	0,3	1,4	34,6
N100 PK	1,0	0,9	1,2	1,2	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1	0,5	0,6	0,4	0,7	0,5	0,7	0,4	0,9	0,3	36,8	0,4	1,4	36,8
N150 PK	1,0	1,1	1,0	1,4	1,4	1,0	1,6	1,6	1,6	0,6	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	0,4	37,3	0,5	1,6	37,3
N200 PK	1,2	1,6	1,3	1,0	1,4	1,3	1,6	1,6	1,6	0,9	0,7	0,4	0,9	0,6	0,7	0,4	1,1	0,4	40,2	0,4	1,6	40,2
N250 PK	1,6	1,5	1,9	1,1	1,7	1,9	1,7	1,7	1,7	0,7	0,9	0,4	1,0	0,6	0,8	0,4	1,2	0,5	43,6	0,4	1,9	43,6
N250 PK+Fg	1,2	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,7	1,7	1,7	0,7	1,0	0,4	1,0	0,7	0,7	0,5	1,2	0,5	45,6	0,4	2,0	45,6
N250 PK+Zt+CaCO <sub>3</sub>	1,6	1,2	1,3	2,0	2,0	1,3	2,1	2,1	2,1	0,6	0,6	0,4	1,4	0,6	0,7	1,2	1,3	0,6	46,2	0,4	2,1	46,2
N300 PK	1,5	1,2	2,1	1,9	1,9	2,1	2,3	2,3	2,3	0,5	0,8	0,4	1,3	0,4	0,6	0,5	1,4	0,7	54,4	0,4	2,3	54,4
Black fallow	1,1	1,3	1,4	1,8	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	0,7	1,2	0,4	0,7	1,0	0,5	0,4	1,1	0,4	39,4	0,4	1,8	39,4

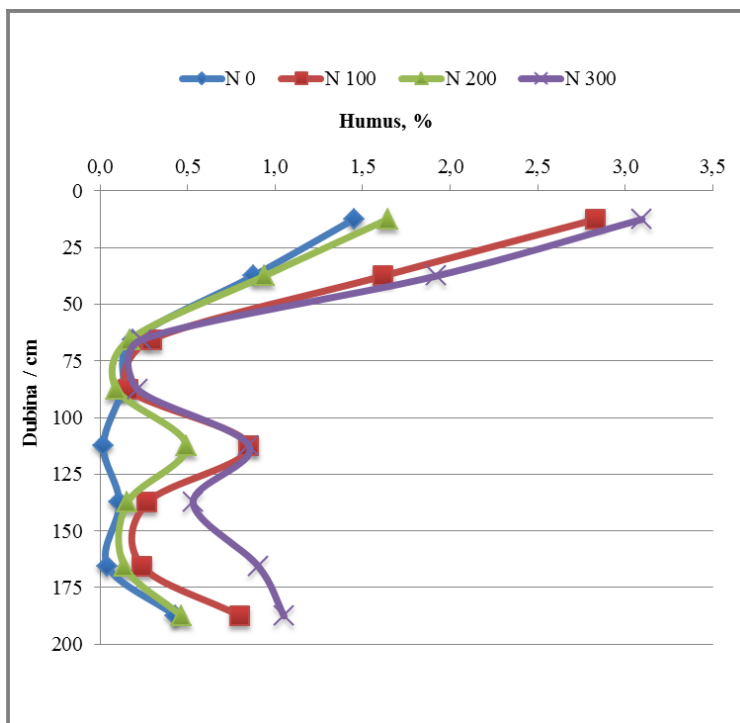
Za dodatni detaljni uvid na grafikonu 17. prikazana je varijabilnost sadržaja humusa do 2 metra dubine za izdvojena četiri tretmana (0, 100, 200 i 300 kg N/ha) utvrđena 12 godina (2008.) nakon postavljanja pokusa. Iz tablice 3.14. na kojoj su prikazani rezultati analize varijance utjecaja gnojidbenih tretmana i dubina na sadržaj humusa uočava značajan utjecaj gnojidbenih tretmana na humus u tlu do 50 cm dubine tla. Na dubinama 100-125 cm, 125-150 cm i 175-200 cm nije utvrđen značajan utjecaj rastućih doza mineralne dušične gnojidbe na sadržaj organskog ugljika u tlu (na tim dubinama  $Pr > F$  bio je veći od 0,05). Promatrajući utjecaj dubine profila tla na pojedinim tretmanima iz tablice 23 vidljiv je jednoznačni trend značajnog utjecaja dubine tla na sadržaj humusa ( $Pr > F = < 0.0001$ ).

**Tablica 23.** Rezultati analize varijance srednjih vrijednosti sadržaja humusa prema dubinama tla i gnojidbenim tretmanima i najmanje značajne razlike (LSD) prema Fisherovom testu

<b>Dubina / cm</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>LSD</b>
0-25	< 0,001	0,1
25-50	0,0342	0,5
50-75	0,0546	0,1
75-100	0,4881	0,1
100-125	0,0537	0,4
125-150	0,4246	0,4
150-175	0,0037	0,4
175-200	0,1439	0,6
<b>Tretman</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>LSD</b>
N0	< 0,0001	0,2
N100	< 0,0001	0,1
N200	< 0,0001	0,4
N300	< 0,0001	0,4

Povezujući tablicu 23 i grafikon 17. vidljivo je da su gnojidbeni tretmani dvanaest godina nakon značajno utjecali na varijabilnost humusa u prve dvije dubine tla u profilu od 0-50 cm i tek ponovno na dubini od 150-175 cm. Uočava se da su vrijednosti od 2,8 % i 3,1 % utvrđene na N200 i N300 tretmanu (200 i 300 kg N/ha) značajno varirale u odnosu na vrijednosti humusa utvrđenog na kontrolnom (1,4 %) i N100 tretmanu (1,6 %) u površinskom sloju tla (0-25 cm). Isti trend je zabilježen i na sljedećoj dubini od 25-50 cm. Premda se na grafikonu 3.14. uočava razlika u sadržaju humusa prema gnojidbenim tretmanima i na dubinama 100-125 cm, 150-175 cm i 175-200 cm ona je relativna odnosno vrijednosti se razlikuju međusobno ali ne one vrijednosti koje su utvrđene LSD testom. U pogledu dubine i njezinog doprinosa na varijabilnost humusa uočava se da je značajan utjecaj utvrđen na kontrolnom (smanjenje sa 1,5 % na 0,2 %) i N100 tretmanu (smanjenje sa 1,6 % na 0,2%) do

jednog metra dubine, te do 125 cm dubine na N200 tretmanu i do 75 cm dubine na N300 tretmanu.

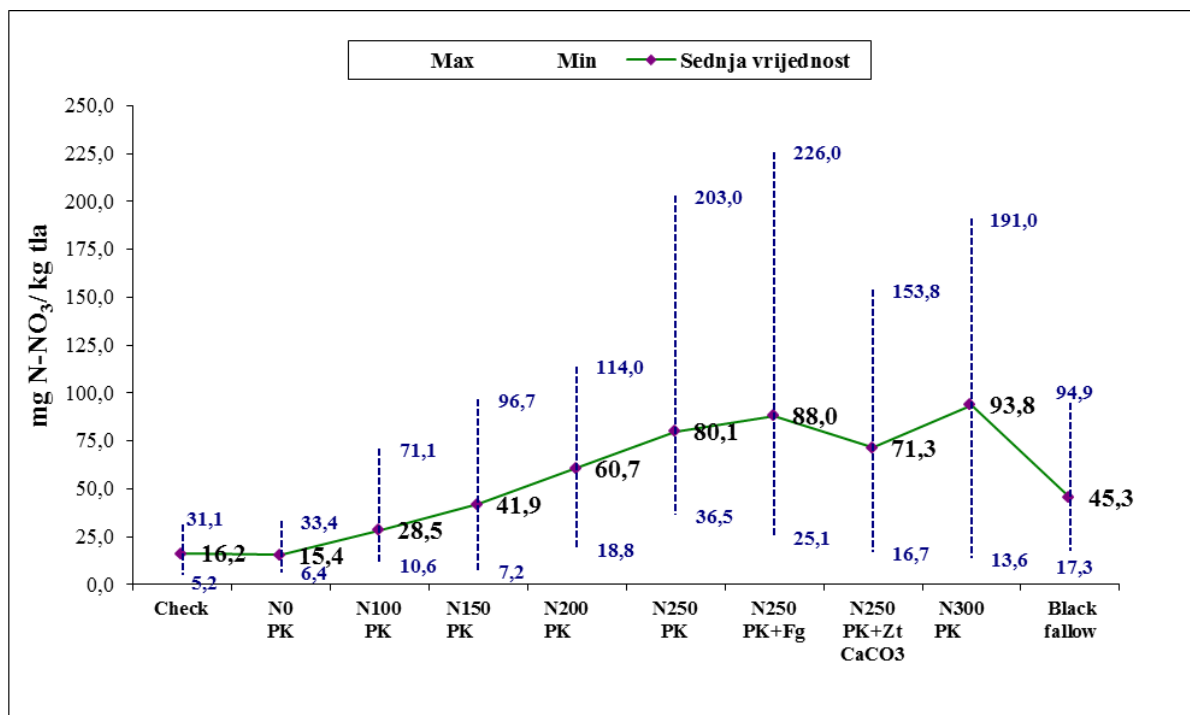


**Grafikon 17.** Vertikalna varijabilnost humusa prema gnojidbenim tretmanima u 2008. godini

### 3.1.6. Varijabilnost sadržaja nitratnog dušika (N-NO<sub>3</sub>)

U površinskom sloju tla prosječni sadržaj nitratnog dušika varirao je od 16,2 mg/kg do 93,8 mg/kg (grafikon 18.). Iz istog grafikona se uočava da je u donosu na negnojenu kontrolu najveće povećanje sadržaja nitratnog dušika i to za pet puta utvrđeno na tretmanu s 300 kg/ha primijenjenog dušika. Također se uočava proporcionalno povećanje akumuliranog sadržaja nitratnog dušika s rastućim dozama dušične gnojidbe. Promatrajući pojedinačne utvrđene vrijednosti uočava se da je na tretmanu s 250 kg N/ha uz dodatak fosfogipsa, a kasnije i CaCO<sub>3</sub> utvrđena najviša pojedinačna vrijednost u iznosu od 226 mg/kg i to na početku istraživanja u 1996. godini kako je prikazano u tablici 24. Svakako treba napomenuti da su spomenute vrijednosti u skladu s mnogim drugim istraživanjima diljem svijeta (Mesić i sur., 2007; Guo i sur., 2001; Nance i Karlen, 2007; Németh i Kádár, 1999), a sama varijabilnost nitratnog dušika, oblika dušika koji je izrazito mobilan u tlu i okolišu je uvjetovana

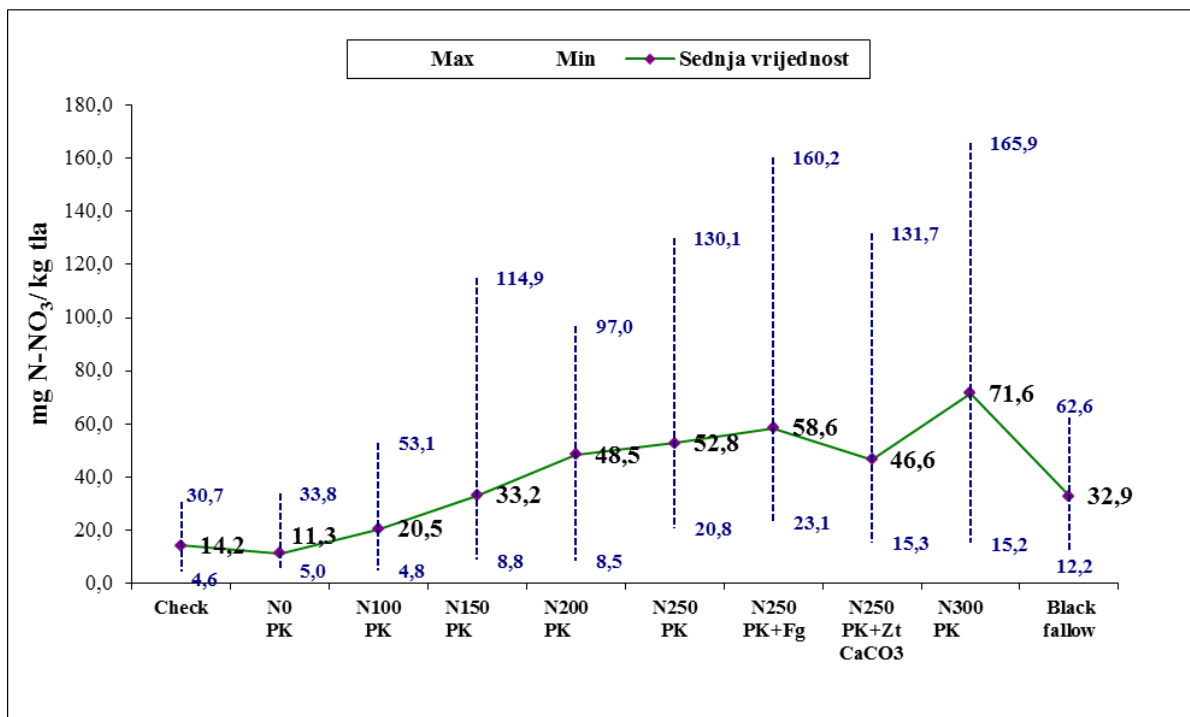
nekolicinom faktora uključivo i vrijeme primjene gnojiva, vremenskim prilikama, intenzitetu oborine, vrsti primijenjenog gnojiva, gustoći sklopa prisutne kulture i sl.



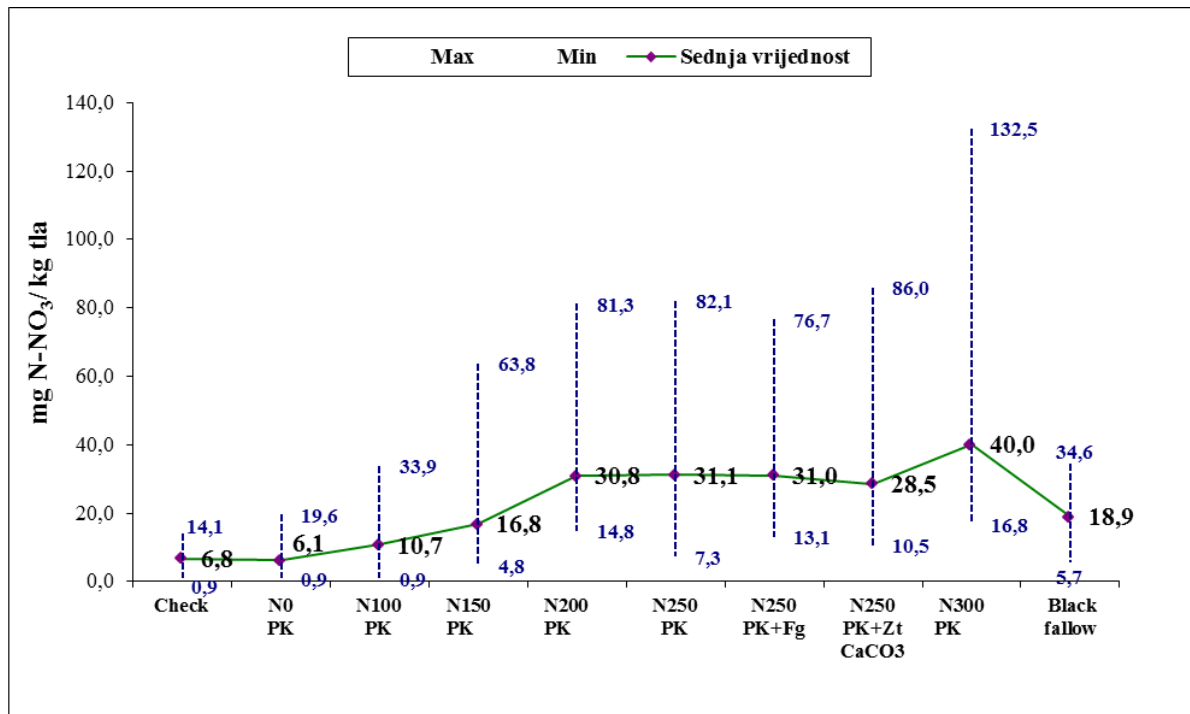
**Grafikon 18.** Prosječne vrijednosti sadržaja nitratnog dušika u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 0-30 cm u razdoblju od 1996. do 2014.

U drugom sloju tla (30-50 cm) prosječni sadržaj nitratnog dušika varirao je od 11,3 mg/kg do 71,6 mg/kg (grafikon 19), a na dubini od 50-80 cm od 6,1 mg/kg do 40,0 mg/kg (grafikon 20). Kao i u površinskom sloju tla tako i u dubljim slojevima tla uočava se proporcionalno povećanje sadržaja nitratnog dušika s rastućim dozama primijenjenog dušika i povećanje akumuliranog dušika za pet puta na tretmanu s 300 kg N/ha u odnosu na tretman bez dodanog dušičnog gnoja (N0 PK). Detaljnija raspodjela sadržaja N-NO<sub>3</sub> prema godinama uzorkovanja i pokusnim tretmanima uz parametre opisne statistike prikazana je u tablicama 24 (dubina 0-30 cm), 25 (dubina 30-50 cm) i 26 (dubina 50-80 cm). S obzirom na mnogobrojne faktore koji utječu na varijabilnost N-NO<sub>3</sub> u tlu utvrđeni sadržaj ovisno o tretmanu, dubini uzorkovanja tla i pokusnim tretmanima varirao je od 43,9 % do 79,9 %.





**Grafikon 19.** Prosječne vrijednosti sadržaja nitratnog dušika u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 30-50 cm u razdoblju od 1996. do 2014.



**Grafikon 20.** Prosječne vrijednosti sadržaja nitratnog dušika u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 50-80 cm u razdoblju od 1996. do 2014.

**Tablica 24.** Varijabilnost sadržaja nitratnog dušika (mg/kg) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2014. godine na dubini od 0-30 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	24,9	7,5	9,8	11,8	5,2	9,9	23,1	18,0	24,5	11,3	8,1	31,1	10,2	10,0	25,7	28,7	17,0	24,5	7,0	16,2	8,4	52,0	5,2	31,1	52,0
N0 PK	7,3	13,7	9,0	10,8	6,4	7,4	19,5	16,1	23,0	10,5	8,9	33,4	7,4	11,9	24,0	23,3	32,6	17,6	9,8	15,4	8,4	55,0	6,4	33,4	55,0
N100 PK	15,2	23,2	15,2	21,2	10,6	13,4	71,1	50,1	45,3	20,9	13,4	64,3	27,9	18,5	25,0	36,7	27,2	31,2	11,4	28,5	17,6	61,9	10,6	71,1	61,9
N150 PK	73,9	12,7	21,1	31,7	7,2	21,2	96,7	68,5	70,3	47,1	17,6	64,5	45,0	27,6	44,9	42,7	32,8	43,2	26,9	41,9	23,8	56,9	7,2	96,7	56,9
N200 PK	60,4	26,3	48,5	70,9	18,8	52,1	114,0	88,1	72,8	85,5	34,7	79,7	52,4	33,3	64,0	42,7	62,6	85,5	61,5	60,7	24,1	39,7	18,8	114,0	39,7
N250 PK	66,8	57,5	66,3	89,4	49,4	68,1	203,0	154,9	104,7	79,9	36,5	87,0	76,0	57,5	58,5	47,3	45,0	86,7	87,4	80,1	39,9	49,9	36,5	203,0	49,9
N250 PK+Fg	226,0	47,4	75,1	87,2	25,1	53,6	170,1	130,7	123,8	55,9	31,2	96,8	109,3	56,7	85,7	54,4	69,6	104,2	70,3	88,0	49,2	55,9	25,1	226,0	55,9
N250 PK+ZtCaCO <sub>3</sub>	59,1	29,5	42,8	111,0	16,7	62,2	124,0	78,6	132,1	60,0	21,2	153,8	63,8	67,5	97,2	41,0	64,0	72,5	58,9	71,3	37,4	52,4	16,7	153,8	52,4
N300 PK	97,3	56,6	102,5	90,1	13,6	60,4	175,6	126,2	191,0	75,7	23,6	104,9	117,9	95,6	106,9	49,9	87,4	121,5	86,6	93,8	44,2	47,1	13,6	191,0	47,1
Black fallow	21,1	17,3	43,7	47,5	34,8	21,2	74,1	94,9	83,6	25,5	49,8	48,8	55,6	41,5	57,0	29,0	38,8	39,7	37,0	45,3	21,0	46,3	17,3	94,9	46,3

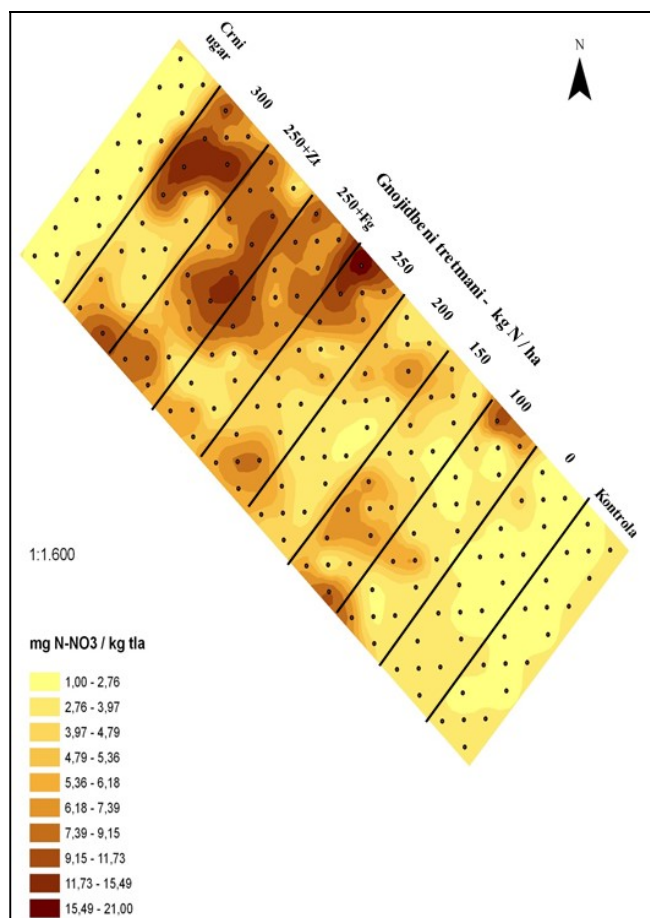
**Tablica 25.** Varijabilnost sadržaja nitratnog dušika (mg/kg) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2014. godine na dubini od 30-50 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	16,1	7,1	9,8	9,9	5,2	12,1	26,6	4,6	17,6	30,7	25,2	11,7	7,8	7,4	26,7	16,2	14,9	7,0	14,2	8,2	57,3	4,6	30,7	57,3
N0 PK	9,3	5,2	11,2	11,7	7,7	6,6	33,8	6,7	12,3	6,6	33,6	5,4	5,0	5,9	14,3	9,0	12,5	6,3	11,3	8,6	76,7	5,0	33,8	76,7
N100 PK	16,6	24,8	13,7	24,9	14,0	15,7	53,1	9,2	11,9	4,8	52,5	33,6	10,8	5,6	25,5	12,7	26,0	13,7	20,5	14,0	68,5	4,8	53,1	68,5
N150 PK	65,1	13,2	15,0	27,8	8,8	12,1	114,9	45,5	25,6	29,1	62,7	35,2	14,9	10,6	37,3	32,5	35,8	11,1	33,2	26,5	79,9	8,8	114,9	79,9
N200 PK	47,2	34,8	31,9	46,4	14,2	36,0	77,2	57,7	56,8	27,1	97,0	71,4	25,7	8,5	40,8	49,3	71,9	79,3	48,5	24,0	49,5	8,5	97,0	49,5
N250 PK	21,7	36,3	59,6	73,4	41,5	55,8	130,1	44,9	36,2	23,5	78,0	48,2	47,4	20,8	43,0	83,5	58,2	48,7	52,8	26,4	49,9	20,8	130,1	49,9
N250 PK+Fg	131,7	43,8	46,4	79,5	26,4	48,1	160,2	34,6	23,1	35,0	77,4	68,2	29,5	24,6	45,1	123,9	33,9	23,2	58,6	41,1	70,2	23,1	160,2	70,2
N250 PK+ZtCaCO <sub>3</sub>	50,9	27,8	38,8	109,0	15,3	45,3	66,6	34,2	38,7	22,1	131,7	26,7	43,4	20,6	39,8	60,1	39,8	28,9	46,6	30,1	64,6	15,3	131,7	64,6
N300 PK	75,9	46,0	96,0	91,2	15,2	42,3	165,9	38,6	77,5	32,1	74,2	112,2	95,2	27,6	37,6	153,9	66,5	40,9	71,6	42,2	59,0	15,2	165,9	59,0
Black fallow	28,2	15,0	48,0	40,6	28,7	38,1	43,5	55,3	18,7	28,6	24,8	45,3	24,6	12,2	18,4	62,6	19,8	40,1	32,9	14,4	43,9	12,2	62,6	43,9

**Tablica 26.** Varijabilnost sadržaja nitratnog dušika (mg/kg) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2014. godine na dubini od 50-80 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	8,3	5,4	7,9	6,5	4,1	7,1	14,1	1,7	6,3	6,0	9,5	4,0	5,8	7,8	10,6	10,4	6,1	0,9	6,8	3,2	46,9	0,9	14,1	46,9
N0 PK	7,5	5,2	9,3	6,5	7,0	7,0	19,6	1,4	4,0	5,4	13,8	2,6	2,4	3,3	5,7	5,3	3,4	0,9	6,1	4,6	74,6	0,9	19,6	74,6
N100 PK	7,6	6,1	9,8	20,5	9,1	8,7	33,9	1,9	8,2	6,8	24,8	15,9	3,1	5,1	12,8	8,6	9,0	0,9	10,7	8,4	78,3	0,9	33,9	78,3
N150 PK	14,9	5,0	8,6	27,1	5,1	4,8	63,8	22,0	8,5	31,9	24,8	17,3	18,2	9,8	10,9	14,3	10,9	4,9	16,8	14,3	84,9	4,8	63,8	84,9
N200 PK	81,3	27,9	17,6	31,1	15,4	16,3	48,4	29,3	28,4	14,8	61,2	39,7	36,5	15,7	15,6	19,1	32,3	23,7	30,8	17,9	58,1	14,8	81,3	58,1
N250 PK	33,0	33,9	29,4	42,5	21,5	22,8	72,4	14,5	23,8	10,7	44,9	19,6	82,1	33,2	16,4	17,1	35,6	7,3	31,1	19,8	63,6	7,3	82,1	63,6
N250 PK+Fg	39,1	15,1	29,0	41,2	18,4	32,8	76,7	13,1	16,6	34,4	39,6	31,7	61,9	22,7	17,1	27,3	21,5	20,8	31,0	16,7	53,6	13,1	76,7	53,6
N250 PK+ZtCaCO <sub>3</sub>	27,1	18,5	17,3	49,8	12,3	28,2	62,9	10,5	18,6	14,6	86,0	23,5	34,1	28,9	20,6	28,4	19,1	12,8	28,5	19,6	68,6	10,5	86,0	68,6
N300 PK	21,9	19,4	79,1	64,5	17,9	32,4	132,5	20,6	38,3	26,7	46,2	37,7	37,0	38,2	16,8	18,5	21,9	50,7	40,0	28,7	71,8	16,8	132,5	71,8
Black fallow	12,3	5,7	34,6	23,4	15,5	29,0	30,7	16,1	15,7	29,6	10,0	27,7	27,3	14,8	9,0	13,2	7,8	17,8	18,9	9,0	47,5	5,7	34,6	47,5

Prostorno promatrano iz slike 9 vidljivo je da su interpolirane vrijednosti sadržaja nitratnog dušika u površinskom sloju tla na primjerice tretmanu s 0 kg N/ha varirale od 1,00 mg/kg do 3,97 mg/kg, na tretmanu s 100 kg N/ha od 1,00 mg /kg do 9,17 mg/kg; na tretmanu s 200 kg N /ha od 1,00 mg /ha do 7,39 mg /kg te na tretmanu s 300 kg N/ha od 2,76 mg/kg do 21,0 mg/kg.



**Slika 9.** Karta sadržaja nitratnog dušika u površinskom sloju tla (0-30 cm) u 2010. godini

Detaljnija vertikalna raspodjela nitratnog dušika prikazana je u tablici 27. Iz tablice je vidljivo da su se pojedinačne vrijednosti sadržaja nitratnog dušika do dubine 2 m kretale u rasponu od 0,95 mg/kg do 90,86 mg/kg ovisno o tretmanima gnojidbe. Promatrajući koeficijente varijabilnosti vidljivo je da je tretman s 200 kg N ha/ha najviše utjecao na varijabilnost sadržaja nitratnog dušika (cv = 60,6 %), a najmanje tretman s 300 kg N/ha na trećoj istraživanoj dubini profila tla (cv = 4,0 %).

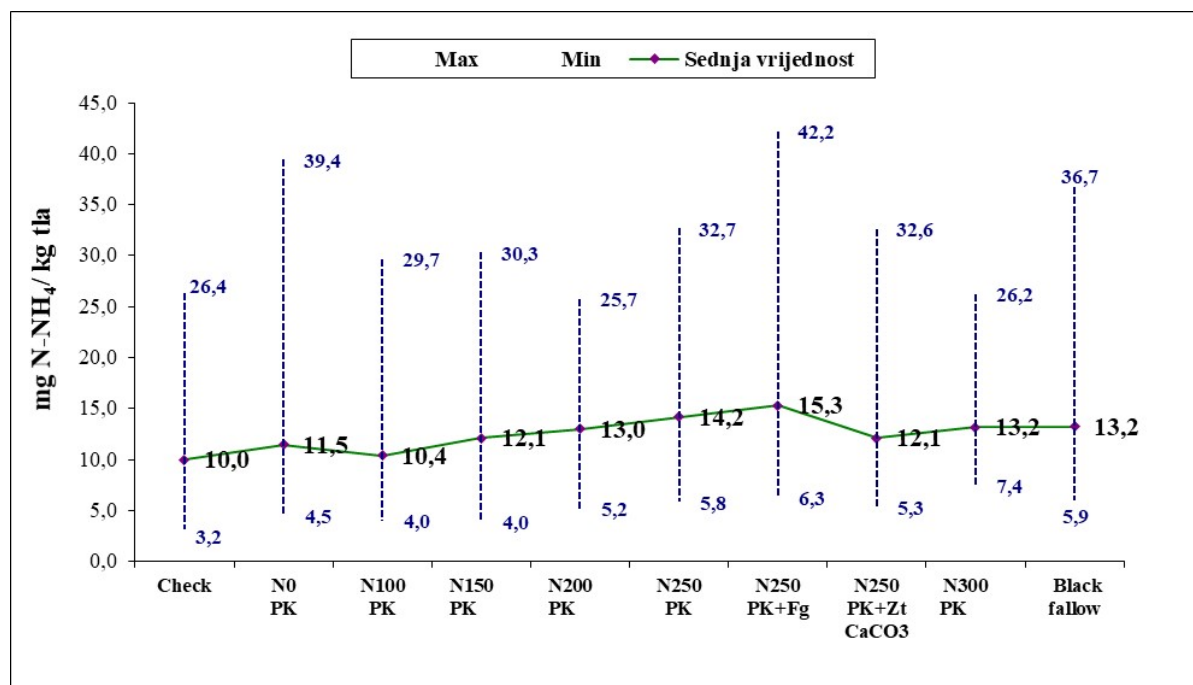
**Tablica 27.** Deskriptivna statistika za vertikalnu varijabilnost sadržaj nitratnog dušika (N-NO<sub>3</sub>) u tlu 2008. godini

Dubina (cm)	Minimum (mg/kg)	Maksimum (mg/kg)	Srednja vrijednost±SD (mg/kg)	Koeficijent varijacije (%)	Varijanca (mg/kg)
<b>0 kg N/ ha</b>					
0 - 25	10,01	12,04	11,15 ± 0,93	8,36	0,87
25 - 50	5,44	7,63	6,69 ± 1,08	16,12	1,16
50 - 75	1,65	2,09	1,79 ± 0,20	11,30	0,04
75 - 100	1,24	1,49	1,34 ± 0,11	8,16	0,01
100 - 125	1,11	1,56	1,34 ± 0,19	14,01	0,03
125 - 150	1,01	1,12	1,08 ± 0,05	4,61	0,01
150 - 175	0,94	1,42	1,16 ± 0,26	21,84	0,06
175 - 200	1,18	1,73	1,33 ± 0,26	19,65	0,07
<b>100 kg N/ ha</b>					
0 - 25	10,15	12,66	11,40 ± 1,04	9,09	1,07
25 - 50	6,05	13,30	9,62 ± 3,54	36,79	12,53
50 - 75	2,49	4,72	3,74 ± 1,14	30,52	1,30
75 - 100	3,27	5,18	3,98 ± 0,87	21,97	0,76
100 - 125	1,65	2,23	1,89 ± 0,31	16,49	0,09
125 - 150	0,99	2,17	1,50 ± 0,50	33,58	0,25
150 - 175	1,04	1,52	1,25 ± 0,22	17,63	0,05
175 - 200	0,99	1,27	1,13 ± 0,14	12,36	0,02
<b>200 kg N/ ha</b>					
0 - 25	11,20	13,01	12,25 ± 0,85	6,96	0,73
25 - 50	6,91	12,28	9,68 ± 2,27	23,44	5,15
50 - 75	6,69	9,87	8,59 ± 1,51	17,60	2,28
75 - 100	6,15	7,39	6,74 ± 0,60	8,97	0,36
100 - 125	4,55	7,70	6,60 ± 1,43	21,78	2,07
125 - 150	3,28	5,16	4,37 ± 0,84	19,22	0,71
150 - 175	3,14	5,46	4,12 ± 1,08	26,26	1,74
175 - 200	3,06	3,53	3,32 ± 0,20	6,14	0,04
<b>300 kg N/ ha</b>					
0 - 25	19,57	25,10	21,59 ± 2,59	12,04	6,75
25 - 50	16,14	16,66	16,47 ± 0,22	1,39	0,05
50 - 75	10,83	13,46	12,14 ± 1,37	11,31	1,88
75 - 100	7,70	12,20	9,47 ± 1,91	20,26	3,68
100 - 125	7,11	9,52	8,52 ± 1,09	12,80	1,19
125 - 150	8,40	9,45	8,90 ± 0,45	5,02	0,20
150 - 175	8,32	9,20	8,84 ± 0,40	4,57	0,16
175 - 200	5,89	7,12	6,68 ± 0,58	8,71	0,34

### 3.1.7. Varijabilnost sadržaja amonijskog dušika (N-NH<sub>4</sub>)

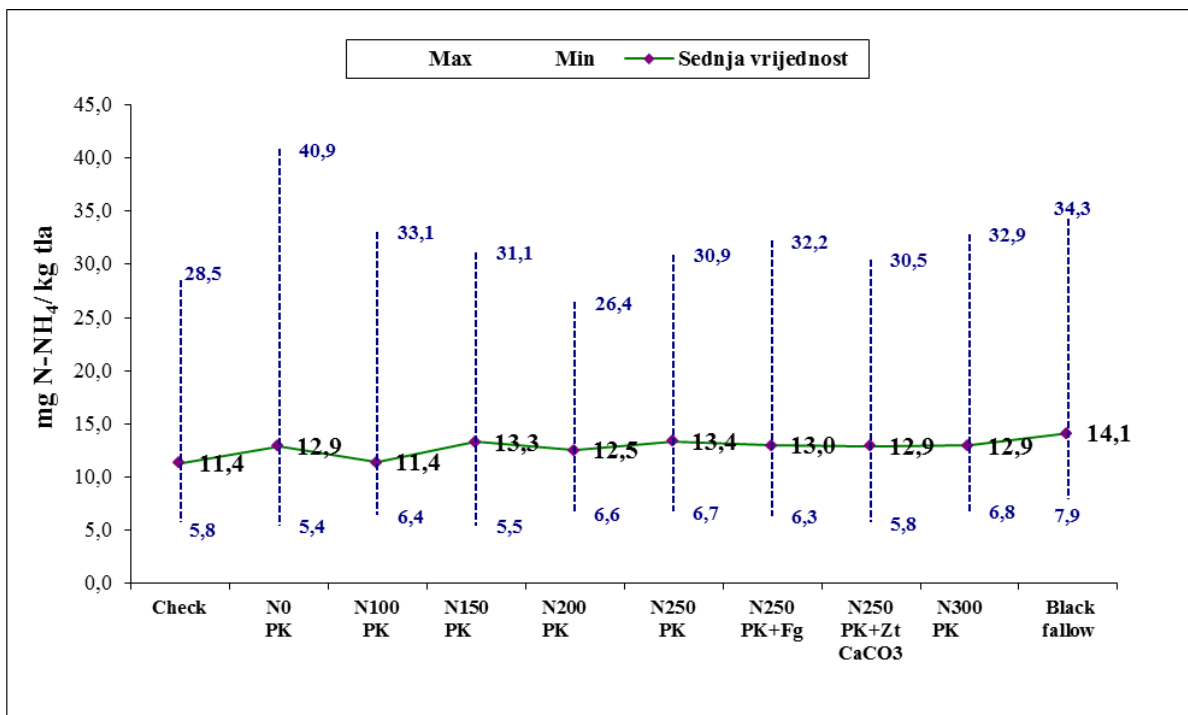
Za razliku od nitratnog dušika, amonijski dušik nije toliko mobilan i veže se na adsorpcijski kompleks u tlu pa u njemu egzstira u nižim koncentracijama u odnosu na nitratni dušik. Slijedom navedenog u površinskom sloju tla prosječni sadržaj amonijskog dušika varirao je od 10,0 mg/kg do 15,3 mg/kg (grafikon 21). Iz istog grafikona se uočava da je u donosu na negnojenu kontrolu najveće povećanje sadržaja amonijskog dušika i to za 53 % utvrđeno na tretmanu s 250 kg/ha primijenjenog dušika u kombinaciji s fosfogipsom.. Promatrajući pojedinačne utvrđene vrijednosti uočava se da je na spomenutom tretmanu

ujedno utvrđena i najviša pojedinačna vrijednost u iznosu od 42,2 mg/kg također na početku istraživanja u 1996. godini kako je prikazano u tablici 28.

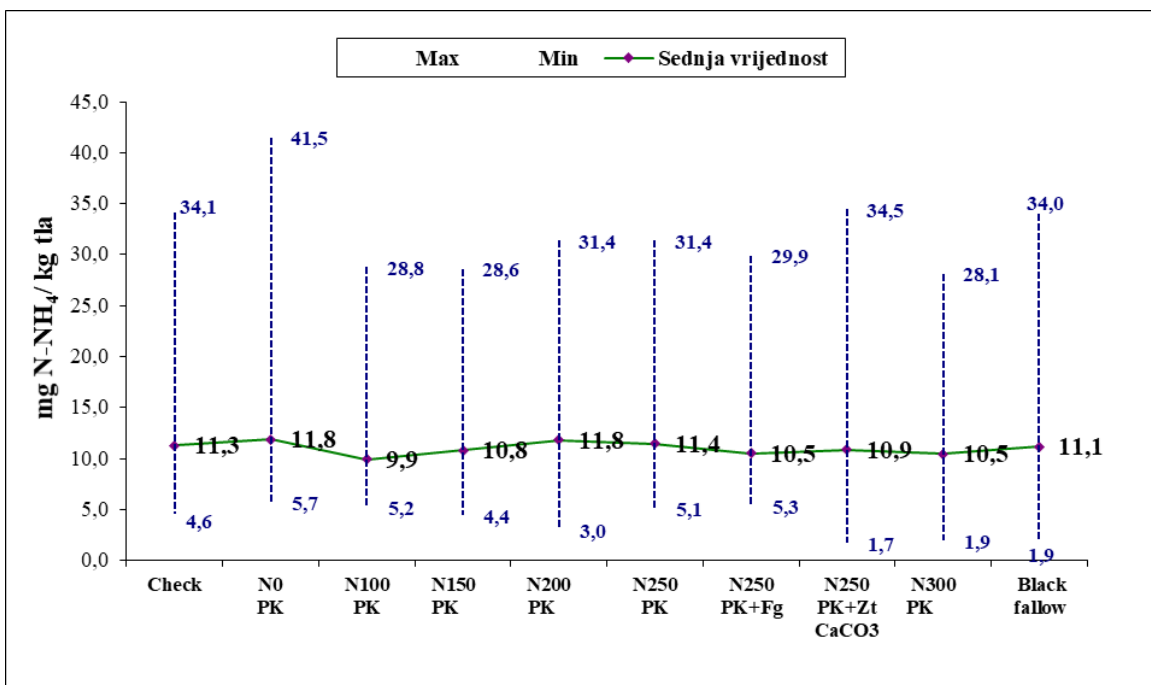


**Grafikon 21.** Prosječne vrijednosti sadržaja amonijskog dušika u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 0-30 cm u razdoblju od 1996. do 2014.

U drugom sloju tla (30-50 cm) prosječni sadržaj amonijskog dušika varirao je u rasponu od 11,4 mg/kg do 14,1 mg/kg (grafikon.22), a na dubini od 50-80 cm od 9,9 mg/kg do 11,4 mg/kg (grafikon 23). Detaljnija raspodjela sadržaja N-NH<sub>4</sub> prema godinama uzorkovanja i pokusnim tretmanima uz parametre opisne statistike prikazana je u tablicama 28. (dubina 0-30 cm), 29 (dubina 30-50 cm) i 30 (dubina 50-80 cm). Uočava se da je sadržaj amonijskog dušika u površinskom sloju izrazito varirao od 40,9 % do 87,2 %. (tablica 28). Sličan trend izrazite vremenske varijacije utvrđen je i u dubljim slojevima tla, te je sadržaj amonijskog dušika u prosjeku varirao za 62,5 % na dubini od 30-50 cm i 74,1 % u sloju od 50-80 cm.



**Grafikon 22.** Prosječne vrijednosti sadržaja amonijskog dušika u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 30-50 cm u razdoblju od 1996. do 2014.



**Grafikon 23.** Prosječne vrijednosti sadržaja amonijskog dušika u tlu prema pokusnim tretmanima na dubini od 50-80 cm u razdoblju od 1996. do 2014.

**Tablica 28. Varijabilnost sadržaja amonijskog dušika (mg/kg) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2014. godine na dubini od 0-30 cm**

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	8,9	5,7	26,4	11,7	12,1	26,4	8,6	7,6	8,5	7,0	3,2	6,8	9,7	6,4	5,1	9,0	7,3	9,1	10,2	10,0	6,2	61,8	3,2	26,4	61,8
N0 PK	9,5	6,0	39,4	11,9	11,1	39,4	8,5	8,7	7,7	7,5	4,5	6,6	8,8	9,0	5,4	6,9	10,0	8,8	8,5	11,5	10,0	87,2	4,5	39,4	87,2
N100 PK	7,3	7,4	29,7	13,2	10,9	29,7	8,2	8,8	7,5	5,7	4,0	8,4	11,2	8,0	6,1	8,9	6,6	9,2	7,1	10,4	7,1	68,2	4,0	29,7	68,2
N150 PK	12,7	6,4	30,3	13,4	14,8	30,3	11,9	8,6	8,5	8,0	4,0	9,2	12,5	9,6	7,5	11,0	10,6	10,5	10,5	12,1	6,9	57,0	4,0	30,3	57,0
N200 PK	14,6	6,9	25,7	12,8	15,0	25,7	11,1	15,6	17,4	11,1	5,2	10,8	11,6	11,1	10,6	10,6	9,7	11,3	9,9	13,0	5,3	40,9	5,2	25,7	40,9
N250 PK	13,2	5,8	32,7	15,2	17,9	32,7	13,6	16,4	13,9	12,4	6,6	13,0	11,4	10,2	8,5	11,4	11,9	10,7	12,0	14,2	7,2	50,4	5,8	32,7	50,4
N250 PK+Fg	42,2	6,3	32,9	8,7	16,4	32,9	13,6	22,3	9,8	9,9	7,4	9,3	12,2	9,9	9,0	11,3	13,3	10,9	12,0	15,3	10,0	65,5	6,3	42,2	65,5
N250 PK+ZtCaCO <sub>3</sub>	5,4	6,9	32,6	14,4	16,4	32,6	11,3	13,1	11,6	9,5	5,3	9,5	8,6	7,7	7,5	10,3	9,4	9,0	8,6	12,1	7,8	64,2	5,3	32,6	64,2
N300 PK	10,4	7,6	26,2	12,9	17,7	26,2	21,4	16,4	10,9	10,5	7,4	9,0	11,5	9,2	8,3	12,4	12,0	11,5	8,6	13,2	5,8	44,2	7,4	26,2	44,2
Black fallow	7,1	9,1	36,7	15,3	20,9	36,7	17,9	12,2	11,6	9,1	5,9	6,3	8,6	7,2	9,1	10,3	9,2	10,4	7,9	13,2	9,1	69,0	5,9	36,7	69,0

**Tablica 29. Varijabilnost sadržaja amonijskog dušika (mg/kg) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2014. godine na dubini od 30-50 cm**

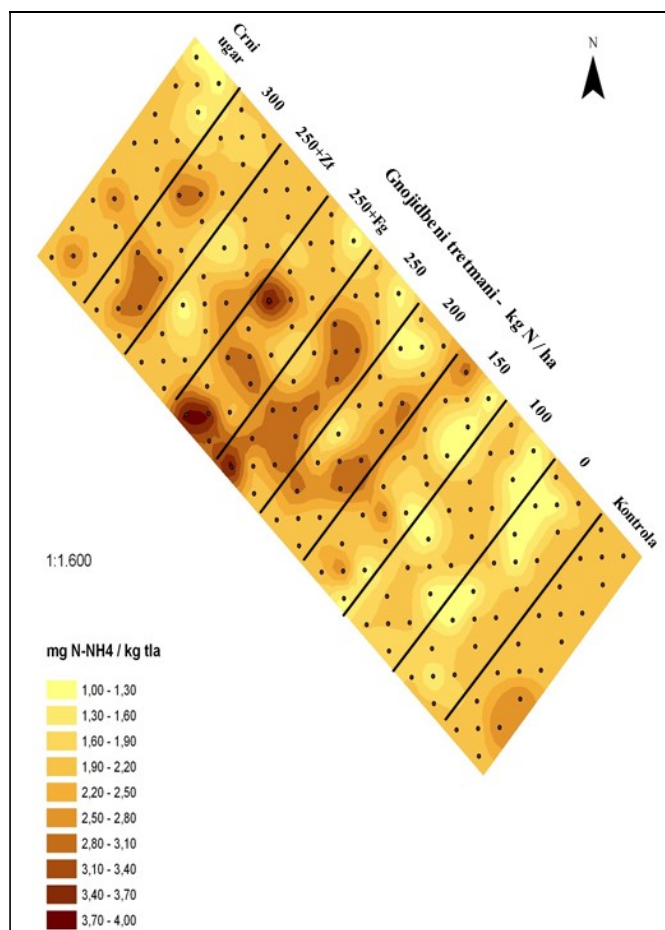
Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	7,9	6,5	28,5	12,1	12,9	28,5	19,6	11,3	6,1	11,2	7,5	9,0	6,6	5,8	7,3	5,9	8,2	9,5	11,4	7,1	62,6	5,8	28,5	62,6
N0 PK	7,8	5,4	40,9	11,9	15,9	40,9	21,1	10,9	7,4	9,1	8,0	9,0	7,6	5,9	7,1	6,9	8,4	8,6	12,9	10,8	83,9	5,4	40,9	83,9
N100 PK	7,2	6,9	33,1	11,4	10,5	33,1	15,3	6,7	7,3	9,1	7,8	8,0	7,0	6,6	6,4	6,7	8,7	13,6	11,4	8,3	72,6	6,4	33,1	72,6
N150 PK	16,3	6,5	31,1	14,2	16,1	31,1	24,8	10,8	12,7	9,5	7,9	10,5	7,6	5,5	8,7	6,3	9,6	10,2	13,3	8,0	59,9	5,5	31,1	59,9
N200 PK	10,9	6,6	26,4	12,6	14,5	26,4	20,0	12,8	10,2	8,1	10,7	11,7	10,3	6,6	9,1	7,2	10,1	11,6	12,5	6,0	47,4	6,6	26,4	47,4
N250 PK	8,3	6,7	30,9	14,1	18,5	30,9	19,6	8,4	14,2	15,8	8,3	11,3	7,3	7,3	9,3	11,3	8,1	10,3	13,4	7,5	55,8	6,7	30,9	55,8
N250 PK+Fg	24,9	8,6	32,2	8,4	13,5	32,2	14,3	8,1	9,3	14,0	8,6	9,7	6,3	7,5	8,7	9,5	8,6	9,0	13,0	8,2	63,0	6,3	32,2	63,0
N250 PK+ZtCaCO <sub>3</sub>	5,8	8,6	30,5	17,4	13,9	30,5	15,7	9,4	18,6	15,2	7,7	6,9	7,4	7,3	8,6	7,5	9,7	11,9	12,9	7,5	57,9	5,8	30,5	57,9
N300 PK	10,1	7,6	32,9	12,3	19,3	32,9	17,1	8,3	10,4	13,0	8,4	12,4	6,8	7,2	8,7	8,3	9,3	8,1	12,9	8,0	61,7	6,8	32,9	61,7
Black fallow	8,0	8,7	34,3	13,9	20,5	34,3	21,7	7,9	10,7	15,9	9,3	14,2	8,3	10,1	9,5	8,2	10,1	8,4	14,1	8,4	59,9	7,9	34,3	59,9



**Tablica 30.** Varijabilnost sadržaja amonijskog dušika (mg/kg) u tlu i parametri opisne statistike za razdoblje od 1996.-2014. godine na dubini od 50-80 cm

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	Mean	STD	RSD	min	max	CV, %
Check	7,3	7,3	34,1	9,8	17,2	34,1	9,6	4,6	8,2	10,7	7,2	7,6	7,2	6,8	6,2	7,1	7,8	10,3	11,3	8,7	77,2	4,6	34,1	77,2
N0 PK	5,7	5,7	41,5	12,6	13,8	41,5	8,4	7,0	8,0	9,3	7,8	8,3	7,3	8,6	6,7	6,8	7,2	7,0	11,8	11,0	92,8	5,7	41,5	92,8
N100 PK	6,8	6,8	28,8	10,7	12,3	28,8	8,4	5,3	7,5	9,7	7,8	6,7	6,2	6,2	6,2	5,2	6,9	8,8	9,9	7,1	71,3	5,2	28,8	71,3
N150 PK	6,1	6,1	28,6	12,5	14,3	28,6	10,1	4,4	12,7	12,9	8,0	7,5	6,7	5,7	7,0	7,2	7,5	9,0	10,8	7,1	65,1	4,4	28,6	65,1
N200 PK	13,8	13,8	31,4	10,5	13,6	31,4	9,1	3,0	8,9	10,1	8,4	8,8	8,1	6,7	10,7	6,8	9,4	8,7	11,8	7,6	64,0	3,0	31,4	64,0
N250 PK	7,8	7,8	31,4	12,9	19,7	31,4	10,4	5,2	8,7	7,6	8,1	8,8	9,3	5,1	10,5	6,3	7,5	7,5	11,4	8,0	69,6	5,1	31,4	69,6
N250 PK+Fg	6,9	6,9	29,9	14,4	9,9	29,9	11,2	5,3	8,6	7,5	8,0	7,3	8,4	6,1	8,3	6,4	7,1	7,0	10,5	7,4	69,9	5,3	29,9	69,9
N250 PK+ZtCaCO <sub>3</sub>	5,5	5,5	34,5	15,2	13,5	34,5	10,0	1,7	6,6	10,9	8,2	6,6	6,7	6,3	10,6	5,7	6,8	7,1	10,9	9,1	84,1	1,7	34,5	84,1
N300 PK	6,4	6,4	28,1	11,0	15,2	28,1	11,4	1,9	6,4	8,9	9,1	7,4	8,8	6,8	11,1	6,9	7,3	7,5	10,5	7,0	66,7	1,9	28,1	66,7
Black fallow	7,1	7,1	34,0	14,5	15,2	34,0	7,9	1,9	8,2	11,1	7,0	6,2	7,7	6,0	11,3	4,8	8,1	8,6	11,1	8,9	79,8	1,9	34,0	79,8

Površinska prostorna raspodjela amonijskog dušika prikazana je na slici 10. Iz slike je vidljivo da su interpolirane vrijednosti sadržaja amonijskog dušika varirale od 1,0 mg/kg do 2,5 mg/kg na većini pokusnih tretmana. Nešto više vrijednosti od 3,1 do 4,0 uočavaju se na dijelu površine s tretmanima na kojima je primijenjeno 250 kg N/ha u kombinaciji s fosfogipsom. Svakako treba izdvojiti da je utvrđena i značajna negativna jaka ovisnost između sadržaja N-NH<sub>4</sub> prikazanog na slici 8 i pH vrijednosti prikazane na slici 1 pri čemu je koeficijent korelacije (r) iznosio -0,540.



**Slika10.** Karta sadržaja amonijskog dušika u površinskom sloju tla (0-30 cm) u 2010. godini

Za dodani uvid u dinamiku amonijskog dušika u nastavku je prikazana njegova vertikalna varijabilnost. Iz tablice 31 vidljivo je da su se pojedinačne vrijednosti sadržaja amonijskog dušika do dubine 2 m kretale u rasponu od 0,001 mg/kg do 11,42 mg/kg ovisno o tretmanima gnojidbe. Svi tretmani podjednako su utjecali na varijabilnost sadržaja amonijskog dušika u tlu, a srednje vrijednosti koeficijentata varijacije za svih osam istraživanih dubina bile su u rasponu od 50,7 % (0 kg N ha<sup>-1</sup>) do 65,9 % (300 kg N ha<sup>-1</sup>).

**Tablica 31.** Deskriptivna statistika za vertikalnu varijabilnost sadržaj amonijskog dušika (N-NH<sub>4</sub>) u tlu 2008. godini

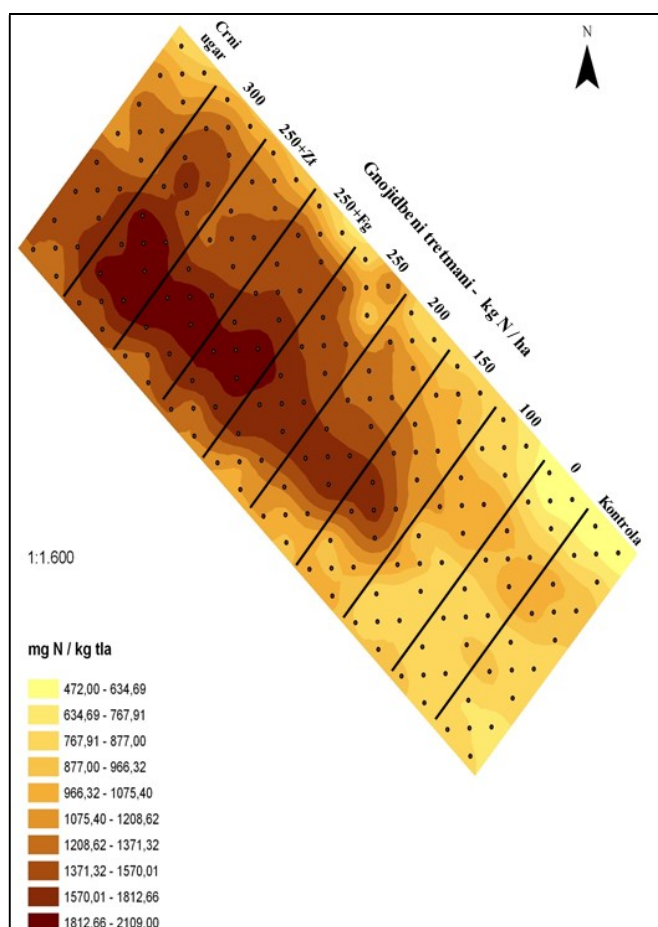
Dubina (cm)	Minimum (mg/kg)	Maksimum (mg/kg)	Srednja vrijednost±SD (mg/kg)	Koeficijent varijacije (%)	Varijanca (mg/kg)
<b>0 kg N/ ha</b>					
0 - 25	0,056	0,179	0,133 ± 0,05	40,75	0,003
25 - 50	0,099	0,142	0,114 ± 0,02	17,08	< 0,001
50 - 75	0,045	0,081	0,067 ± 0,02	25,44	< 0,001
75 - 100	0,028	0,051	0,036 ± 0,01	28,66	< 0,001
100 - 125	0,001	0,081	0,031 ± 0,04	119,26	0,001
125 - 150	0,002	0,025	0,012 ± 0,01	94,23	< 0,001
150 - 175	0,003	0,006	0,004 ± 0,01	30,02	< 0,001
175 - 200	0,003	0,010	0,006 ± 0,01	50,22	< 0,001
<b>100 kg N/ ha</b>					
0 - 25	0,067	0,090	0,079 ± 0,01	11,82	< 0,001
25 - 50	0,056	0,081	0,064 ± 0,01	18,14	< 0,001
50 - 75	0,001	0,086	0,036 ± 0,04	109,25	0,002
75 - 100	0,003	0,058	0,028 ± 0,03	88,85	0,001
100 - 125	0,002	0,036	0,018 ± 0,02	87,51	< 0,001
125 - 150	0,009	0,040	0,021 ± 0,01	61,93	< 0,001
150 - 175	0,019	0,078	0,038 ± 0,03	70,06	0,001
175 - 200	0,002	0,201	0,013 ± 0,01	61,01	< 0,001
<b>200 kg N/ ha</b>					
0 - 25	1,024	1,252	1,128 ± 0,10	9,11	0,011
25 - 50	0,050	0,510	0,236 ± 0,21	87,87	0,043
50 - 75	0,059	0,091	0,069 ± 0,01	21,38	< 0,001
75 - 100	0,027	0,036	0,031 ± 0,01	11,46	< 0,001
100 - 125	0,004	0,074	0,051 ± 0,03	63,29	0,001
125 - 150	0,002	0,074	0,047 ± 0,03	66,07	0,001
150 - 175	0,001	0,103	0,042 ± 0,05	111,8	0,002
175 - 200	0,004	0,049	0,026 ± 0,03	98,51	0,001
<b>300 kg N/ ha</b>					
0 - 25	3,458	11,42	7,129 ± 3,37	47,25	11,35
25 - 50	0,003	2,186	0,689 ± 1,02	148,0	1,043
50 - 75	0,019	0,295	0,133 ± 0,13	100,2	0,017
75 - 100	0,029	0,059	0,039 ± 0,01	34,03	< 0,001
100 - 125	0,024	0,069	0,044 ± 0,02	45,05	< 0,001
125 - 150	0,006	0,026	0,013 ± 0,01	66,65	< 0,001
150 - 175	0,004	0,010	0,008 ± 0,01	35,77	< 0,001
175 - 200	0,016	0,051	0,030 ± 0,02	50,55	< 0,001

### 3.1.8. Varijabilnost sadržaja ukupnog dušika

Uzimajući u obzir činjenicu da je tijekom 22-godišnjeg istraživanja jedan od ciljeva bio utvrditi i vremensku raspodjelu mineralnog dušika u tlu točnije raspodjelu nitratnog i amonijskog oblika čiji se je sadržaj tijekom svake godine istraživanja analizirao, sadržaj ukupnog dušika nije bio u tolikoj mjeri u fokusu istraživanja, stoga su uzorci tla svega nekoliko puta bili analiziran na sadržaj ovog parametra. Uvažavajući navedeno za ovaj

parametar neće biti prikazana vremenska raspodjela prema pokusnim tretmanima kao niti parametri opisne statistike utvrđeni za 22-godišnje razdoblje.

Površinska prostorna raspodjela ukupnog dušika prikazana je na slici 11. Iz slike je vidljiva proporcionalna akumulacija ukupnog dušika s rastućim dozama primijenjenog dušika. Interpolirane vrijednosti sadržaja ukupnog dušika na prva tri tretmana (kontrola, 0 i 100 kg N/ha) varirale su u istom rasponu od 472 mg/kg do 1075 mg/kg). Povećanje primijenjenih doza dušične gnojidbe postupno je utjecalo na povećanje interpoliranog sadržaja ukupnog dušika. Primjerice sadržaj ukupnog dušika na tretmanu s 200 kg N/ha kretao od 767 mg/kg do 1812 mg/kg, a na tretmanu s 300 kg N/ha od 1075 mg/kg do 2109 mg/kg. Svakako treba izdvojiti da je utvrđena i značajna negativna jaka ovisnost između sadržaja ukupnog dušika prikazanog na slici 9 i pH vrijednosti prikazane na slici 1. pri čemu je koeficijent korelacije ( $r$ ) iznosio - 0,574.



**Slika 11.** Karta sadržaja ukupnog dušika u površinskom sloju tla (0-30 cm) u 2010. godini

Za dodani uvid u dinamiku ukupnog dušika u nastavku je prikazana njegova vertikalna varijabilnost. Iz tablice 32 vidljivo je da su se pojedinačne vrijednosti sadržaja ukupnog dušika do dubine 2 m kretale u rasponu od 9,12 mg/kg do 2114,5 mg/kg ovisno o tretmanima gnojidbe i promatranoj dubini.

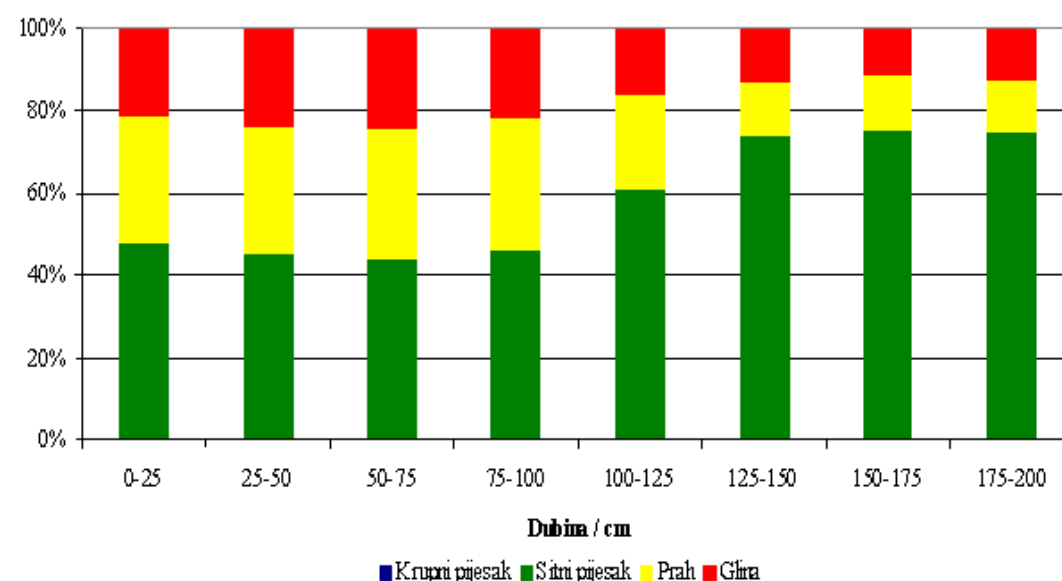
**Tablica 32.** Deskriptivna statistika za vertikalnu varijabilnost sadržaj ukupnog dušika u tlu 2008. godine

Dubina (cm)	Minimum (mg/kg)	Maksimum (mg/kg)	Srednja vrijednost±SD (mg/kg)	Koeficijent varijacije (%)	Varijanca (mg/kg)
<b>0 kg N / ha</b>					
0 - 25	1091,0	1264,4	1179,6 ± 81,0	6,86	6563,0
25 - 50	545,7	748,1	649,6 ± 82,7	12,7	6836,4
50 - 75	194,7	358,7	269,9 ± 71,5	26,4	5107,8
75 - 100	139,6	517,8	287,5 ± 161,9	56,3	26223
100 - 125	141,9	351,8	270,4 ± 94,9	35,1	9022,5
125 - 150	10,2	23,1	14,3 ± 5,93	41,5	35,2
150 - 175	10,1	20,3	15,4 ± 4,41	28,6	19,5
175 - 200	9,12	22,8	15,5 ± 7,11	45,9	50,6
<b>100 kg N / ha</b>					
0 - 25	1018,2	1373,5	1192,7 ± 159,7	13,3	25503
25 - 50	472,4	842,2	609,4 ± 160,8	26,3	25852
50 - 75	135,7	554,2	362,3 ± 181,4	50,1	32929
75 - 100	258,4	409,2	360,5 ± 72,3	19,7	5229,3
100 - 125	134,6	48,3	317,5 ± 127,1	40,0	16164
125 - 150	10,4	25,4	16,5 ± 6,95	41,9	48,2
150 - 175	10,3	25,8	16,8 ± 7,61	45,2	57,9
175 - 200	13,9	19,6	16,4 ± 2,47	15,1	6,12
<b>200 kg N / ha</b>					
0 - 25	1803,3	1877,2	1824,3 ± 35,4	1,93	1250,5
25 - 50	642,3	1456,3	1102,6 ± 346,4	31,4	119979
50 - 75	240,3	420,0	332,7 ± 99,4	29,8	9874,1
75 - 100	192,8	380,7	256,9 ± 87,6	34,1	7680,6
100 - 125	147,7	408,6	276,1 ± 118,3	42,8	14005
125 - 150	17,9	32,9	27,1 ± 6,48	23,9	42,1
150 - 175	19,8	30,4	25,5 ± 4,23	16,6	17,9
175 - 200	19,6	31,9	26,8 ± 5,58	20,8	31,2
<b>300 kg N / ha</b>					
0 - 25	1828,6	2114,5	1942,6 ± 128,3	6,60	16462
25 - 50	708,7	1816,7	1203,4 ± 496,1	41,2	246197
50 - 75	202,4	569,5	400,5 ± 164,8	41,1	27182
75 - 100	236,1	497,5	349,9 ± 120,9	34,5	14633
100 - 125	176,5	291,5	235,5 ± 56,3	23,9	3169,8
125 - 150	22,6	62,7	42,4 ± 19,9	46,9	395,5
150 - 175	19,5	55,9	33,8 ± 16,3	47,9	263,5
175 - 200	23,6	48,8	32,4 ± 11,8	36,4	139,6

Promatrajući koeficijente varijacije uočava se da su sva četiri tretmana gnojidbe podjednako utjecala na varijabilnost sadržaja ukupnog dušika. Najniži koeficijenti varijacije utvrđeni su na prvoj dubini (0-25 cm) u odnosu na ostalih sedam istraživanih dubina i kretali su se u rasponu 1,93 % (200 kg N/ha) do 13,3 % (100 kg N/ha). Predočena vertikalna

raspodjela ovisna je o udjelima frakcija mehaničkih elemenata tla (grafikon 25). Tako je utvrđena jaka i pozitivna povezanost između predočenog sadržaja ukupnog dušika (tablica 3.23) i krupnog pijeska u tlu ( $r = 0,571$ ), ukupnog dušika i praha ( $r = 0,539$ ) te ukupnog dušika i gline ( $r = 0,518$ ).

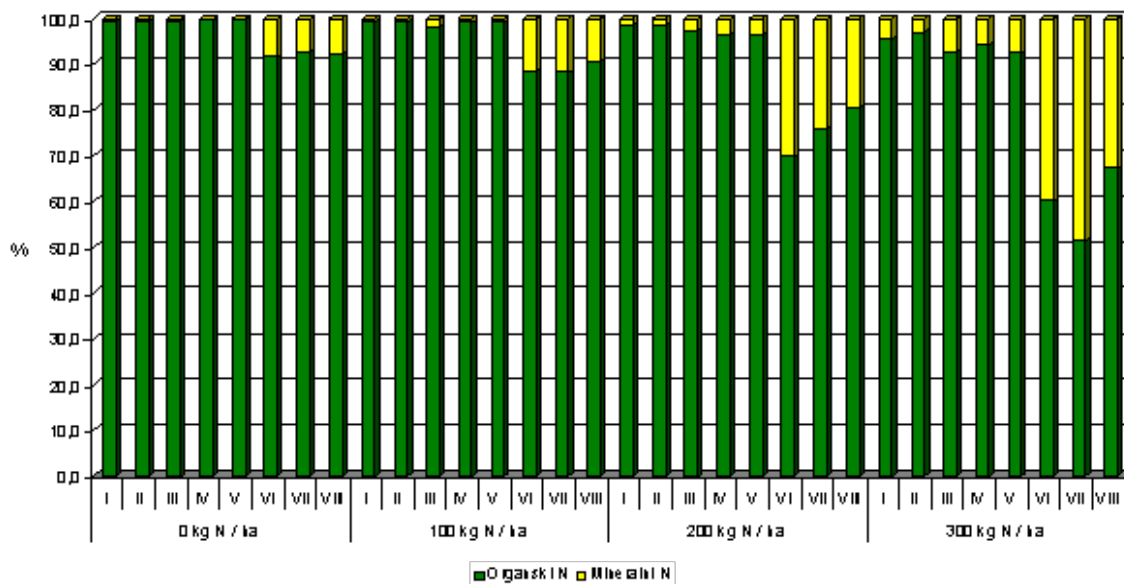
Vertikalna raspodjela udjela frakcija mehaničkih elemenata tla u natrijevom pirofosfatu prikazana je na grafikonu 24. Utvrđeni udio krupnog pijeska duž cijelog profila tla iznosio je manje od 1 % i kretao se u rasponu od 0,09 % do 0,70 %. Udjeli sitnog pijeska, praha i gline grupirali su se unutar tri dubine. Tako je do dubine jednog metra (0-100 cm) srednja vrijednost udjela sitnog pijeska iznosila 45,8 %, praha 31,3 %, a gline 22,9 %. Porastom dubine za 25 cm (100-125 cm) udio sitnog pijeska porastao je na 60,5 %, a praha i gline se smanjio na 23,2 % odnosno 16,3 %. Na posljednje tri istraživane dubine (125-200 cm) tla zabilježen je daljnji trend porasta udjela sitnog pijeska, te smanjena udjela praha i gline. Tako je sitni pijesak dominirao sa srednjom vrijednošću od 74,5 %, a udjeli praha i gline redom su iznosili 13,0 % i 12,5 %.



**Grafikon 24.** Udjeli frakcija mehaničkih elemenata u tlu na pokusnoj površini u 2008. godini.

U konačnici ako bi se povezali utvrđeni sadržaji mineralnog dušika (nitratnog i amonijskog) predočeni u tablicama 27 i 31 sa prikazanim sadržajem ukupnog dušika u tablici 32, a uvažavajući činjenicu da je ukupni dušik sačinjen od organskog i anorganskog (mineralnog) dijela jednostavnim matematičkim proračunom može se utvrditi i raspodjela

mineralne i organske komponente u ukupnom dušiku prema izdvojenim pokusnim tretmanima i promatranim dubinama do dva metra što je prikazano na grafikonu 25. Na grafikonu su prikazani udjeli organske (zeleni dio stupca) i mineralne komponente (žuti dio stupca) dušika u ukupnom dušiku tla prema tretmanima gnojidbe i dubinama uzorkovanja također u 12. godini istraživanja (2008. godina). Rimski brojevi na grafikonu označavaju osam dubina uzorkovanja: I - 0-25 cm; II - 25-50 cm; III - 50-75; IV - 75-100 cm; V- 100-125 cm; VI - 125-150 cm; VII - 150-175 cm; VIII -175-200 cm. Vidljivo je da je postotak mineralnog dušika najveći u dubljim slojevima profila tla (125-200 cm) i da raste s porastom primijenjenih doza dušične gnojidbe. Tako je u spomenutom sloju tla udio mineralnog dušika iznosio 7,8 % (0 kg N/ha), 10,9 % (100 kg N/ha), 24,6 % (200 kg N/ha) i 40,3 % (300 kg N/ha).



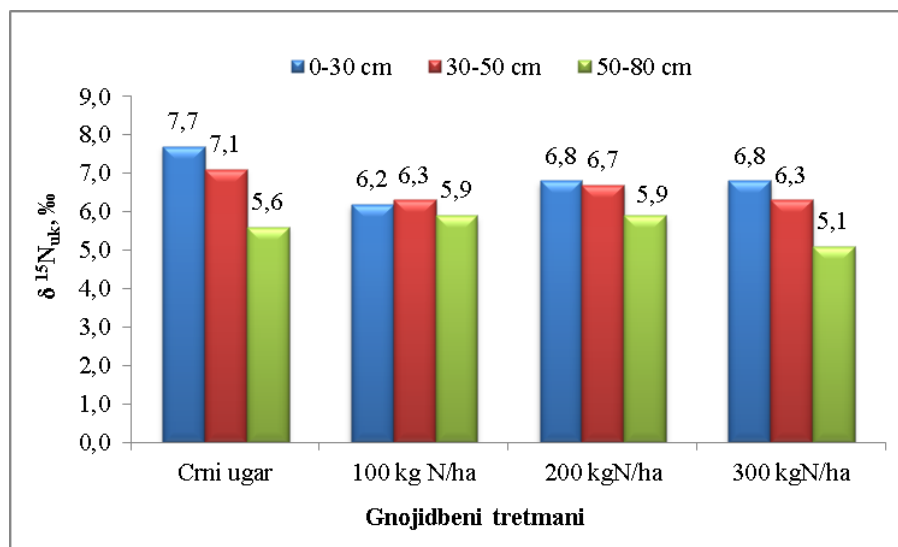
**Grafikon 25.** Varijabilnost udjela organske i mineralne komponente u ukupnom dušiku s obzirom na gnojidbene tretmane i dubinu tla u 2008. godini

### 3.1.9. Varijabilnost izotopnog sastava dušika

Dušik se u prirodi nalazi kao smjesa dvaju stabilnih izotopa,  $^{14}\text{N}$  i  $^{15}\text{N}$ . Primjena metode praćenja izotopa  $^{15}\text{N}$  dovela je do napretka u razumijevanju kruženja dušika u sustavu tlo-biljka. Prirodni izotopni potpis dušika u kopnenom okolišu uvjetovan je složenošću njegovog ciklusa, uključujući sve njegove brojne transformacije kao i stupnjeve izotopnog frakcioniranja. U uzorcima tla sa zadnjeg uzorkovanja provedenog u 2018. godini prema

izdvojenim pokusnim tretmanima (0, 100, 200 i 300 kg N/ha) EA-IRMS metodom utvrđen je izotopni sastav dušika odnosno udio  $^{15}\text{N}$  izotopa ( $\delta^{15}\text{N}$ ).

Iz grafikona 26 vidljivo je da su vrijednosti izotopnog dušika varirale u rasponu od + 5,1 ‰ na tretmanu s 300 kg/ha primijenjenog mineralnog dušika na dubini od 50-80 cm do + 7,7 ‰ u površinskom sloju tla kontrolnog tretmana. Kontrolni tretman u ovom slučaju predstavljao je crni ugar. Ako se uzme u obzir da su se od 1996. do 2018. godine na pokusnoj površini izmjenjivale različite formulacije dušičnih gnojiva (NPK (6-18-36, 7-20-30, 10-20-30), urea i KAN) koje su se sezonski primijenjene u već navedenim količinama (100, 200 i 300 kg N/ha) očekivano je bilo da će izotopni potpis dušika u uzorcima s gnojidbenih tretmana biti mineralnog podrijetla, točnije da će ostaviti trag mineralnih gnojiva (NPK 7-20-30, urea, KAN) koja su se primijenila tijekom vegetacije soje u razdoblju od rujna 2017. do lipnja 2018. godine. Za razliku od pretpostavljenog, raspon izotopnog dušika od + 5,1 ‰ do + 6,8 ‰ (grafikon 26) na gnojidbenim tretmanima ukazuje da mu je podrijetlo organski dušik iz tla. Izotopni potpis ( $\delta^{15}\text{N}$ ) organskog dušika u tlu kreće se u rasponu od + 4 ‰ do + 9 ‰ (Heaton, 1986), a različitih formulacija dušičnih gnojiva od -1,7 ‰ do + 3,9 ‰ (Vitoria i sur., 2004).

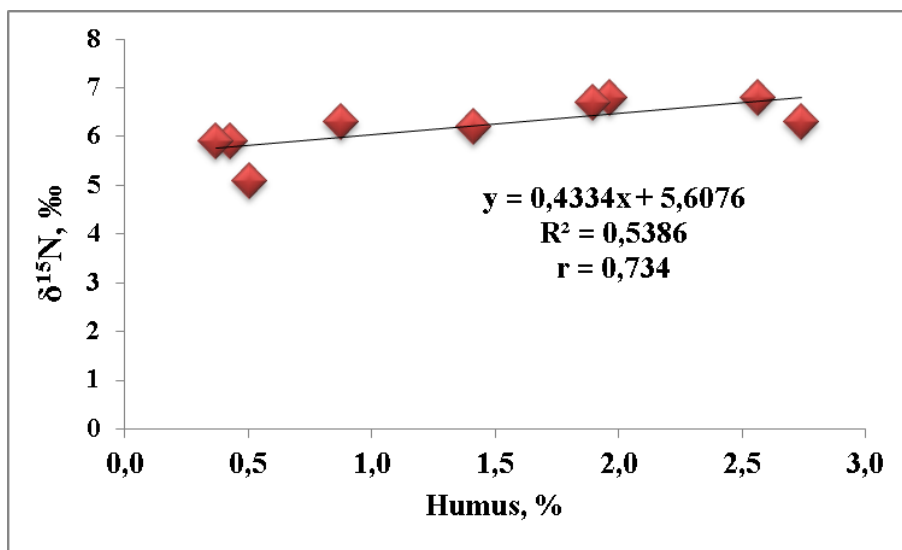


**Grafikon 26.** Varijabilnost  $\delta^{15}\text{N}$  vrijednosti prema rastućim dozama dušične gnojidbe i dubinama profila tla

Tezu da je dušik s gnojidbenih tretmana organskog podrijetla dodatno potvrđuje i korelacijski odnos (grafikon 27) između sadržaja humusa i  $\delta^{15}\text{N}$  vrijednosti koji je pozitivan i jak ( $r = 0,734$ ). Za dodatnu potvrdu ovako utvrđenog podrijetla dušika u tlu (organski N) na



kojemu se 22 godine provodila mineralna dušična gnojidba bilo bi poželjno u apliciranim gnojivima utvrditi  $\delta^{15}\text{N}$  vrijednosti. Ako bi se pokazalo da primijenjena dušična gnojiva imaju izotopni potpis koji je kompatibilan literaturnom rasponu od - 4 ‰ do + 3,9 ‰ (Kendall i sur., 1998; Vitoria i sur., 2004) sa sigurnošću bi se moglo potvrditi da 22 godine mineralne dušične gnojidbe nije ostavilo traga na podrijetlo dušika u pseudogleju, ali je utjecalo na značajnu akumulaciju ukupnog dušika u profilu tla.



**Grafikon 27.** Regresijski model i Pearsonov koeficijent korelacije za  $\delta^{15}\text{N}$  i humus u uzorcima tla s gnojidbenih tretmana iz 2018. godine

## 3.2. Utjecaj na biljni materijal

Kako je već navedeno u razdoblju istraživanja 1996. – 2018., na pokusu su se uzgajale sljedeće test kulture: kukuruz, ozima pšenica, uljana repica, soja i tritikale. Plodored se najčešće sastojao od slijeda: kukuruz (ili soja) - ozima pšenica - uljana repica. Sintetizirani rezultati uključuju analizu prinosa svake test kulture, sadržaja ukupnog dušika u zrnu/sjemenju te izračun agronomske učinkovitosti gnojidbe u godinama istraživanja. Kao relativni indikator učinkovitosti gnojidbe odabrana je agronomska učinkovitost gnojidbe dušikom (AUG) izračunata na temelju jednadžbe:  $AUG = (\text{Prinos}_G - \text{Prinos}_K) / \text{količina N u gnojivu (kg/kg)}$  (G-tretirana parcela; K-kontrola). Statistička analiza razlika u prinosu kultura i sadržaju ukupnog dušika u zrnu/sjemenju prema tretmanima gnojidbe i vegetacijskim godinama provedena je analizom varijance (ANOVA) u statističkom programu Statistica 12 (StatSoft Inc., 2014.). Provjera značajnosti za cjelokupnu statističku analizu izvršena je za razinu vjerojatnosti pogreške od  $p < 0.05$ .

### 3.2.1 Kukuruz

#### 3.2.1.1. Prinos zrna

Tretmani dušične gnojidbe kao i utjecaj klimatskih prilika, genetičkih svojstava hibrida i razvojnih karakteristika, te pedoloških značajki osobito pH tla, rezultirali su širokim rasponom vrijednosti prinosa zrna kukuruza prema godinama istraživanja: od 8,58 dt/ha u 2015. godini na kontrolnom tretmanu do 148,98 dt/ha u 2017.g. na 6. tretmanu s apliciranih 250 kg N/ha. Uzimajući u obzir sve vanjske čimbenike, zabilježen je očekivani utjecaj dušične gnojidbe na prinos kukuruza (grafikon 28). Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti prinosa kukuruza za sedam vegetacijskih godina pod utjecajem devet tretmana mineralne dušične gnojidbe (tablica 33). Prinos je ovisio o razinama dušične gnojidbe, dok su se vrijednosti povećavale s rastućim dozama dušika (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Utvrđena je statistički značajna interakcija „Gnojidba x Godina/Hibrid“ za prinos zrna kukuruza ukazujući na ovisnost razvoja biljke o klimatskim prilikama i režimu vode u tlu, te na značajni utjecaj dušične gnojidbe na svojstva kultivara. Prema rezultatima ANOVA-e za ukupni utjecaj, hibridi su reagirali slično na različite razine gnojidbe dušikom. U svim istraživanim godinama, prinos je najmanji na kontrolnom tretmanu i tretmanu s fosforom i kalijem bez dušika, što ukazuje da gnojidba mineralnim fosforom i kalijem

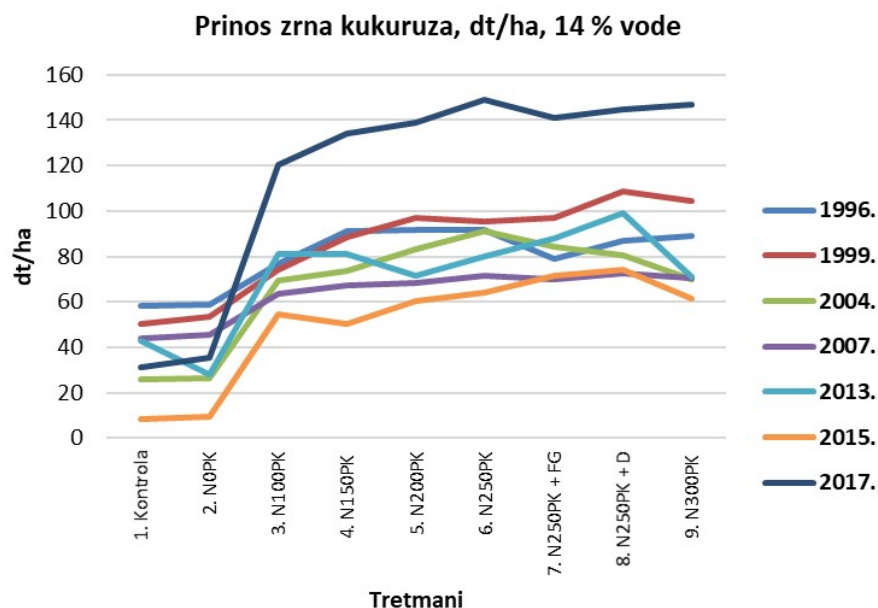
gnojivima nije imala značajan utjecaj na povećanje prinosa kukuruza. Rezultati prinosa za prva dva tretmana ukazuju na činjenicu kako je na pseudoglejnom tlu na kojem je postavljen pokus, dušik iz mineralnih gnojiva bitan čimbenik koji određuje visinu prinosa kukuruza. Količina mineralne gnojidbe dušikom već od 100-150 kg/ha može se smatrati prihvatljivom za ekonomski opravdan prinos kukuruza u navedenim agroekološkim uvjetima. Količina dušika od 250 kg/ha i dodanim fosfogipsom i dolomitom (tretmani 7 i 8) povećava prinos kukuruza, ali isti se nije pokazao statistički značajno višim u odnosu na najmanju dozu dušika u gnojidbi.

Budući da je 2014. godine na 7. i 8. tretmanu pokusa primijenjen kruti stajski gnoj u količinama od 20, odnosno 40 t/ha, te izvršena kalcifikacija cjelokupne površine, jasno je zašto je tri godine poslije, odnosno 2017. godine utvrđen najviši prinos zrna kukuruza u istraživanom razdoblju. Do tada, vrijednosti prinosa kukuruza od osnivanja pokusa 1996. u prosjeku pokazuju silazni trend pod kombiniranim utjecajem postupnog smanjenja pH tla i klimatskih prilika.

**Tablica 33.** Analiza varijance za prinos zrna kukuruza za ukupni utjecaj

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	122272	8	15284	63,42***	0,95
Pogreška	6507	27	241		
Godina/Hibrid	89800	6	14967	55,13***	0,67
Gnojidba x Godina/Hibrid	34434	48	717	2,64***	0,44
Pogreška	43982	162	271		

<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\*p < 0.001; \*\*p < 0.01; \*p < 0.05



**Grafikon 28.** Prinos zrna kukuruza, dt/ha

### 3.2.1.2. Sadržaj dušika u zrnu, % u suhoj tvari

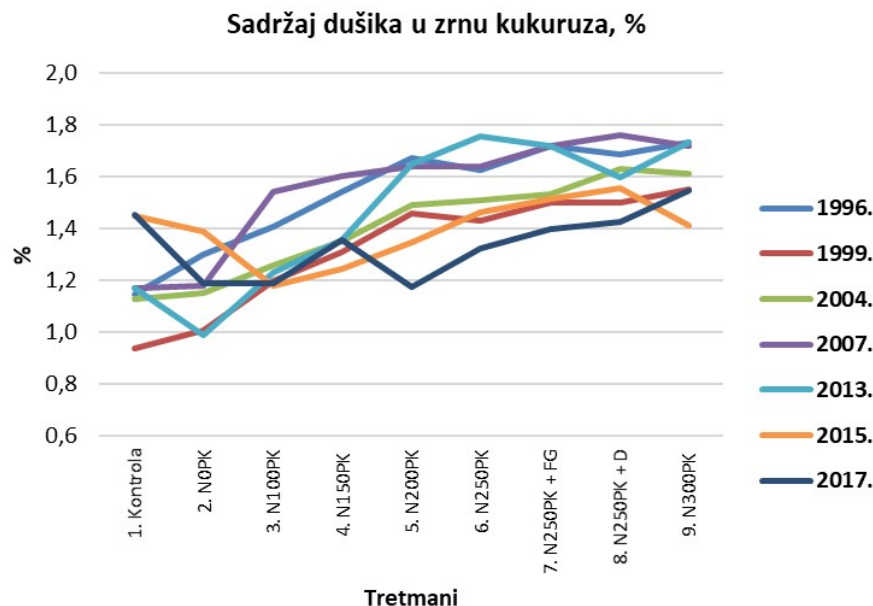
Sadržaj dušika u zrnu kukuruza prikazan je na grafikonu 29. Prema rezultatima analize varijance (tablica 34) za količinu dušika u zrnu, u usporedbi s količinama gnojidbe i vegetacijskim godinama, pokus je statistički opravdan (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Utvrđena je statistički značajna interakcija „Gnojidba x Godina/Hibrid“ za sadržaj dušika u zrnu kukuruza ukazujući na ovisnost razvoja biljke o klimatskim prilikama i režimu vode u tlu, pretkulturi te na značajni utjecaj dušične gnojidbe na svojstva hibrida kukuruza. Prema rezultatima ANOVA-e za ukupni utjecaj, hibridi su reagirali slično na različite razine gnojidbe dušikom.

**Tablica 34.** Analiza varijance za sadržaj dušika u zrnu kukuruza za ukupni utjecaj

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	11,42	8	1,43	122,12***	0,97
Pogreška	0,32	27	0,01		
Godina/Hibrid	95,89	5	19,18	1944,46***	0,99
Gnojidba x Godina/Hibrid	1,15	40	0,0287	2,91***	0,46
Pogreška	1,33	135	0,0099		

<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$

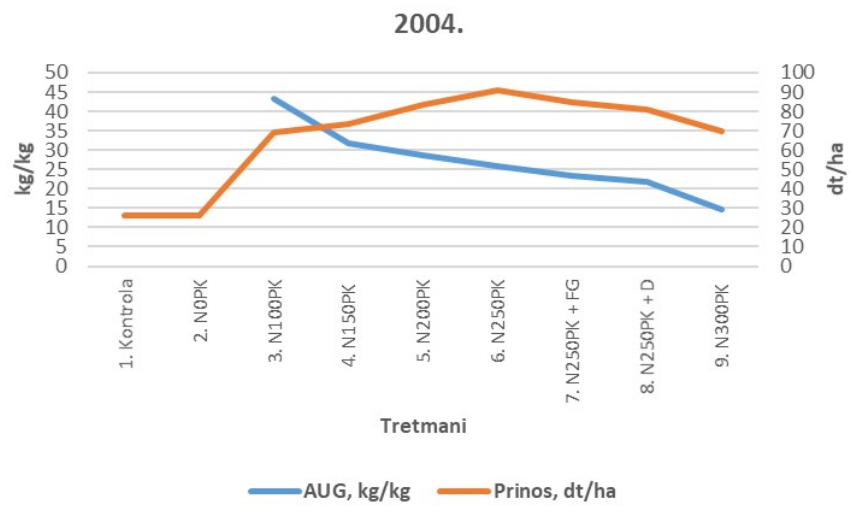
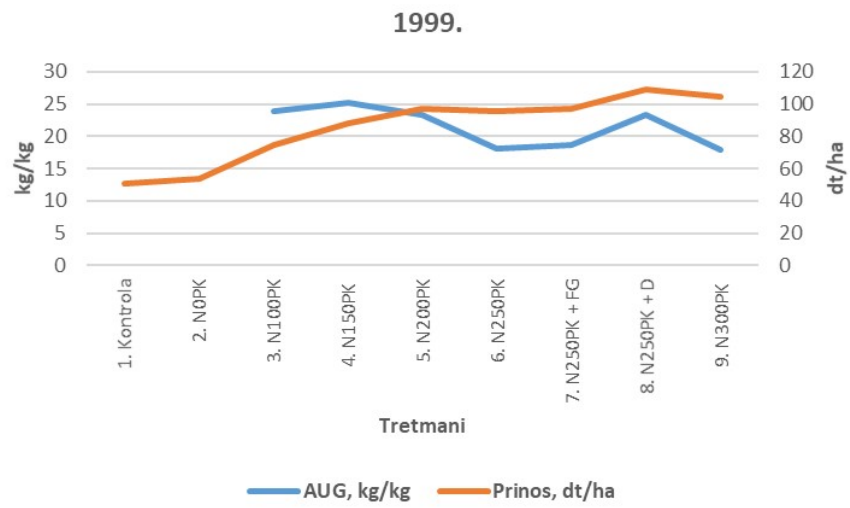
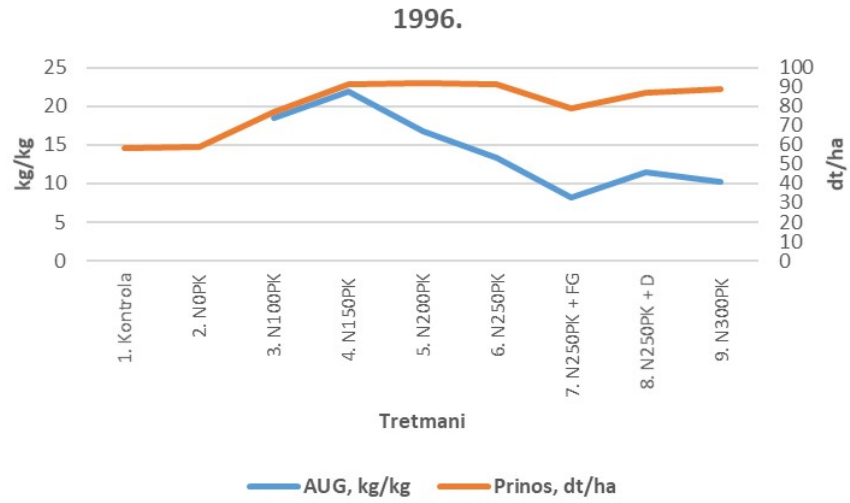
Sadržaj dušika u zrnju varirao je od 0.94 % u 1999.g. u kontrolnom tretmanu do 1.76 % 2007. godine u 8. tretmanu (N<sub>250</sub>PK + dolomit). Gnojidba s rastućim dozama mineralnog dušika pozitivno je utjecala na povećanje sadržaja dušika u zrnju kukuruza.



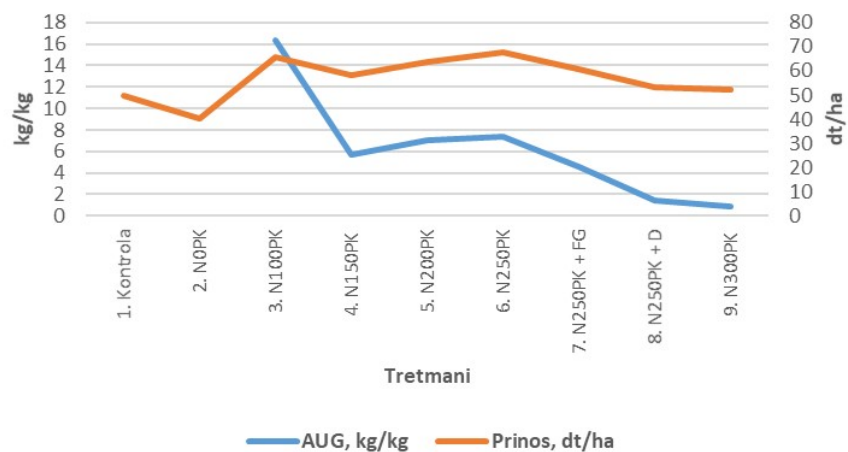
**Grafikon 29.** Sadržaj dušika u zrnju kukuruza, % u suhoj tvari

### 3.2.1.3. Agronomska učinkovitost gnojidbe

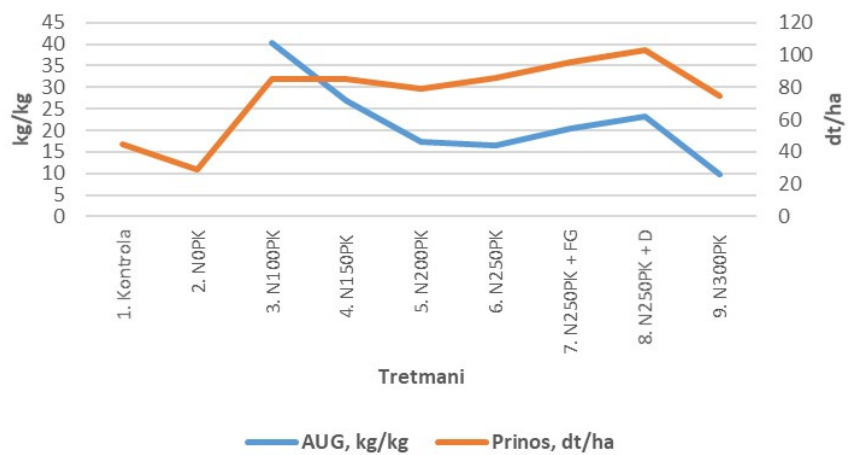
Grafikon 30 prikazuje ovisnost agronomske učinkovitosti gnojidbe i prinosa zrna kukuruza o intenzitetu mineralne dušične gnojidbe tijekom sedam vegetacijskih godina (1996., 1999., 2004., 2007., 2013., 2015., 2017.). Gnojidba mineralnim dušikom imala je ključan utjecaj na prinos kukuruza čije su se vrijednosti povećavale s rastućim dozama dušika. Međutim, vrijednosti AUG pokazuju trend smanjenja s obzirom na rastuće količine mineralnog dušika. Maksimalne vrijednosti AUG zabilježene su na tretmanima sa 100 i 150 kg N/ha (grafikon 31). U odnosu na visinu prinosa iz prikaza na grafikonu 30, što se vidi iz sjecišta linija, prosječna optimalna agronomska učinkovitost gnojidbe za kukuruz zabilježena je s gnojidbom od 150 kg N/ha (1996.: 100-150 kg N/ha; 1999.: 200 kg N/ha; 2004.: 150 kg N/ha; 2007.: 100-150 kg N/ha; 2013.: 150 kg N/ha; 2015.: 150 kg/ha; 2017.: 100-150 kg N/ha).



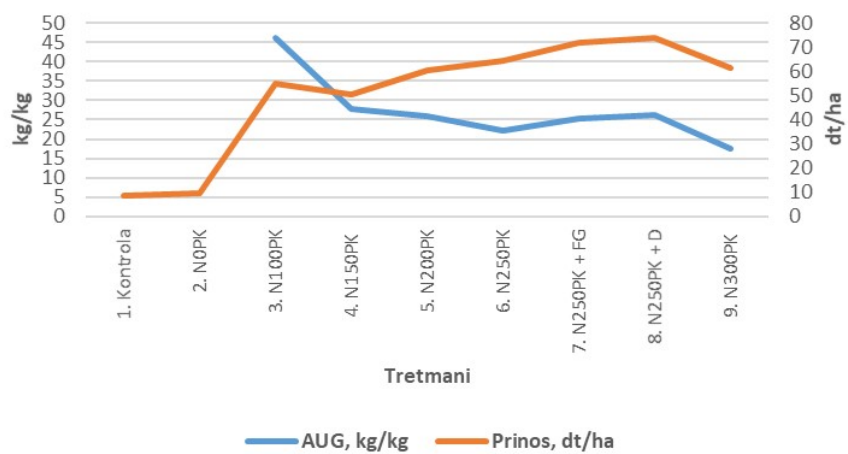
2007.

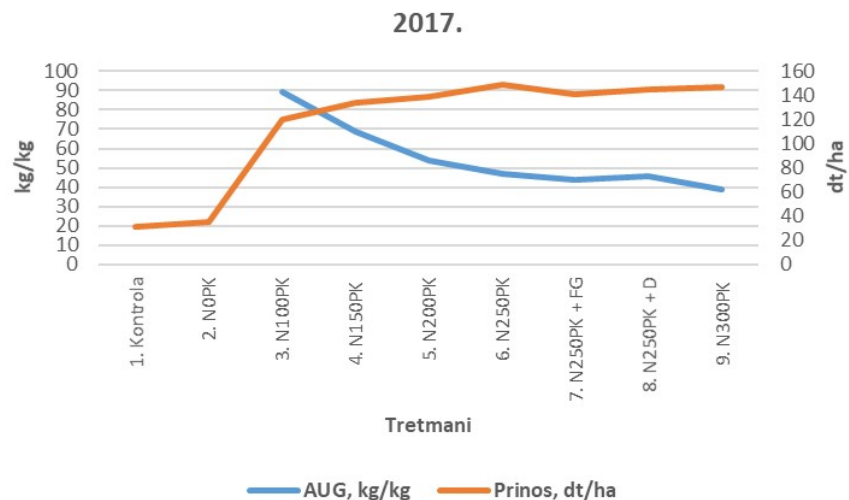


2013.

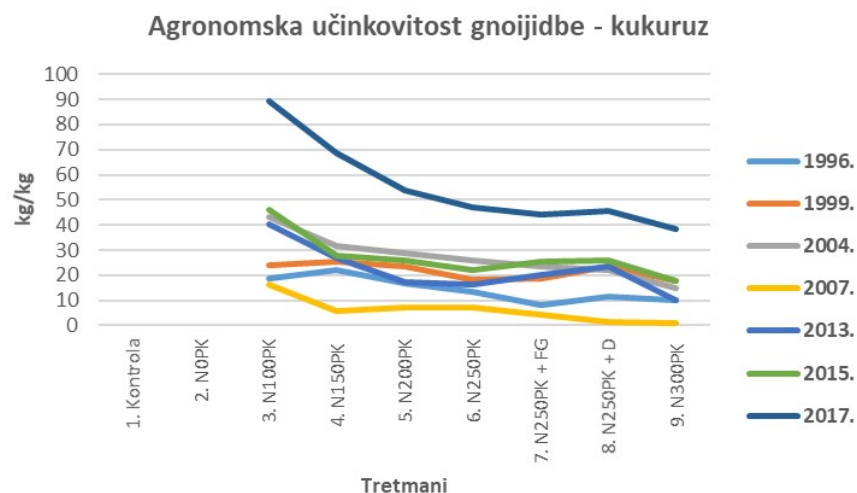


2015.





**Grafikon 30.** Utjecaj intenziteta gnojidbe dušikom na prinos zrna kukuruza (dt/ha) i agronomsku učinkovitost gnojidbe (AUG, kg/kg) prema godinama istraživanja



**Grafikon 31.** Zbirni prikaz utjecaja intenziteta gnojidbe dušikom na agronomsku učinkovitost gnojidbe (AUG, kg/kg) kukuruza za sedam vegetacijskih godina

### 3.2.2. Ozima pšenica

#### 3.2.2.1. Prinos zrna

Pokus je glede visine prinosa ozime pšenice statistički značajan, što se može zaključiti na temelju rezultata analize varijance (ANOVA,  $p < 0.001$ ) (tablica 35). Prinos je, u svim istraživanim godinama i u skladu s očekivanjima, najmanji u kontrolnom tretmanu (grafikon



32). Gnojidba s mineralnim fosforom i kalijem nije značajno utjecala na povećanje prinosa ozime pšenice. To se može zaključiti prema razlici između visine prinosa u kontrolnom tretmanu i prinosa u tretmanu s fosforom i kalijem, a bez dušika, koja je vrlo mala. Ovi rezultati ukazuju na činjenicu kako je na pseudoglejnom tlu na kojem je postavljen pokus dušik iz mineralnih gnojiva bitan čimbenik koji određuje visinu prinosa ozime pšenice. Prinos se povećava od 3. tretmana sa 100 kg N/ha pa do 5. tretmana sa 200 kg N/ha. Podjednaki prinosi, ili nešto viši, ostvareni su i u tretmanima s 250 i 300 kg dušika. Tretmani dušične gnojidbe, utjecaj klimatskih prilika, genetičkih svojstava sorti i razvojnih karakteristika, te pedoloških značajki osobito pH tla, rezultirali su širokim rasponom vrijednosti prinosa zrna ozime pšenice prema godinama istraživanja: od 3.50 dt/ha u 2008. godini na kontrolnom tretmanu do 78,46 dt/ha u 2016.g. na 6. tretmanu s apliciranih 250 kg N/ha. Uzimajući u obzir sve vanjske čimbenike, zabilježen je očekivani utjecaj dušične gnojidbe na prinos zrna ozime pšenice (grafikon 32). Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti prinosa zrna za osam vegetacijskih godina pod utjecajem devet tretmana mineralne dušične gnojidbe (tablica 35). Prinos je ovisio o razinama dušične gnojidbe, dok su se vrijednosti povećavale s rastućim dozama dušika (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Utvrđena je statistički značajna interakcija „Gnojidba x Godina/Sorta“ za prinos zrna ozime pšenice ukazujući na ovisnost razvoja biljke o klimatskim prilikama i režimu vode u tlu, te na značajni utjecaj dušične gnojidbe na svojstva sorte. Prema rezultatima ANOVA-e za ukupni utjecaj, sorte su reagirale slično na različite razine gnojidbe dušikom.

Prosječno najviši prinos u istraživanom razdoblju ostvaren je 2016. godine, što je rezultat primjene krutog stajskog gnoja 2014.g. u količinama od 20, odnosno 40 t/ha, na 7. i 8. tretmanu pokusa, te kalcifikacije cjelokupne površine. Prosječno najmanje vrijednosti prinosa zabilježene su 2008. godine, kada je usjev stradao od golomrazice, nedostatka oborina u fazi vlatanja, te brojnih oštećenja od divljači. Niske vrijednosti prinosa 2003.g. direktno su rezultat suše i visokih temperatura tijekom ključnih razvojnih faza ozime pšenice. Nekonzistentan trend kretanja vrijednosti prinosa u 2012.g., odnosno smanjenje prinosa na tretmanima s 200 i 250 kg N/ha (5., 6., i 7. tretman) rezultat je zadržavanja vode na tlu u kombinaciji s niskim pH vrijednostima tla.

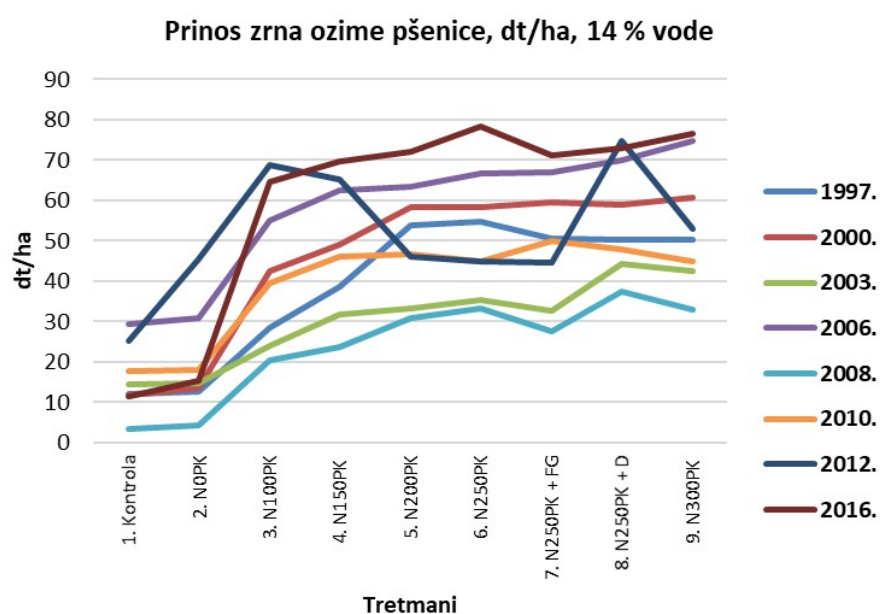
Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti da je i s količinom od 150 kg dušika realiziran razmjerno visok prinos zrna ozime pšenice u danim agroekološkim uvjetima, te da je prinos pšenice imao gotovo ravnomjeran porast s rastom količine dušika do 150 kg. Stoga, ako kao jedini bitan čimbenik odaberemo prinos ozime pšenice, na temelju ovih rezultata

može se zaključiti da je za ovu kulturu potrebno primijeniti oko 150-200 kg mineralnog dušika uz eventualnu primjenu materijala za kalcifikaciju.

**Tablica 35.** Analiza varijance za prinos zrna ozime pšenice za ukupni utjecaj

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	58261,2	8	7282,6	81,05***	0,96
Pogreška	2426,1	27	89,9		
Godina/Sorta	38063,1	7	5437,6	84,26***	0,76
Gnojidba x Godina/Sorta	13946,3	56	249,0	3,86***	0,53
Pogreška	12196,4	189	64,5		

<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\*p < 0.001; \*\*p < 0.01; \*p < 0.05



**Grafikon 32.** Prinos zrna ozime pšenice, dt/ha

### 3.2.2.2. Sadržaj dušika u zrnu, % u suhoj tvari

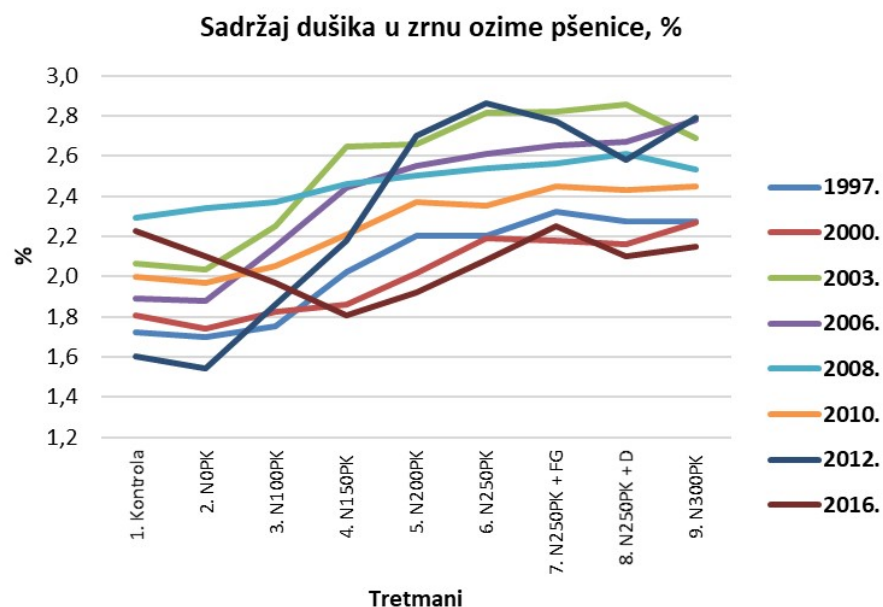
Sadržaj dušika u zrnu ozime pšenice prikazan je na grafikonu 33. Prema rezultatima analize varijance (tablica 36) za količinu dušika u zrnu, u usporedbi s količinama gnojidbe i vegetacijskim godinama, pokus je statistički opravdan (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Utvrđena je statistički značajna interakcija „Gnojidba x Godina/Sorta“ za sadržaj dušika u zrnu ozime pšenice ukazujući na ovisnost razvoja biljke o klimatskim prilikama i režimu vode u tlu, pretkulturi te na značajni utjecaj dušične gnojidbe na svojstva sorte. Prema rezultatima ANOVA-e za ukupni utjecaj, sorte su reagirale slično na različite razine gnojidbe dušikom.

**Tablica 36.** Analiza varijance za sadržaj dušika u zrnu ozime pšenice za ukupni utjecaj

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	16,61	8	2,076	62,53***	0,95
Pogreška	0,89	27	0,033		
Godina/Sorta	8,88	6	1,479	120,54***	0,82
Gnojidba x Godina/Sorta	3,99	48	0,083	6,77***	0,67
Pogreška	1,99	162	0,012		

<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\*p < 0.001; \*\*p < 0.01; \*p < 0.05

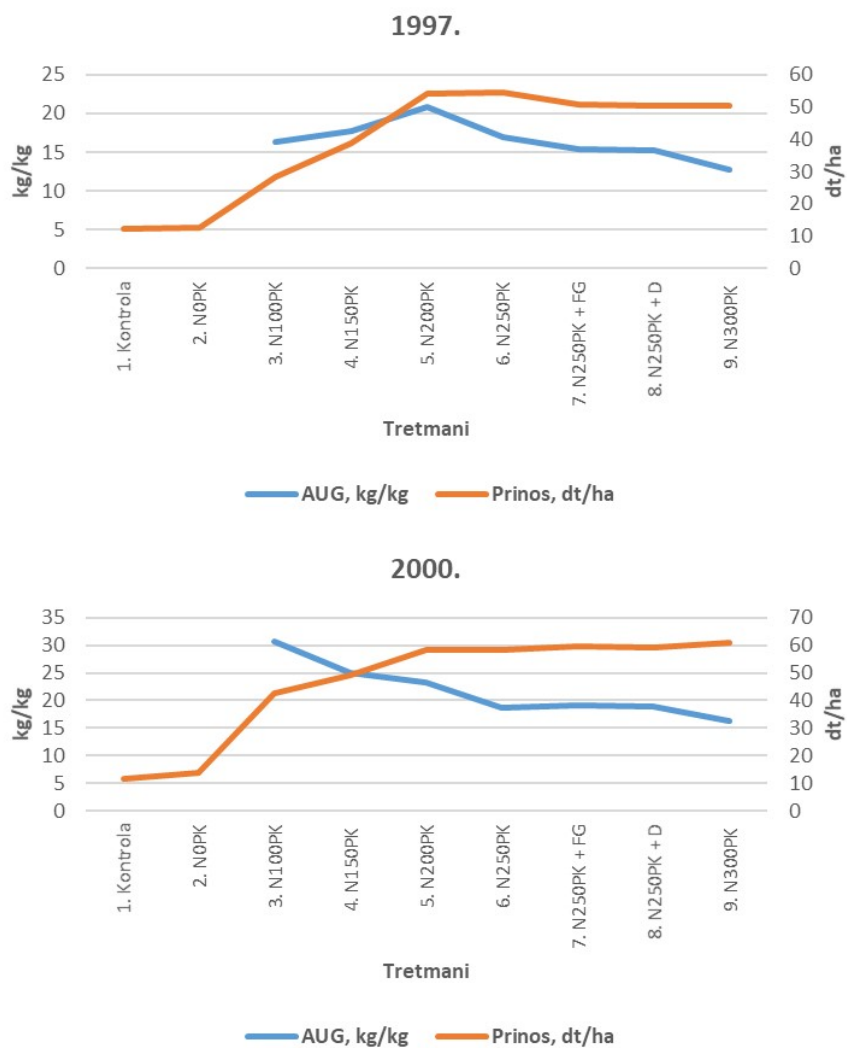
Sadržaj dušika u zrnu varirao je od 1,54 % u 2012. godini u tretmanu bez dušika (N<sub>0</sub>PK) do 2,86 % iste godine u 6. tretmanu (N<sub>250</sub>PK). Prema ovim rezultatima, gnojidba dušikom utjecala je na povećanje količine dušika u zrnu ozime pšenice gotovo linearno. Od prosječnog trenda razlikuje se jedino 2016. godina u kojoj su vrijednosti dušika u zrnu na prvim tretmanima pokusa djelomična reakcija na kalcifikaciju izvršenu dvije godine ranije. Utjecaj soje kao pretkulture vidljiv je na većem sadržaju dušika u zrnu ozime pšenice u odnosu na prosjek u 2003., 2006. i 2012. godini.

**Grafikon 33.** Sadržaj dušika u zrnu ozime pšenice, % u suhoj tvari

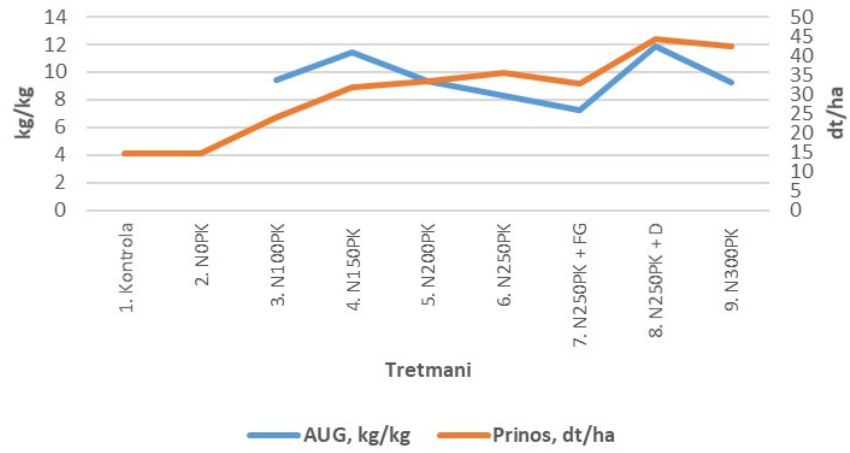
### 3.2.2.3. Agronomska učinkovitost gnojidbe

Grafikon 34 prikazuje ovisnost agronomske učinkovitosti gnojidbe i prinosa zrna ozime pšenice o intenzitetu mineralne dušične gnojidbe tijekom osam vegetacijskih godina (1997.,

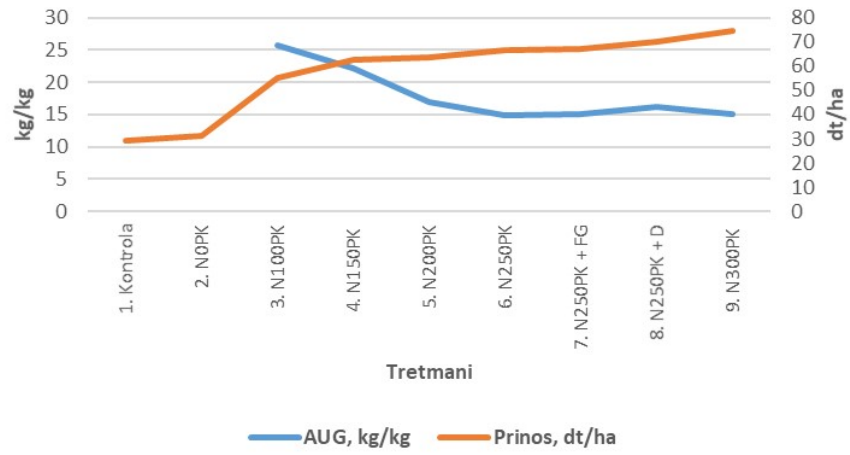
2000., 2003., 2006., 2008., 2010., 2012., 2016.). Gnojidba mineralnim dušikom imala je ključan utjecaj na prinos ozime pšenice čije su se vrijednosti povećavale s rastućim dozama dušika. Međutim, prosječno vrijednosti AUG pokazuju trend smanjenja s obzirom na rastuće količine mineralnog dušika. Maksimalne vrijednosti AUG zabilježene su većinom na tretmanu od 100 kg N/ha, a zatim 150 i 200 kg N/ha (grafikon 35). U odnosu na visinu prinosa iz prikaza na grafikonu 34, što se vidi iz sjecišta linija, prosječna optimalna agronomska učinkovitost gnojidbe za kukuruz zabilježena je s gnojidbom od oko 150 kg N/ha (1997.: 150-200 kg N/ha; 2000.: 150 kg N/ha; 2003.: 200 kg N/ha; 2006.: 150 kg N/ha; 2008.: 200 kg N/ha; 2010.: 150 kg/ha; 2012.: 100 kg N/ha; 2016.: 100-150 kg N/ha).



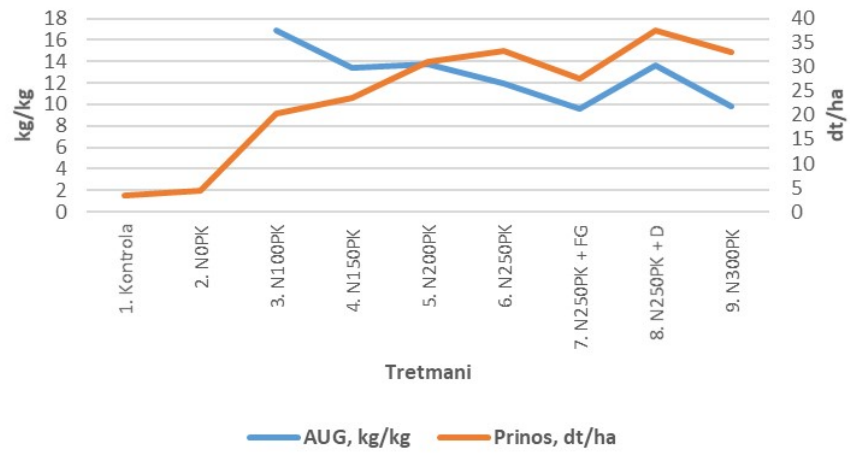
### 2003.

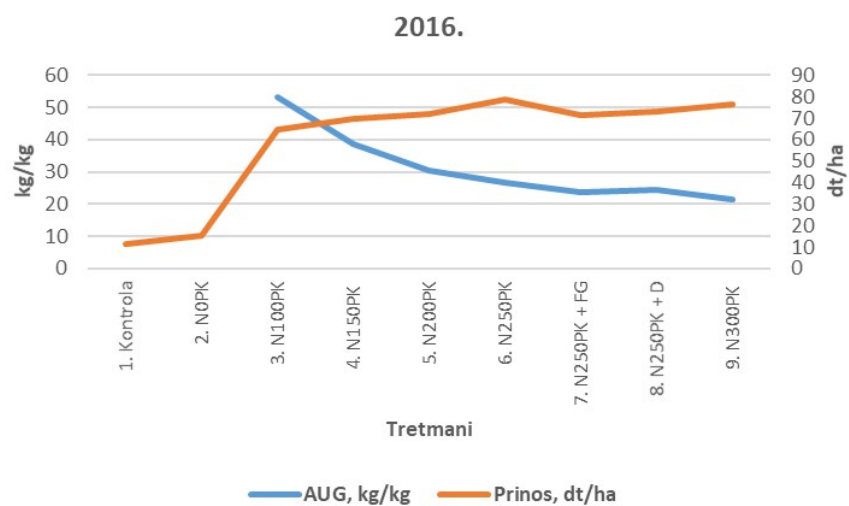
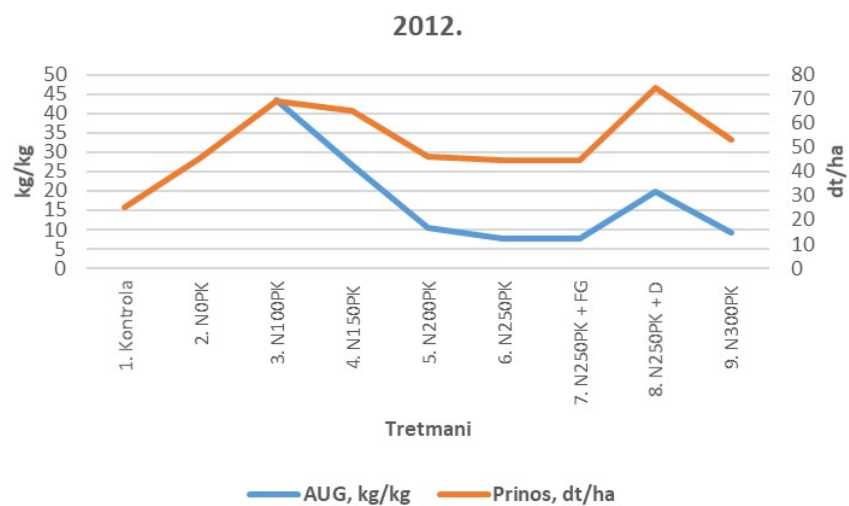
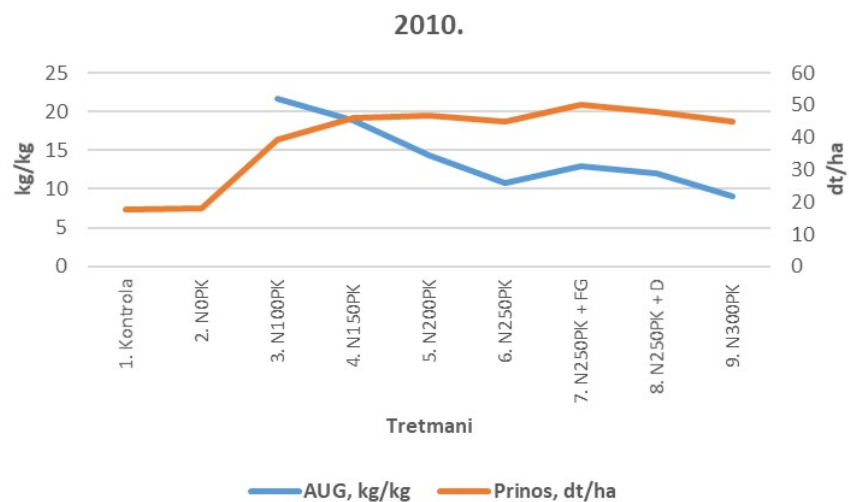


### 2006.

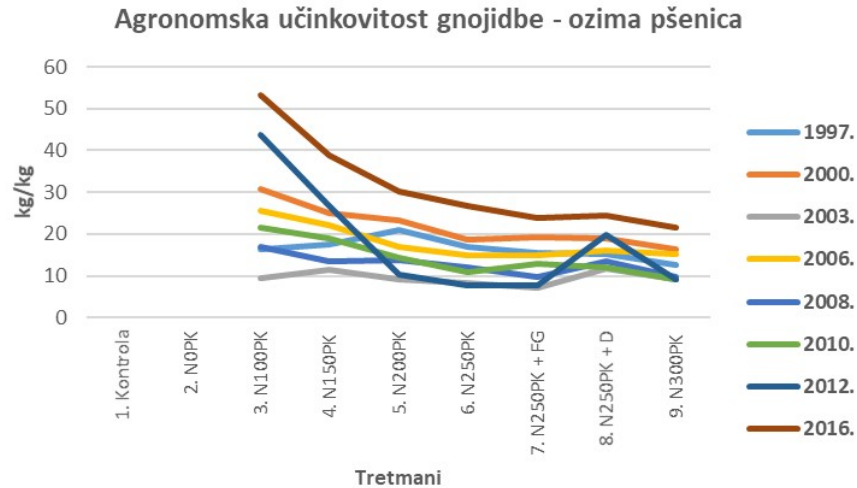


### 2008.





**Grafikon 34.** Utjecaj intenziteta gnojidbe dušikom na prinos zrna ozime pšenice (dt/ha) i agronomsku učinkovitost gnojidbe (AUG, kg/kg) prema godinama istraživanja



**Grafikon 35.** Zbirni prikaz utjecaja intenziteta gnojidbe dušikom na agronomsku učinkovitost gnojidbe (AUG, kg/kg) ozime pšenice za osam vegetacijskih godina

### 3.2.3. Uljana repica

#### 3.2.3.1. Prinos sjemena

Tretmani dušične gnojidbe kao i utjecaj klimatskih prilika, te pedoloških značajki osobito pH tla, rezultirali su širokim rasponom vrijednosti prinosa sjemena uljane repice prema godinama istraživanja: od 11,4 dt/ha u 1998. godini na tretmanu 6 i 7 (N<sub>250</sub>PK i N<sub>250</sub>PK + fosfogips) do 39,50 dt/ha u 2001.g. na 3. tretmanu s apliciranih 100 kg N/ha (grafikon 36). Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti prinosa uljane repice za tri vegetacijske godine pod utjecajem devet tretmana mineralne dušične gnojidbe (ANOVA,  $p < 0.001$ ) (tablica 37). Utvrđena je statistički značajna interakcija „Gnojidba x Godina/Sorta“ za prinos sjemena uljane repice ukazujući na ovisnost razvoja biljke o klimatskim prilikama, te na značajni utjecaj dušične gnojidbe na svojstva sorte. Prema rezultatima ANOVA-e za ukupni utjecaj, sorte uljane repice imale su sličnu reakciju na različite razine gnojidbe dušikom.

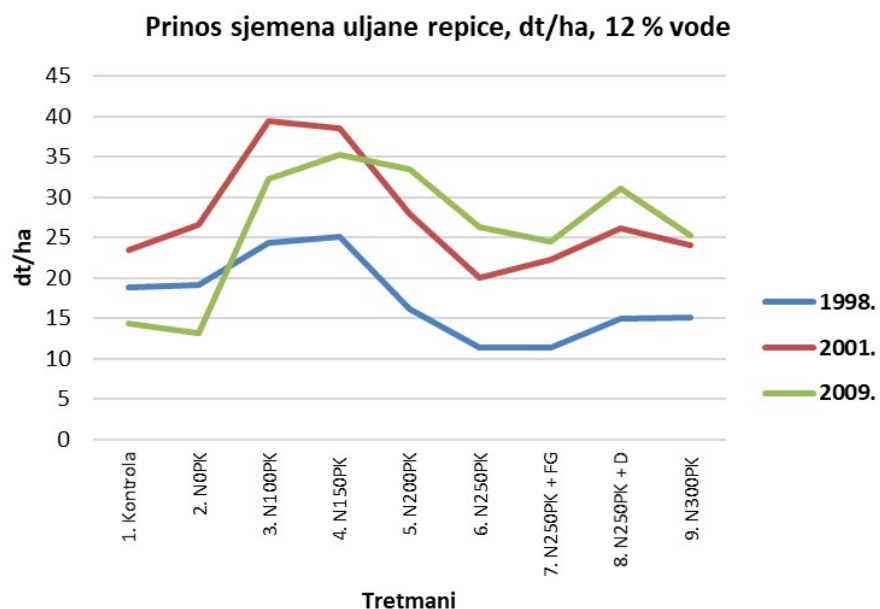
Najvjerojatnije zahvaljujući postojećim količinama biljci pristupačnog fosfora i kalija u tlu, gnojidba s mineralnim fosforom i kalijevim gnojivima nije utjecala na povećanje prinosa ozime uljane repice. To se može zaključiti prema razlici između visine prinosa u kontrolnom tretmanu i prinosa u tretmanu s fosforom i kalijem, a bez dušika, koja je vrlo mala. Ovi rezultati ukazuju na činjenicu kako je na pseudoglejnom tlu na kojem je postavljen pokus, dušik iz mineralnih gnojiva bitan čimbenik koji određuje visinu prinosa raznih ratarskih

kultura, u ovom slučaju i ozime uljane repice. Vrijednosti prinosa naglo rastu na tretmanu sa 100 kg N/ha. Daljnje povećanje prinosa pod utjecajem viših doza dušika zabilježeno je do tretmana sa 150 kg dušika, nakon čega se prinos znatno smanjuje na razine niže od vrijednosti kontrole (1998. i 2001.), što je posljedica stradavanja usjeva od mraza upravo u vrijeme nakon prvog prihranjivanja (ožujak). Količine dušika primijenjene u prihranjivanju u tretmanima 5, 6, 7, 8 i 9 uvjetovale su jače usvajanje dušika i brži početni porast nakon zime, što je u razdoblju s temperaturama i do – 11 °C uvjetovalo uništenje biljnih stanica koje su uz obilje dušika sadržavale i puno vode. Izuzetak predstavlja 2009. godina, u kojoj nakon tretmana sa 150 kg N/ha slijedi postupno opadanje visine prinosa, ali koji je i dalje veći u odnosu na kontrolni tretman.

**Tablica 37.** Analiza varijance za prinos sjemena uljane repice za ukupni utjecaj

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	2910,55	8	363,82	7,087***	0,68
Pogreška	1386,05	27	51,34		
Godina/Sorta	2222,89	2	1111,45	48,476***	0,64
Gnojidba x Godina/Sorta	1431,23	16	89,45	3,901***	0,54
Pogreška	1238,10	54	22,93		

<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\*p < 0.001; \*\*p < 0.01; \*p < 0.05



**Grafikon 36.** Prinos sjemena uljane repice, dt/ha

### 3.2.3.2. Sadržaj dušika u sjemenu, % u suhoj tvari



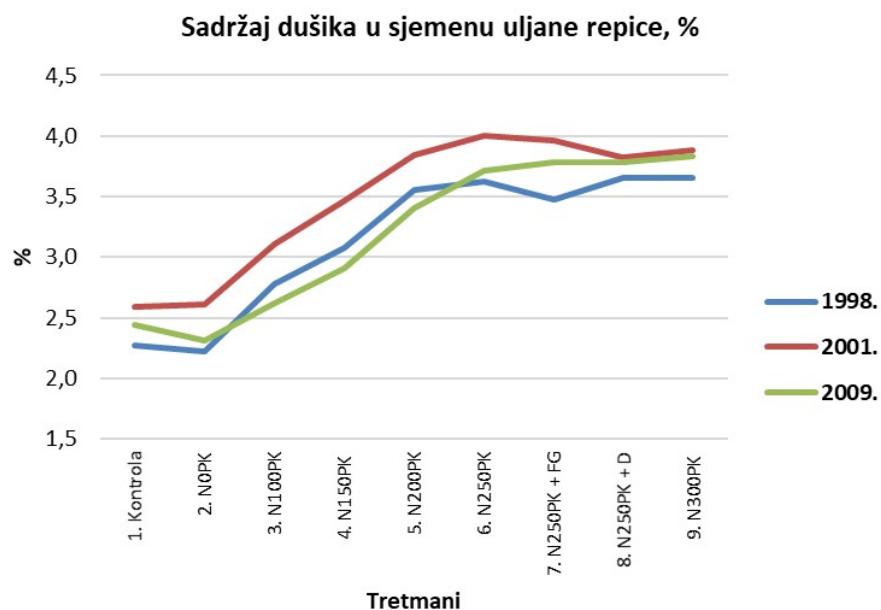
Sadržaj dušika u sjemenu uljane repice prikazan je na grafikonu 37. Prema rezultatima analize varijance (tablica 38) za količinu dušika u sjemenu, u usporedbi s količinama gnojidbe i vegetacijskim godinama, pokus je statistički opravdan (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Utvrđena je statistički značajna interakcija „Gnojidba x Godina/Sorta“ za sadržaj dušika u sjemenu uljane repice ukazujući na ovisnost razvoja biljke o klimatskim prilikama te značajnom utjecaju dušične gnojidbe na svojstva sorte. Prema rezultatima ANOVA-e za ukupni utjecaj, sorte su reagirale slično na različite razine gnojidbe dušikom.

**Tablica 38.** Analiza varijance za sadržaj dušika u sjemenu uljane repice za ukupni utjecaj

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	33,394	8	4,174	110,65***	0,97
Pogreška	1,019	27	0,038		
Godina/Sorta	2,308	2	1,154	61,54***	0,70
Gnojidba x Godina/Sorta	0,764	16	0,048	2,55**	0,43
Pogreška	1,012	54	0,019		

<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$

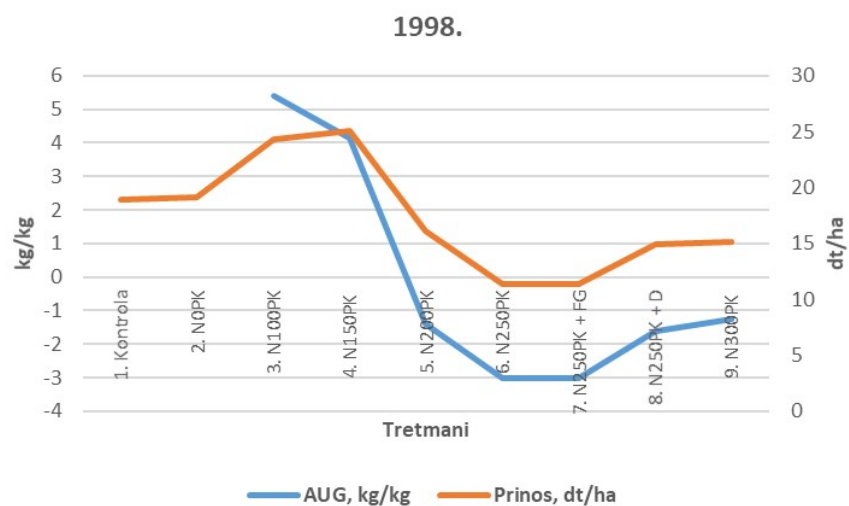
Sadržaj dušika u sjemenu varirao je od 2,23 % u 1998. godini u tretmanu bez dušika (N<sub>0</sub>PK) do 4,01 % 2001. godine u 6. tretmanu (N<sub>250</sub>PK). Prema ovim rezultatima, gnojidba dušikom utjecala je na povećanje količine dušika u sjemenu uljane repice gotovo linearno.

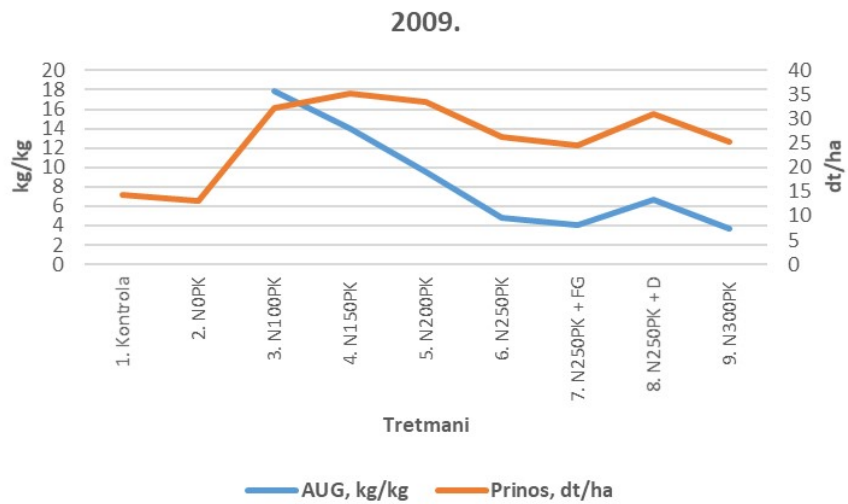
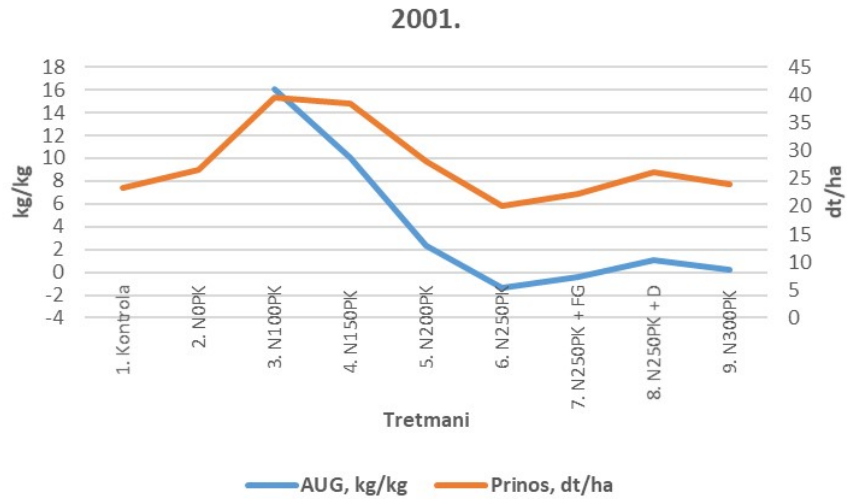


**Grafikon 37.** Sadržaj dušika u sjemenu uljane repice, % u suhoj tvari

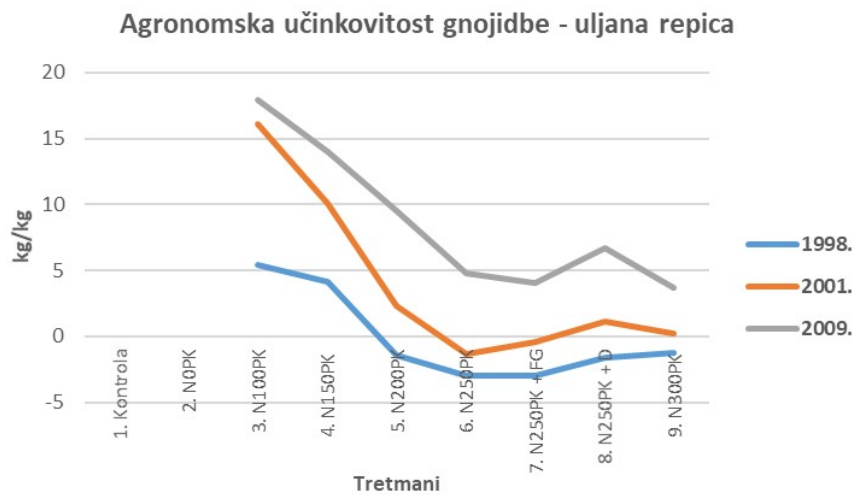
### 3.2.3.3. Agronomska učinkovitost gnojidbe

Grafikon 38 prikazuje ovisnost agronomske učinkovitosti gnojidbe i prinosa sjemena ozime uljane repice o intenzitetu mineralne dušične gnojidbe tijekom tri vegetacijske godine (1998., 2001., 2009.). Gnojidba mineralnim dušikom imala je ključan utjecaj na prinos sjemena ozime uljane repice. Međutim, prosječno vrijednosti AUG pokazuju trend smanjenja s obzirom na rastuće količine mineralnog dušika, do čak negativnih vrijednosti (1998. i 2001. – smrzavanje usjeva). Maksimalne vrijednosti AUG zabilježene su na tretmanu od 100 kg N/ha (grafikon 39). U odnosu na visinu prinosa iz prikaza na grafikonu 38, što se vidi iz sjecišta linija, prosječna optimalna agronomska učinkovitost gnojidbe za ozimu uljanu repicu zabilježena je s mineralnom gnojidbom od 100-150 kg N/ha (1998.: 150 kg N/ha; 2001.: 100 kg N/ha; 2009.: 100-150 kg N/ha), koja se može smatrati prihvatljivom za ekonomski opravdan prinos sjemena uljane repice u navedenim agroekološkim uvjetima.





**Grafikon 38.** Utjecaj intenziteta gnojidbe dušikom na prinos sjemena uljane repice (dt/ha) i agronomsku učinkovitost gnojidbe (AUG, kg/kg) prema godinama istraživanja



**Grafikon 39.** Zbirni prikaz utjecaja intenziteta gnojidbe dušikom na agronomsku učinkovitost gnojidbe (AUG, kg/kg) uljane repice za tri vegetacijske godine

### **3.2.4. Soja**

#### **3.2.4.1 Prinos zrna**

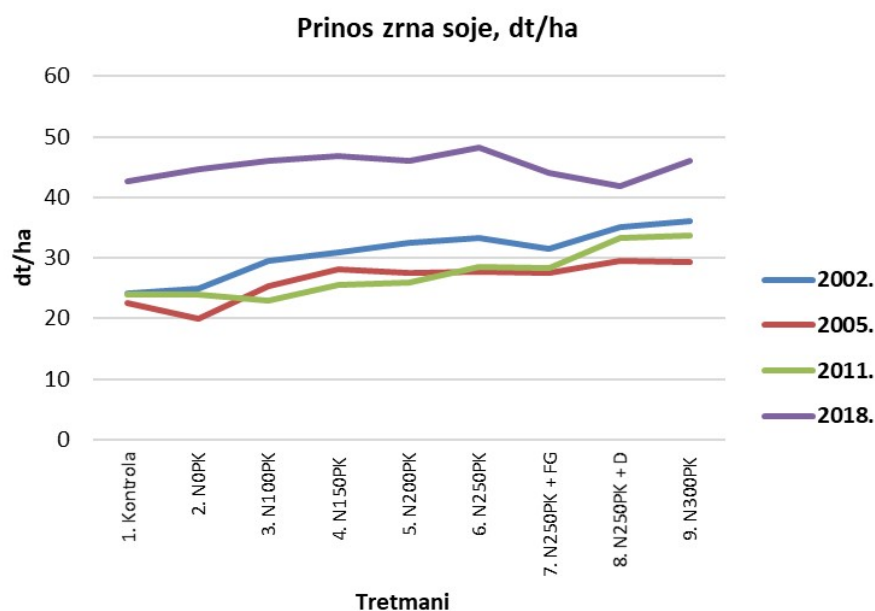
Pokus je prema visini prinosa soje statistički značajan, što se može zaključiti na temelju rezultata analize varijance (tablica 39). Gnojidba fosforom i kalijem, bez dušika, nije utjecala na povećanje prinosa soje. Ovi rezultati ukazuju na činjenicu kako je na pseudoglejnom tlu na kojem je postavljen pokus dušik iz mineralnih gnojiva bitan čimbenik koji određuje visinu prinosa soje. Prinos se počinje povećavati s rastućom gnojidbom od 100-150 kg N/ha. Podjednaki prinosi, ili nešto viši, ostvareni su i u tretmanima s 250 i 300 kg dušika. Tretmani dušične gnojidbe, utjecaj klimatskih prilika, genetičkih svojstava sorti, te svojstava tla osobito pH reakcije tla, rezultirali su širokim rasponom vrijednosti prinosa zrna soje prema godinama istraživanja: od 19,90 dt/ha u 2005. godini na tretmanu s fosforom i kalijem, bez dušika, do 48,13 dt/ha u 2018.g. na 6. tretmanu s apliciranih 250 kg N/ha. Uzimajući u obzir sve vanjske čimbenike, zabilježen je očekivani utjecaj dušične gnojidbe na prinos zrna soje (grafikon 40). Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti prinosa zrna za četiri vegetacijske godine pod utjecajem devet tretmana mineralne dušične gnojidbe (tablica 39). Prinos je ovisio o razinama dušične gnojidbe, dok su se vrijednosti povećavale s rastućim dozama dušika (ANOVA,  $p < 0.01$ ). Nije utvrđena statistički značajna interakcija „Gnojidba x Godina/Sorta“ za prinos zrna soje, što ukazuje da su sorte reagirale različito na tretmane mineralne dušične gnojidbe. Dakako, značajan doprinos ovim rezultatima daju i klimatske prilike u istraživanim godinama kao i pedološka svojstva. Prosječno najviši prinos u istraživanom razdoblju ostvaren je 2018. godine, što je rezultat primjene kalcifikacije cjelokupne površine pokusa. Prosječno najmanje vrijednosti prinosa zabilježene su 2005. godine. Razlog slaboj učinkovitosti gnojidbe dušikom 2011. godine, jest niska pH vrijednost tla po tretmanima utvrđena kao rezultat višegodišnje primjene mineralne dušične gnojidbe, jednako kao i izraziti nedostatak oborina i vode u tlu tijekom čitavog vegetacijskog perioda bitnih za oslobađanje biljci pristupačnih oblika dušika i učinkovito usvajanje od strane biljke. Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti da je i s količinom od 150 kg dušika realiziran razmjerno visok prinos zrna soje u danim agroekološkim uvjetima. Stoga, ako kao jedini bitan čimbenik odaberemo prinos soje, na temelju ovih rezultata može se zaključiti da je za ovu kulturu potrebno primijeniti oko 150 kg

mineralnog dušika kad se soja uzgaja bez „bakterizacije” sjemena, te uz eventualnu primjenu materijala za kalcifikaciju.

**Tablica 39.** Analiza varijance za prinos zrna soje za ukupni utjecaj

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	970,4	8	121,3	4,299**	0,56
Pogreška	761,9	27	28,2		
Godina/Sorta	8149,9	3	2716,6	152,412***	0,85
Gnojidba x Godina/Sorta	520,1	24	21,7	1,216ns	0,26
Pogreška	1443,8	81	17,8		

<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\*p < 0.001; \*\*p < 0.01; \*p < 0.05; ns – nije statistički značajno



**Grafikon 40.** Prinos zrna soje, dt/ha

### 3.2.4.2. Sadržaj dušika u zrnu, % u suhoj tvari

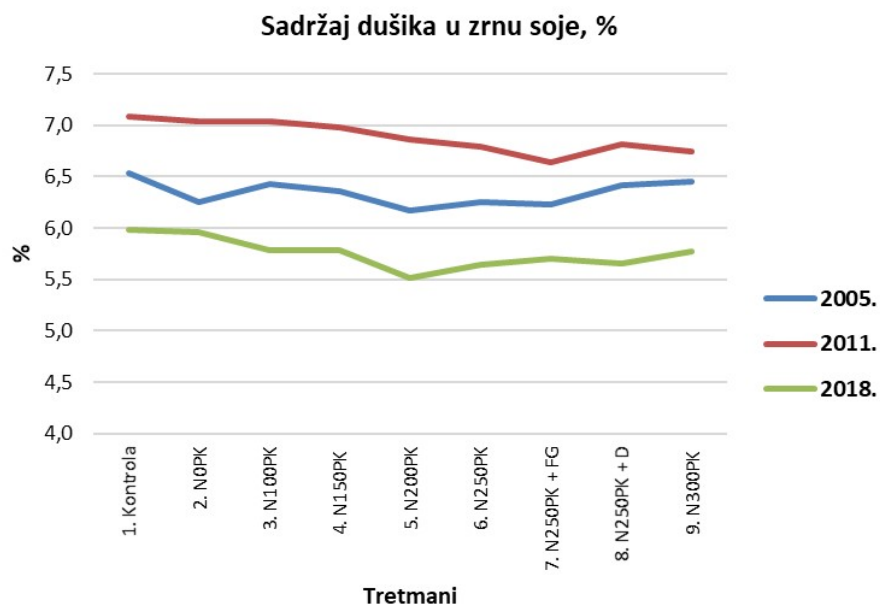
Sadržaj dušika u zrnu soje prikazan je na grafikonu 41. Prema rezultatima analize varijance (tablica 40) za količinu dušika u zrnu, u usporedbi s količinama gnojidbe i vegetacijskim godinama, pokus je statistički opravdan (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Utvrđena je statistički značajna interakcija „Gnojidba x Godina/Sorta“ za sadržaj dušika u zrnu soje ukazujući na ovisnost razvoja biljke o klimatskim prilikama i režimu vode u tlu, te na značajni utjecaj dušične gnojidbe na svojstva sorte. Prema rezultatima ANOVA-e za ukupni utjecaj, sorte su reagirale slično na različite razine gnojidbe dušikom. Sadržaj dušika u zrnu soje

varirao je od 5,51 % u 2018. godini u 5. tretmanu (N<sub>200</sub>PK) do 7,09 % 2011. godine na kontrolnom tretmanu. Prema ovim rezultatima, povećanje gnojidbe dušikom utjecalo je na generalno smanjenje količine dušika u zrnu soje. Pretpostavka je da je kisela reakcija tla na jače gnojenim tretmanima pokusa tijekom višegodišnjeg istraživanja uvjetovala smanjenu fiksaciju dušika kod soje.

**Tablica 40.** Analiza varijance za sadržaj dušika u zrnu soje za ukupni utjecaj

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	0,874	8	0,109	5,1***	0,60
Pogreška	0,574	27	0,021		
Godina/Sorta	5,374	1	5,374	637,2***	0,96
Gnojidba x Godina/Sorta	0,390	8	0,049	5,8***	0,63
Pogreška	0,228	27	0,008		

<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\*p < 0.001; \*\*p < 0.01; \*p < 0.05

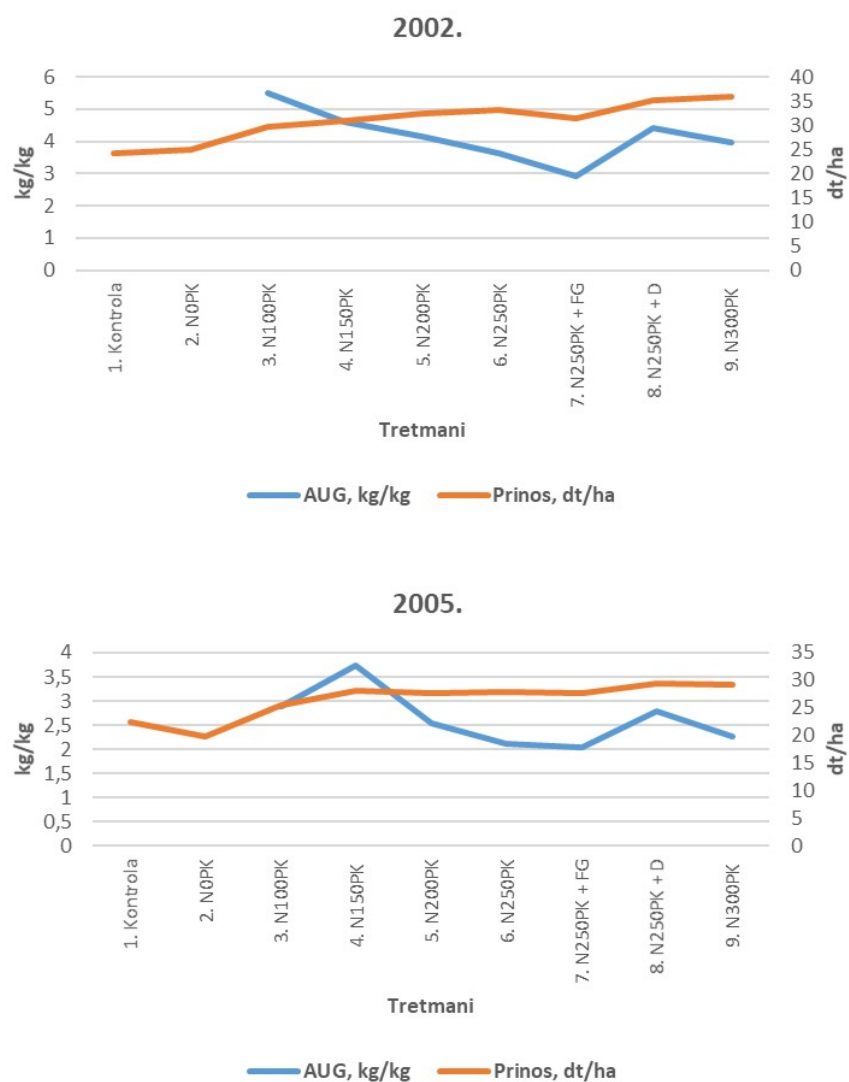


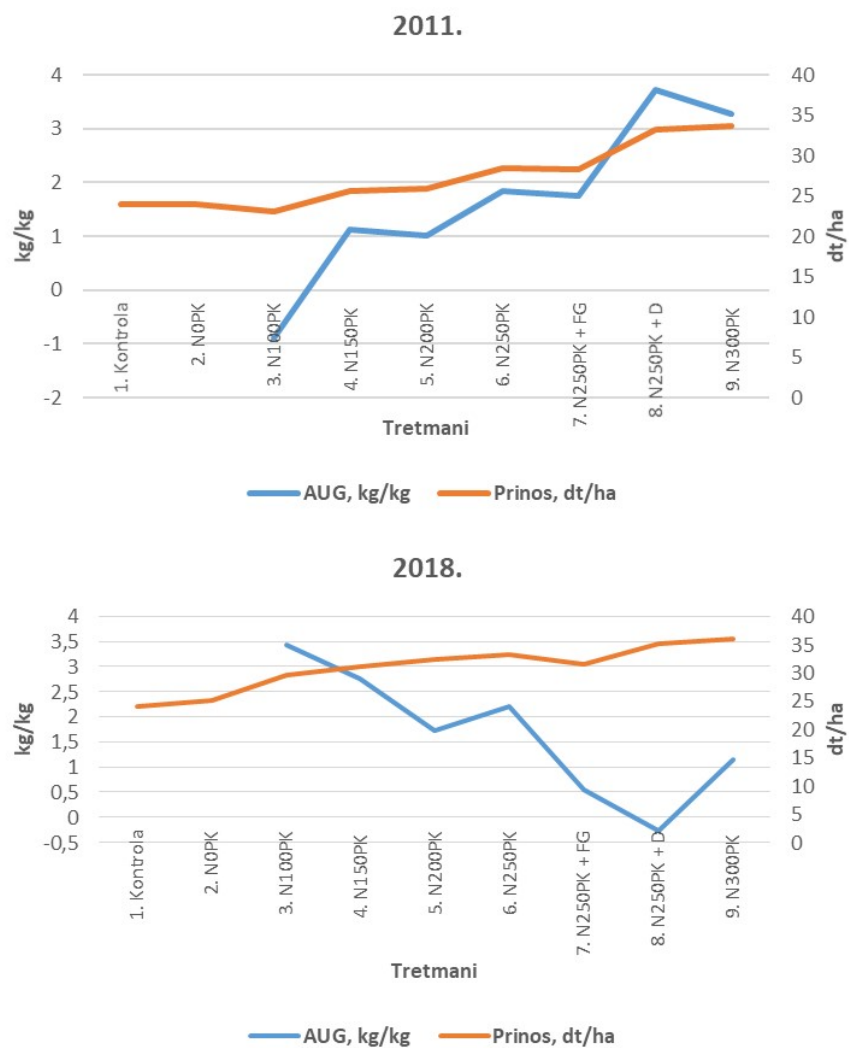
**Grafikon 41.** Sadržaj dušika u zrnu soje, % u suhoj tvari

### 3.2.4.3. Agronomska učinkovitost gnojidbe

Grafikon 42 prikazuje ovisnost agronomske učinkovitosti gnojidbe i prinosa zrna soje o intenzitetu mineralne dušične gnojidbe tijekom četiri vegetacijske godine (2002., 2005., 2011., 2018.). U prosjeku vrijednosti AUG pokazuju trend smanjenja s obzirom na rastuće količine mineralnog dušika sve do 8. tretmana (N<sub>250</sub>PK + dolomit) (grafikon 43). U 2011. godini dogodio se suprotan efekt, budući da su niski pH tla i nedostatak vode u tlu

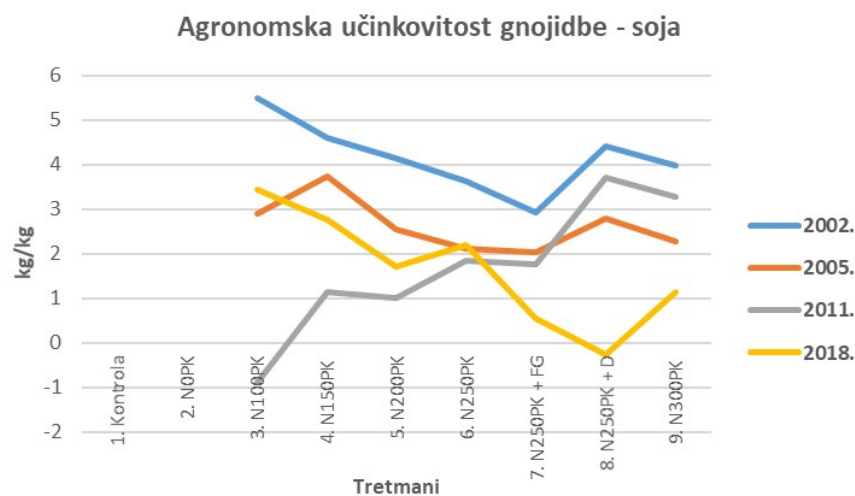
onemogućili učinkovito usvajanje dušika od strane biljke. Tek s količinom od 250 kg dušika i dolomitom realiziran je značajno viši prinos od onog u kontrolnom tretmanu. Međutim, takva gnojidba s obzirom na trošak i potencijalno onečišćenje okoliša nije preporučljiva niti kada se soja uzgaja bez „bakterizacije” sjemena. U odnosu na visinu prinosa iz prikaza na grafikonu 42, što se vidi iz sjecišta linija, prosječna optimalna agronomska učinkovitost gnojidbe za soju zabilježena je s mineralnom gnojidbom od oko 150 kg N/ha (2002.: 150 kg N/ha; 2005.: 150 kg N/ha; 2011.: 250 kg N/ha; 2018.: 150 kg N/ha), koja se može smatrati prihvatljivom za ekonomski opravdan prinos zrna soje u navedenim agroekološkim uvjetima.





**Grafikon 42.** Utjecaj intenziteta gnojidbe dušikom na prinos zrna soje (dt/ha) i agronomsku učinkovitost gnojidbe (AUG, kg/kg) prema godinama istraživanja





**Grafikon 43.** Zbirni prikaz utjecaja intenziteta gnojidbe dušikom na agronomsku učinkovitost gnojidbe (AUG, kg/kg) soje za četiri vegetacijske godine

### 3.2.5. Triticale

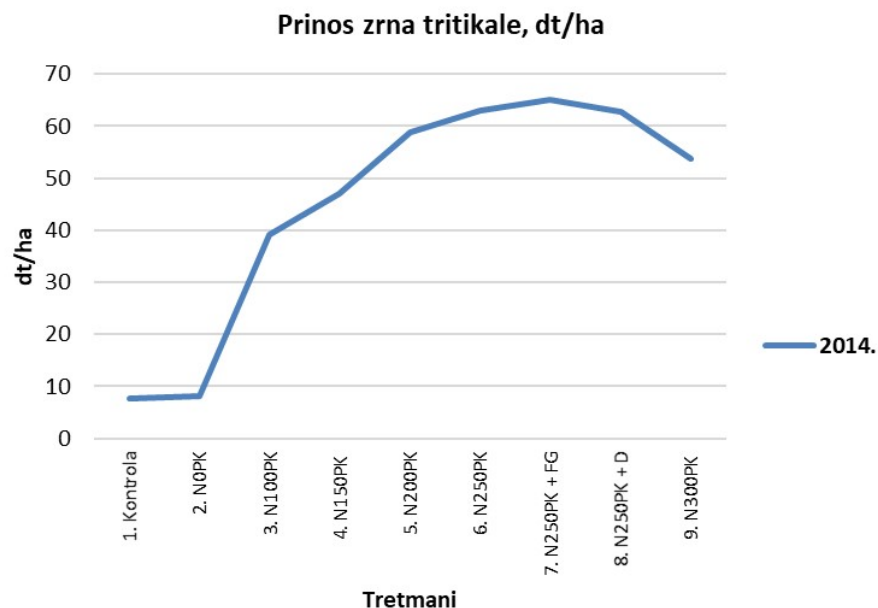
#### 3.2.5.1. Prinos zrna

Pokus je prema visini prinosa tritikale bio statistički značajan, što se može zaključiti na temelju rezultata analize varijance (ANOVA,  $p < 0.001$ ) (tablica 41). Prinos je, u skladu s očekivanjima, najmanji u kontrolnom tretmanu, svega 7,75 dt/ha (grafikon 44). Gnojidba s mineralnim fosforom i kalijem nije značajno utjecala na povećanje prinosa tritikale. To se može zaključiti prema razlici između visine prinosa u kontrolnom tretmanu i prinosa u tretmanu s fosforom i kalijem, bez dušika. Ovi rezultati ukazuju na činjenicu kako je na pseudoglejnom tlu na kojem je postavljen pokus, dušik iz mineralnih gnojiva bitan čimbenik koji određuje visinu prinosa tritikale. Na tretmanu s 250 kg dušika i fosfogipsom zabilježen je maksimalni prinos od čak 65.04 dt/ha, što je povećanje u odnosu na kontrolu od čak 88 %.

**Tablica 41.** - Analiza varijance za prinos zrna tritikale

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	14309,19	8	1788,65	53,059***	0,94
Pogreška	910,19	27	33,71		

<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$



**Grafikon 44.** Prinos zrna tritikale, dt/ha

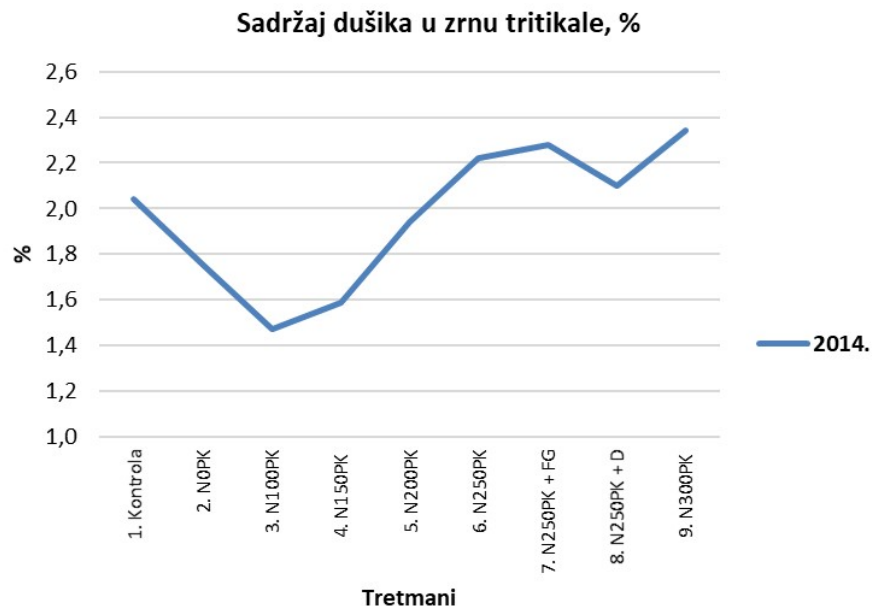
### 3.2.5.2. Sadržaj dušika u zrnu, % u suhoj tvari

Sadržaj dušika u zrnu tritikale prikazan je na grafikonu 45. Prema rezultatima analize varijance (tablica 42) za količinu dušika u zrnu, u usporedbi s količinama gnojidbe, pokus je statistički opravdan. U usporedbi s kontrolom, u sljedeća dva tretmana dolazi do smanjenja sadržaja dušika u zrnu koji potom od tretmana sa 100 kg N/ha ima trend porasta do tretmana sa 300 kg N/ha gdje je zabilježena najveća vrijednost (2,34 %). Najmanja vrijednost sadržaja dušika u zrnu zabilježena je u tretmanu sa 100 kg mineralnog dušika (1,47 %). Prema ovim rezultatima, gnojidba dušikom utjecala je na povećanje količine dušika u zrnu tritikale.

**Tablica 42.** Analiza varijance za sadržaj dušika u zrnu tritikale

Izvori varijacije <sup>1</sup>	SS	df	MS	F	R <sup>2</sup>
Gnojidba	3,0649	8	0,3831	15,221***	0,82
Pogreška	0,6796	27	0,0252		

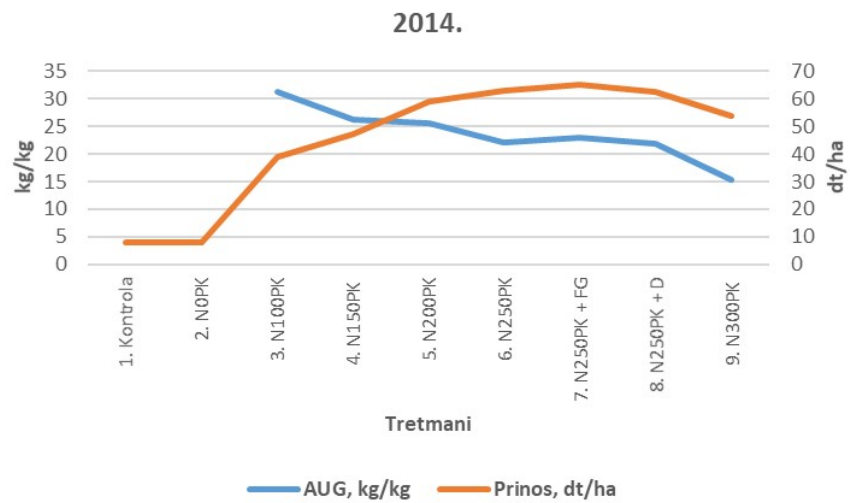
<sup>1</sup>razina statističke značajnosti: \*\*\*p < 0.001; \*\*p < 0.01; \*p < 0.05



**Grafikon 45.** Sadržaj dušika u zrnu tritikale, % u suhoj tvari

### 3.2.5.3. Agronomska učinkovitost gnojidbe

Grafikon 46 prikazuje ovisnost agronomske učinkovitosti gnojidbe i prinosa zrna tritikale o intenzitetu mineralne dušične gnojidbe u 2014. godini. Gnojidba mineralnim dušikom imala je ključan utjecaj na prinos zrna. Međutim, vrijednosti AUG pokazuju trend smanjenja s obzirom na rastuće količine mineralnog dušika. Maksimalne vrijednosti AUG zabilježene su na tretmanu od 100 kg N/ha. U odnosu na visinu prinosa, što se vidi iz sjecišta linija, optimalna agronomska učinkovitost gnojidbe za tritikale zabilježena je s mineralnom gnojidbom od 150-200 kg N/ha, te se ista može smatrati prihvatljivom za ekonomski opravdan prinos zrna tritikale u navedenim agroekološkim uvjetima.



**Grafikon 46.** Utjecaj intenziteta gnojidbe dušikom na prinos zrna tritikale (dt/ha) i agronomsku učinkovitost gnojidbe (AUG, kg/kg) prema godinama istraživanja

## 4. Klima na području istraživanja

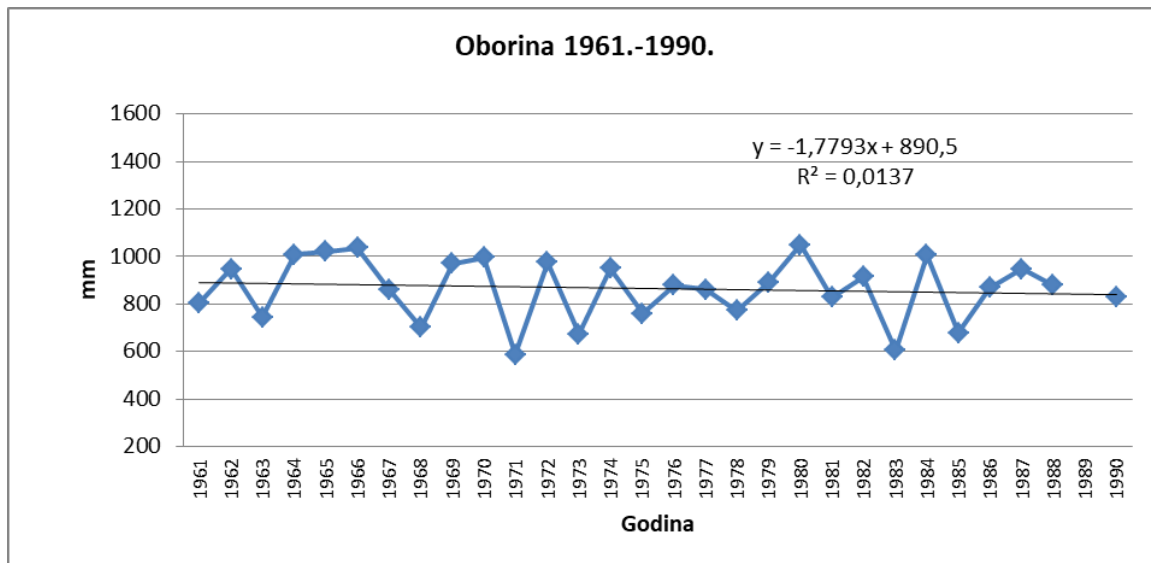
Klima područja na kojem se provodi istraživanje je umjerena kontinentalna. Prema Köppenovoj klasifikaciji klime, područje istraživanja ima umjereno toplu kišnu klimu (Cfwbx”) poput većine Hrvatske (Penzar and Penzar, 2010). U uvjetima takve klime, u cjelini gledano, vrlo su dobre mogućnosti uzgoja najvažnijih ratarskih kultura, premda pojedinih godina može doći do stradanja usjeva uslijed klimatskih aberacija. Klimatske prilike istraživanog područja opisane su prikazom godišnjeg hoda srednjih mjesečnih vrijednosti temperature zraka i količine oborine za referentno razdoblje 1961.-1990., recentno razdoblje 1991.-2018., ukupno razdoblje 1961.-2018. godine, te za razdoblje istraživanja 1997.-2018. godine. Podaci o klimatskim elementima prikupljeni su na glavnoj meteorološkoj postaji Sisak (h = 98 m n.m., 45°29'59" N, 16° 22' 0" E) iz redovne mreže meteoroloških postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ).

### 4.1. Oborina

Među meteorološkim elementima oborina je, uz temperaturu, najvažnija za formiranje sustava biljne proizvodnje na nekom području. Prosječna godišnja količina oborina za referentno razdoblje 1961-1990. iznosi 866,8 mm (tablica 43). Primarni maksimum nalazi se u lipnju, a sekundarni se javlja u studenom. Zimski minimum oborina pada u veljači, a jesenski u listopadu. Prosječni raspored oborina vrlo je povoljan, ali pojedinih godina dolazi do znatnih odstupanja u distribuciji oborina tokom pojedinih mjeseci.

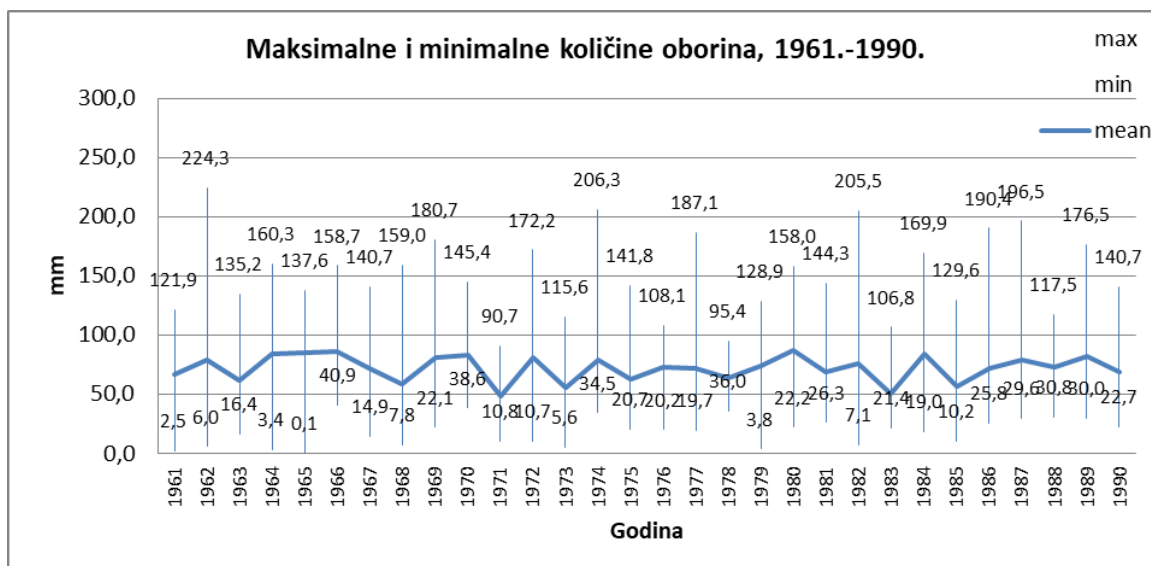
**Tablica 43.** Mjesečna i godišnja količina oborina, 1961.-1990. (mm)

Godina	Mjeseci												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prosjek 1961- 1990	51,9	49,5	58,2	73,3	81,7	90,9	77,2	85,2	76,1	64,4	90,4	68,0	866,8



**Grafikon 47.** Godišnja količina oborina za meteorološku postaju Sisak u 30-godišnjem razdoblju (1961.-1990.) s prikazom linearnog trenda

Linearni trend vremenske distribucije količine oborine u 30-godišnjem referentnom razdoblju prikazuje smanjenje godišnje količine oborine od 17,8 mm po dekadi, odnosno za taj iznos manje od prosječne količine oborine kroz trideset godina (grafikon 47). Ovaj trend nije statistički značajan (uz  $p < 0.05$ ). Vrijednosti maksimalnih i minimalnih mjesečnih količina oborine u referentnom razdoblju variraju, ali prate trend (grafikon 48).

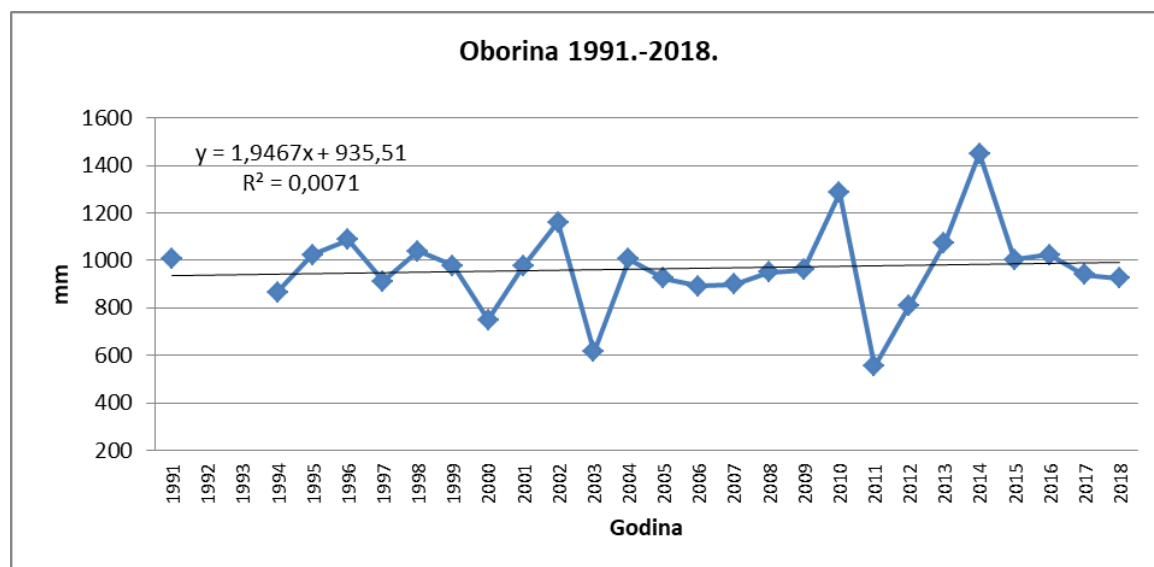


**Grafikon 48.** Maksimalne i minimalne količine oborina za meteorološku postaju Sisak u 30-godišnjem razdoblju (1961.-1990.)

Za usporedbu raspodjele mjesečne količine oborina analizirano je i recentno razdoblje (1991.-2018.), za koje prosječna godišnja količina oborina iznosi 965.5 mm (tablica 44), što je za gotovo 100 mm veća suma od vrijednosti zabilježene za referentno razdoblje. Primarni maksimum nalazi se u lipnju, a sekundarni se javlja u rujnu. Zimski minimum oborina pada u ožujku, a jesenski u prosincu. Zamjetan je porast prosječne mjesečne količine oborina u ljetnim i jesenskim mjesecima, u odnosu na prijašnje razdoblje.

**Tablica 44.** Mjesečna i godišnja količina oborina, 1991-2018. (mm)

Godina	Mjeseci												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prosjek 1991-2018	61,7	58,3	57,2	72,5	91,0	96,6	85,8	83,4	108,7	86,2	94,8	69,3	965,5



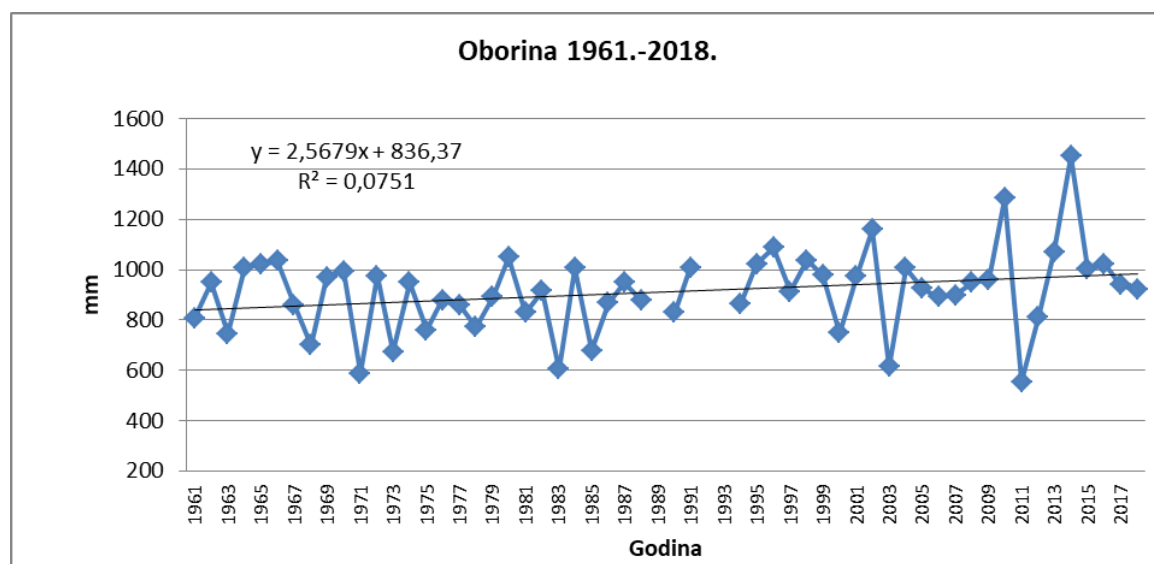
**Grafikon 49.** Godišnja količina oborina za meteorološku postaju Sisak u 28-godišnjem razdoblju (1991.-2018.) s prikazom linearnog trenda

Linearni trend distribucije količine oborine u recentnom razdoblju (1991.-2018.) prikazuje blago povećanje godišnje količine oborine od 19.5 mm po dekadi, odnosno za taj iznos više od prosječne količine oborine kroz 28 godina (grafikon 49). Ovaj trend nije statistički značajan (uz  $p < 0.05$ ). Ističu se vrlo vlažne godine 2002., 2010. i 2014. godina, te sušne 2000., 2003. i 2011. godina.

Prosječna godišnja količina oborina za ukupno razdoblje 1961-2018. iznosi 911.9 mm (tablica 45). Primarni maksimum nalazi se u lipnju, a sekundarni se javlja u rujnu i studenom. Zimski minimum oborina pada u veljači, a jesenski u prosincu.

**Tablica 45.** Mjesečna i godišnja količina oborina, 1961.-2018. (mm)

Godina	Mjeseci												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prosjek 1961-2018	56,6	53,7	57,7	72,9	86,1	93,7	81,4	84,3	91,8	74,9	92,5	68,6	911,9



**Grafikon 50.** Godišnja količina oborina za meteorološku postaju Sisak u 58-godišnjem razdoblju (1961.-2018.) s prikazom linearnog trenda

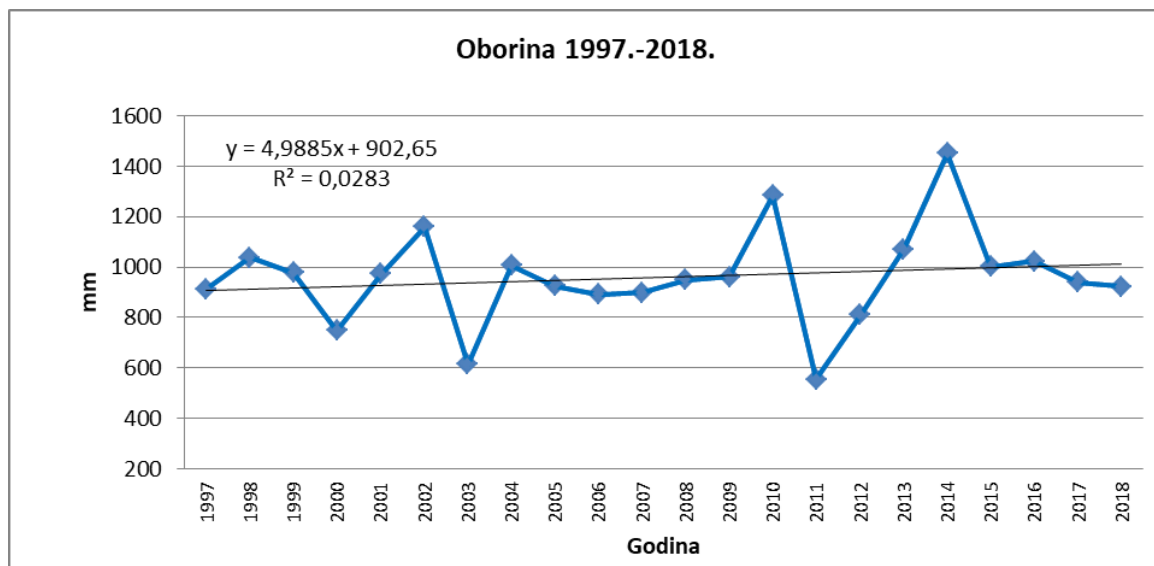
Linearni trend distribucije godišnje količine oborine u ukupnom razdoblju (1961.-2018.) pokazuje statistički značajno povećanje količine oborine od 25.7 mm po dekadi, odnosno za taj iznos više od prosječne količine oborine kroz 58 godina (uz  $p < 0.05$ ) (grafikon 50).

U razdoblju istraživanja (1997.-2018.), prosječna godišnja količina oborina iznosila je 960.0 mm (tablica 46), što je također za gotovo 100 mm veća suma od vrijednosti zabilježene za referentno razdoblje. Primarni maksimum nalazi se u svibnju, a sekundarni se javlja u rujnu. Zimski minimum oborina pada u ožujku, a jesenski u prosincu.



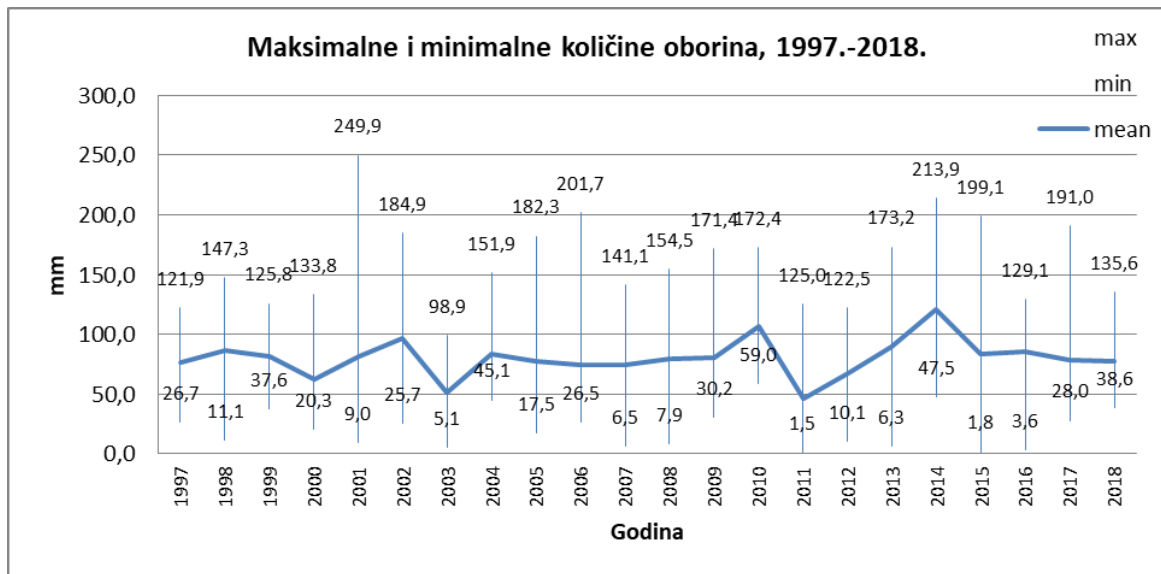
**Tablica 46.** Mjesečna i godišnja količina oborina, 1997.-2018. (mm)

Godina	Mjeseci												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prosjek 1997-2018	63,6	62,7	59,6	74,5	91,1	91,0	85,3	78,9	110,6	82,7	90,7	69,6	960,0

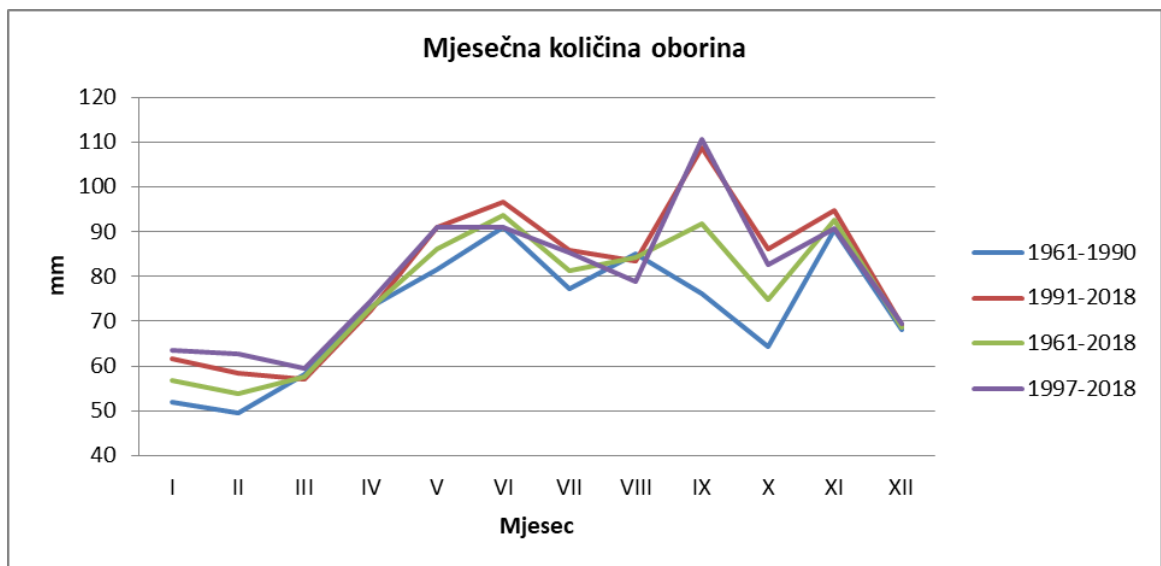


**Grafikon 51.** Godišnja količina oborina u razdoblju istraživanja (1997.-2018.) s prikazom linearnog trenda

Linearni trend distribucije količine oborine u razdoblju istraživanja (1997.-2018.) prikazuje povećanje godišnje količine oborine od 49.9 mm po dekadi, odnosno za taj iznos više od prosječne količine oborine kroz 22 godine (grafikon 51). Ovaj trend nije statistički značajan (uz  $p < 0.05$ ). Vremenska raspodjela godišnje količine oborine vrlo je nepravilna te se slijedom izmjenjuju izrazito vlažne i sušne godine s različitim rasponom količine oborina (grafikon 52).



**Grafikon 52.** Godišnje maksimalne i minimalne količine oborina za lokaciju Potok u razdoblju istraživanja (1997.-2018.)



**Grafikon 53.** Prikaz mjesečnih količina oborine za četiri vremenska razdoblja (referentno razdoblje: 1961-1990.; recentno razdoblje: 1991.-2018.; ukupno razdoblje: 1961.-2018.; razdoblje istraživanja: 1997.-2018.)

Prosječna mjesečna količina oborine pokazuje povećanje količina oborine u zimskim mjesecima, krajem ljeta te osobito u prvom dijelu jeseni za recentno i razdoblje istraživanja, u odnosu na ukupno i referentno razdoblje. Također, humidniji su i svibanj i srpanj u odnosu na prijašnje klimatsko stanje.

## 4.2. Temperatura zraka

Srednja godišnja temperatura iznosi prema višegodišnjem referentnom prosjeku 10,6 °C. Prema tome, riječ je o području umjereno tople klime (tablica 47).

**Tablica 47.** Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka, 1961.-1990. (°C)

Godina	Mjeseci												Sred-njak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prosje k 1961- 1990	-0,7	1,9	6,3	11,1	15,8	19,1	20,7	19,8	16,0	10,8	5,6	1,0	10,6

Prema toplinskim oznakama klime (Gračanin, 1950) srpanj je vrući mjesec, svibanj, lipanj, kolovoz i rujan su topli, travanj i listopad umjereno topli, ožujak i studeni umjereno hladni, veljača i prosinac hladni, a siječanj nivalan. U prosjeku, najhladniji je siječanj, a najtopliji srpanj. Odstupanja od prosječnih vrijednosti mogu biti znatna, što pojedinih godina može presudno utjecati na visinu prinosa ratarskih kultura zbog štetnog utjecaja previsokih ili preniskih temperatura.

U prilog tome govore i podaci o apsolutnim minimalnim (tablica 48), te o apsolutnim maksimalnim temperaturama (tablica 49). Apsolutni minimum temperature zraka za višegodišnje razdoblje iznosi -25,2 °C, a mjeseci s negativnim apsolutnim minimumom temperature su svi osim lipnja, srpnja i kolovoza. Treba naglasiti, međutim, da je pojava negativnih temperatura u svibnju, ali i u rujnu, razmjerno male učestalosti.

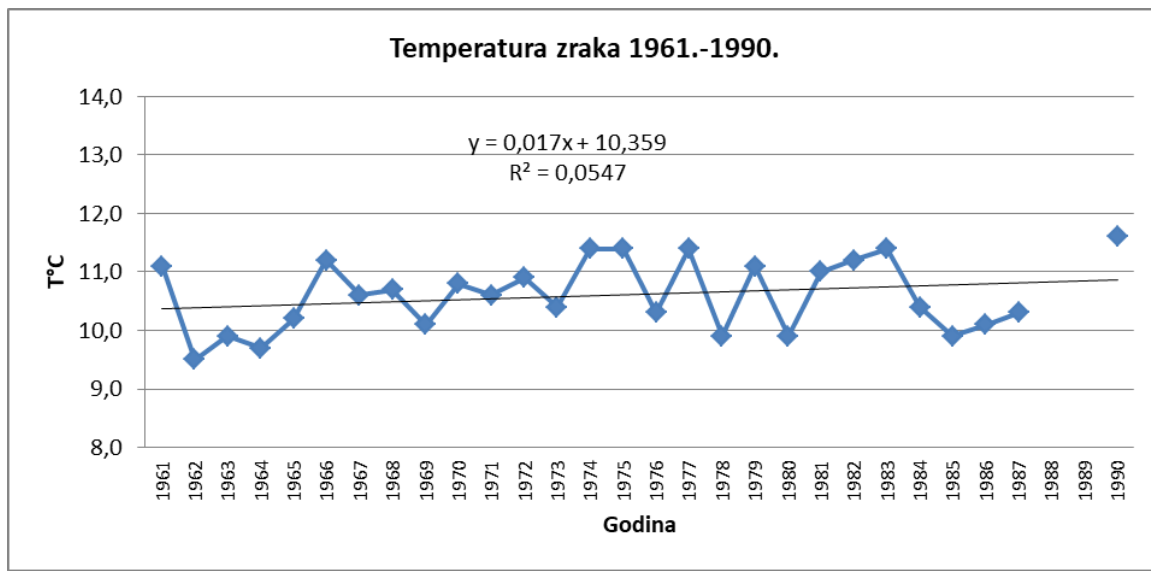
**Tablica 48.** Apsolutni mjesečni i godišnji minimum temperatura zraka, 1961.-1990. (°C)

Godina	Mjeseci												Ekstrem
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ekstremi 1961-1990	-25,2	-20,7	-18,4	-5,0	-2,3	1,9	5,4	3,9	-1,8	-7,2	-15,6	-18,2	-25,2

Apsolutni maksimum temperature zraka iznosi 38,4 °C. Kako je pojava visokih temperatura često povezana s nedostatkom vode u tlu, to ponekad može značiti stradavanje usjeva uslijed stresa.

**Tablica 49.** Apsolutni mjesečni i godišnji maksimum temperatura zraka, 1961.-1990. (°C)

Godina	Mjeseci												Ekstrem
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ekstremi 1961- 1990	18,8	21,8	27,4	30,4	32,3	34,4	38,4	36,6	33,2	29,6	25,0	23,7	38,4



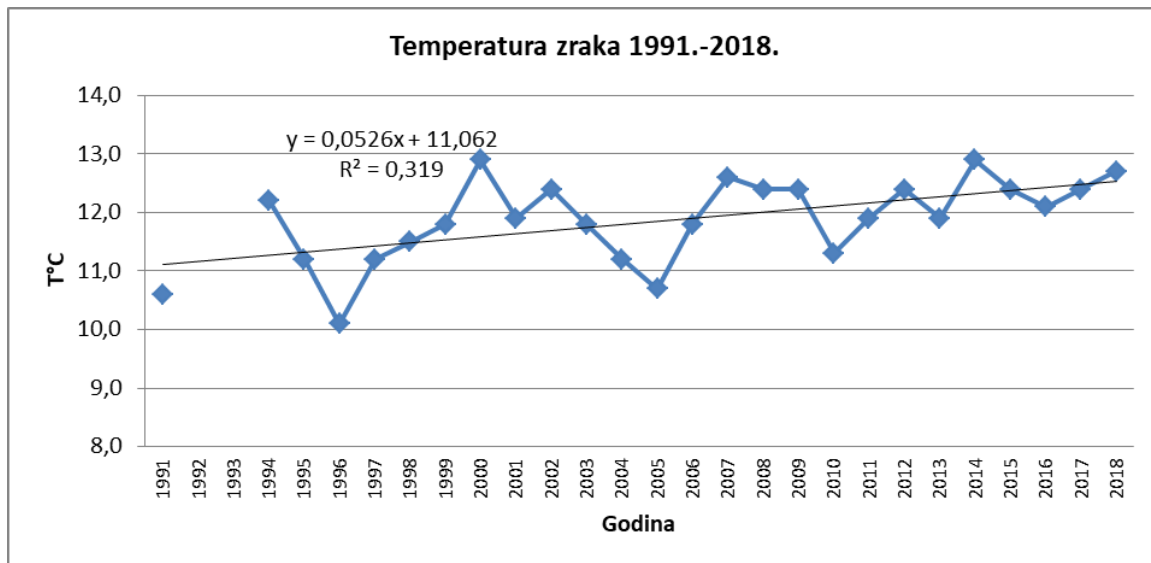
**Grafikon 54.** Srednja godišnja temperatura zraka za meteorološku postaju Sisak u 30-godišnjem razdoblju (1961.-1990.) s prikazom linearnog trenda

Linearni trend vremenske distribucije prosječne temperature zraka u 30-godišnjem referentnom razdoblju prikazuje povećanje godišnje temperature zraka od 0,2 °C po dekadi, odnosno za taj iznos više od prosječne temperature zraka kroz trideset godina (grafikon 54). Ovaj trend nije statistički značajan (uz  $p < 0.05$ ).

Srednja godišnja temperatura zraka za recentno razdoblje (1991.-2018.) iznosi 11,9 °C, što je za 1,3 °C viša vrijednost u odnosu na referentno razdoblje (tablica 50).

**Tablica 50.** Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka, 1991.-2018. (°C)

Godina	Mjeseci												Sred-njak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prosjek 1991-2018	1,3	2,9	7,5	12,4	17,0	20,7	22,4	21,6	16,4	11,5	6,8	1,8	11,9



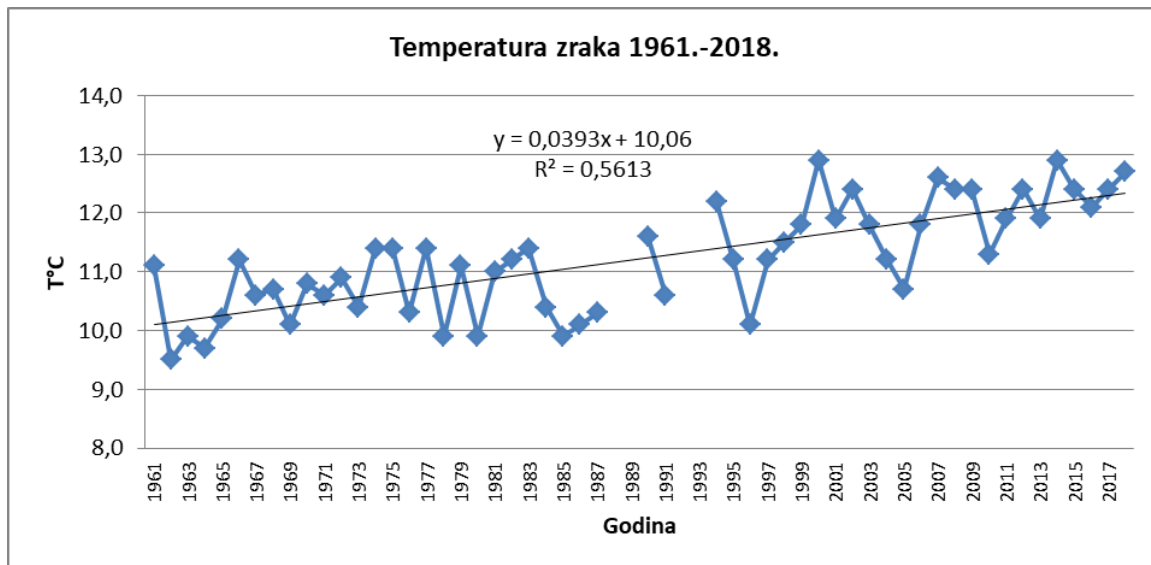
**Grafikon 55.** Srednja godišnja temperatura zraka za meteorološku postaju Sisak u 28-godišnjem razdoblju (1991.-2018.) s prikazom linearnog trenda

Linearni trend distribucije prosječne temperature zraka u recentnom razdoblju (1991.-2018.) prikazuje statistički značajno povećanje godišnje temperature zraka od 0.5 °C po dekadi, odnosno za taj iznos više od prosječne temperature zraka kroz 28 godina (uz  $p < 0.05$ ) (grafikon 55).

Srednja godišnja temperatura zraka za ukupno razdoblje (1961.-2018.) iznosi 11,2 °C (tablica 51).

**Tablica 51.** Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka, 1961.-2018. (°C)

Godina	Mjeseci												Sred-njak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prosjek 1961-2018	0,3	2,3	6,9	11,7	16,4	19,9	21,6	20,7	16,2	11,1	6,2	1,4	11,2



**Grafikon 56.** Srednja godišnja temperatura zraka za meteorološku postaju Sisak u 58-godišnjem razdoblju (1961.-2018.) s prikazom linearnog trenda

Linearni trend distribucije prosječne temperature zraka u ukupnom razdoblju (1961.-2018.) prikazuje statistički značajno povećanje godišnje temperature zraka od 0.4 °C po dekadi, odnosno za taj iznos više od prosječne temperature zraka kroz 58 godina (uz  $p < 0.05$ ) (grafikon 56).

Srednja godišnja temperatura zraka za razdoblje istraživanja iznosi prema višegodišnjem prosjeku 12,0 °C. Prema tome, riječ je o povećanju temperature zraka od 1,4 °C u odnosu na referentno razdoblje (tablica 52).

**Tablica 52.** Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka, 1997.-2018. (°C)

Godina	Mjeseci												Sred-njak
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Prosjek 1997-2018	1,2	3,1	7,6	12,6	17,2	21,1	22,6	21,7	16,4	11,7	6,9	2,0	12,0

Prema toplinskim oznakama klime lipanj, srpanj i kolovoz su vrući mjeseci, travanj, svibanj i rujna su topli, listopad umjereno topao, ožujak i studeni umjereno hladni, a siječanj, veljača i prosinac hladni. U prosjeku, najhladniji je siječanj, a najtopliji srpanj.

Apsolutni minimum temperature zraka za razdoblje istraživanja iznosi -21,1 °C, a mjeseci s negativnim apsolutnim minimumom temperature su svi osim svibnja, lipnja, srpnja, kolovoza i rujna (tablica 53).

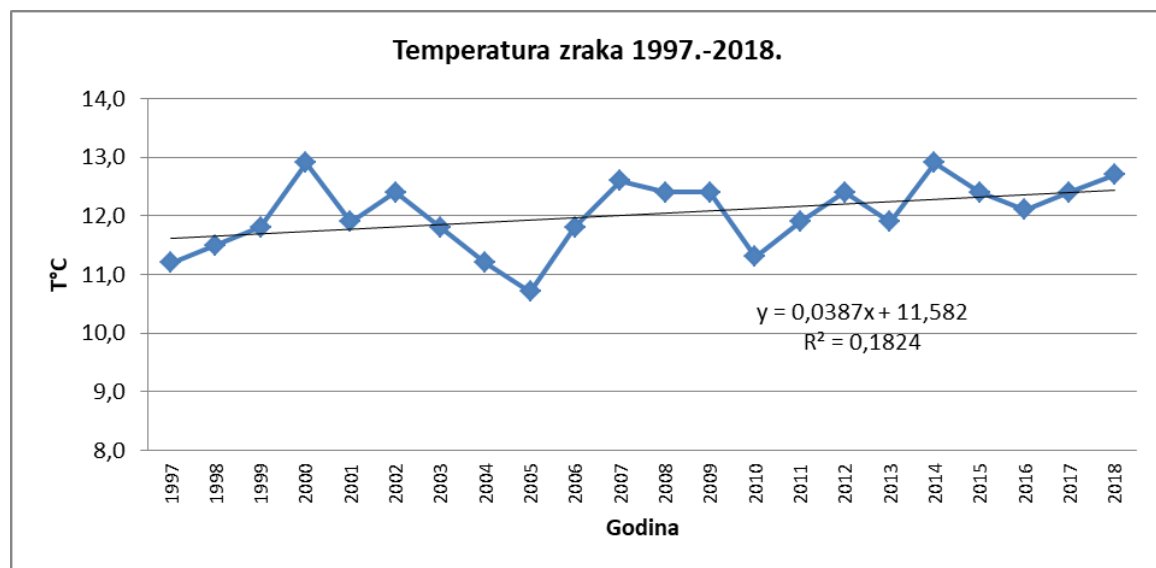
**Tablica 53.** Apsolutni mjesečni i godišnji minimum temperatura zraka, 1997.-2018. (°C)

Godina	Mjeseci												Ekstrem
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ekstremi 1997-2018	-21,1	-20,0	-15,2	-3,5	0,9	3,7	7,0	6,5	0,6	-5,9	-9,1	-16,6	-21,1

Apsolutni maksimum temperature zraka iznosi 40,0 °C. Gotovo u svim mjesecima zabilježeni apsolutni maksimum temperature zraka je viši u odnosu na referentno razdoblje (tablica 54).

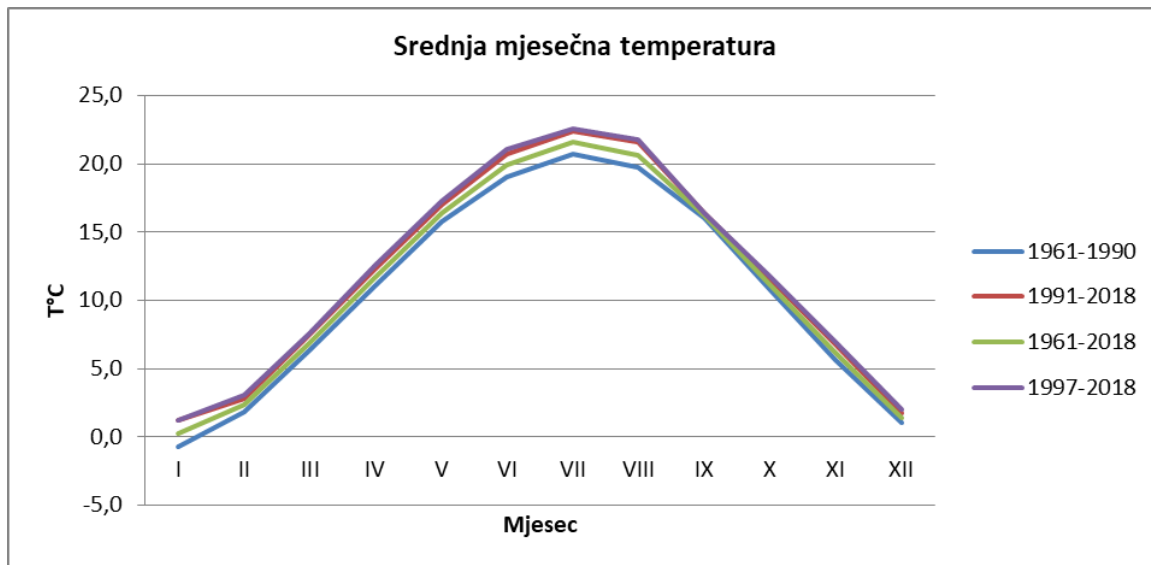
**Tablica 54.** Apsolutni mjesečni i godišnji maksimum temperatura zraka, 1997.-2018. (°C)

Godina	Mjeseci												Ekstrem
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ekstremi 1997-2018	21,4	23,4	26,0	31,1	34,3	36,6	39,1	40,0	35,0	28,3	24,7	22,4	40,0



**Grafikon 57.** Srednja godišnja temperatura zraka u razdoblju istraživanja (1997.-2018.) s prikazom linearnog trenda

Linearni trend distribucije prosječne temperature zraka u razdoblju istraživanja (1997.-2018.) prikazuje statistički značajno povećanje godišnje temperature zraka od 0,4 °C po dekadi, odnosno za taj iznos više od prosječne temperature zraka kroz 22 godine (uz  $p < 0.05$ ) (grafikon 57).



**Grafikon 58.** Prikaz srednje mjesečne temperature zraka za četiri vremenska razdoblja (referentno razdoblje: 1961.-1990.; recentno razdoblje: 1991.-2018.; ukupno razdoblje: 1961.-2018.; razdoblje istraživanja: 1997.-2018.)

Usporedbom sva četiri analizirana razdoblja, jasno je povećanje prosječne temperature zraka u svim mjesecima tijekom vremena (grafikon 58).

### 4.3 Bilanca vode u tlu

Evapotranspiracija je vrlo važan proces unutar vodnog režima tla. Predstavlja onu količinu vode koja se gubi iz tla procesima evaporacije i transpiracije s određene površine u određenom vremenu. Biljke mogu ostvariti maksimalnu potrošnju vode samo u optimalnim uvjetima opskrbljenosti tla vodom. Ti uvjeti predstavljaju potencijalnu evapotranspiraciju (PET), dok u uvjetima nedostatka vode, stvarno utrošena količina vode u tlu je manja od potencijalne i predstavlja stvarnu evapotranspiraciju (SET).

Bilanciranje vode u tlu provedeno je prema metodi Thornthwaitea za referentno razdoblje (1961.-1990.) i razdoblje istraživanja (1997.-2018.), a određene su potencijalna i stvarna evapotranspiracija, te manjak i višak vode (tablica 55). Prema prosječnim vrijednostima za razdoblje 1961.-1990. stvarna evapotranspiracija iznosi 654,9 mm godišnje, a manjak vode javlja se u kolovozu i rujnu, u ukupnom iznosu 27,0 mm. Najveći prosječni nedostatak vode javlja se u kolovozu. Višak vode javlja se najvećim dijelom izvan vegetacijskog razdoblja, a iznosi 211,9 mm.

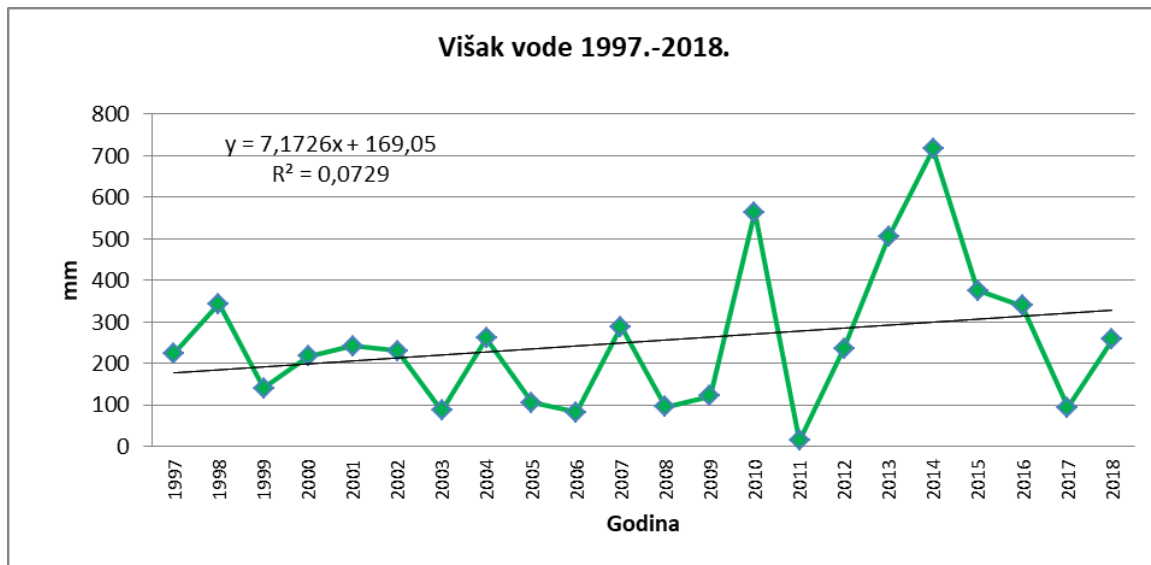


U razdoblju 1997.-2018., mjesečne vrijednosti stvarne evapotranspiracije (SET) kreću se od 1,9 mm u siječnju do 137,3 mm u srpnju (tablica 55). Prosječna višegodišnja suma isparene vode iz tla i biljaka iznosi 677,9 mm. Nedostatak vode u tlu javlja se u srpnju i kolovozu, u ukupnom iznosu od 55,7 mm. Višak vode javlja se tijekom zime i u prvom dijelu proljeća, te u studenom i prosincu, a iznosi 252 mm. Može se zaključiti da je posljednje vremensko razdoblje obilježeno većim viškom vode u tlu, kao i većim nedostatkom vode u odnosu na referentne klimatske prilike. Intenzivne kiše u hladnom dijelu godine u kontrastu su sa suhim toplim mjesecima. Zbog porasta temperature zraka, i vrijednosti PET su više za novije razdoblje.

**Tablica 55.** Bilanca vode u tlu

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma
1961.-1990.													
PET	0,0	4,4	24,4	53,7	93,5	119,1	132,9	115,9	76,7	42,9	16,4	2,0	681,8
R	100,0	100,0	100,0	100,0	88,2	60,0	4,3	0,0	0,0	21,5	95,6	100,0	769,5
SET	0,0	4,4	24,4	53,7	93,5	119,1	132,9	89,5	76,1	42,9	16,4	2,0	654,9
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4	0,6	0,0	0,0	0,0	27,0
V	51,9	45,0	33,7	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,6	211,9
1997.-2018.													
PET	1,9	6,3	26,6	57,3	99,0	131,0	144,8	127,1	74,8	43,2	18,3	3,4	733,6
R	100,0	100,0	100,0	100,0	92,1	52,0	0,0	0,0	35,8	75,3	100,0	100,0	855,1
SET	1,9	6,3	26,6	57,3	99,0	131,0	137,3	78,9	74,8	43,2	18,3	3,4	677,9
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	48,2	0,0	0,0	0,0	0,0	55,7
V	51,7	46,3	32,9	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,7	66,2	252,0

Linearni trend distribucije godišnjeg viška vode dobivenog izračunom evapotranspiracije prema Thornthwaiteu za razdoblje istraživanja (1997.-2018.) prikazuje povećanje od 71.7 mm po dekadi, odnosno za taj iznos više od prosječnog godišnjeg viška vode kroz 22 godine (grafikon 59). Ovaj trend nije statistički značajan (uz  $p < 0.05$ ). U 2010. i 2014. godini izračunom je dobiven najveći višak vode (564 mm i 716 mm).



**Grafikon 59.** Godišnji višak vode dobiven izračunom evapotranspiracije prema Thornthwaiteu za razdoblje istraživanja (1997.-2018.)

#### 4.4. Utjecaj agroklimatskih uvjeta na prinos uzgajanih kultura

U uvjetima umjerene kontinentalne klime, u cjelini gledano, vrlo su dobre mogućnosti uzgoja najvažnijih ratarskih kultura, premda pojedinih godina može doći do stradanja usjeva uslijed klimatskih aberacija. Analiza utjecaja agroklimatskih uvjeta na prinos uzgajanih kultura temelji se na prosječnim vrijednostima klimatskih elemenata prikupljenim na meteorološkoj postaji Sisak redovne mreže postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda, tijekom razdoblja istraživanja 1997.-2018. godine. Ocjena temperaturnih i oborinskih prilika u istraživanim godinama, provedena je koristeći klasifikaciju temeljenu na teorijskoj razdiobi srednjih godišnjih temperatura zraka i količine oborine u razdoblju 1997.-2018. Ove teorijske razdiobe određuju granice "normalnih" i ekstremnih" temperaturnih i oborinskih prilika (tablica 55) pomoću kumulativnih učestalosti (površina ispod krivulje teorijske razdiobe, u postocima) (Juras i Juras, 1987.; Juras, 1994.). Procjena odstupanja vrijednosti manjka vode u tlu provedena je temeljem klasifikacije prikazane u tablici 56.

**Tablica 56.** Definicija klasa za procjenu odstupanja srednjih godišnjih vrijednosti temperature zraka, količine oborine i manjka vode u tlu

Klase oborine	Oznaka	Granice (percentili)	Oznaka	Klase temperature	Klase manjka vode	Oznaka	Granice manjka vode (mm)
ekstremno sušno		<2,0		ekstremno hladno	normalno		< 80
vrlo sušno		2,0-8,9		vrlo hladno			
sušno		9,0-24,9		hladno			
normalno		25,0-75,0		normalno	sušno		80-160
kišno		75,1-91,0		toplo			
vrlo kišno		91,1-98,0		vrlo toplo	jako sušno		> 160
ekstremno kišno		>98,0		ekstremno toplo			

Tijekom 22-godišnjeg istraživanog razdoblja 1997.-2018., uzgajane kulture u plodosmjerni bile su kukuruz (n=6), ozima pšenica (n=8), uljana repica (n=3), soja (n=4) i tritikale (n=1). Za potrebe utvrđivanja utjecaja agroklimatskih uvjeta na prinos uzgajanih kultura promatrani su prinosi ostvareni na varijanti 4. s gnojidbenim tretmanom N150 + P + K. Jačina korelacije između ostvarenih prinosa i agroekoloških čimbenika interpretirana je prema Roemer-Orphal-ovoj skali (Vasilj, 2000.) Ostvareni prinosi istraživanih kultura te ocjena agroklimatskih uvjeta istraživanih godina prikazani su u tablici 57.

**Tablica 57.** Prinosi kultura te ocjena agroklimatskih uvjeta istraživanih godina tijekom razdoblja 1997.-2018.

Kultura	Godina	Prinos (dt/ha)	Količina oborine (mm)	Temperatura zraka (°C)	SET (mm)	V (mm)	M (mm)
pšenica	1997.	38,70	912,3	11,2	582,8	223,9	121,2
ulj. repica	1998.	25,10	1038,7	11,5	724,1	343,3	0
kukuruz	1999.	88,40	977,7	11,8	632,1	140,1	94,3
pšenica	2000.	49,20	748,3	12,9	496,6	216,9	267,6
ulj. repica	2001.	38,50	974,1	11,9	571,7	242,1	161,3
soja	2002.	31,00	1160,5	12,4	646,3	229,9	92,0
pšenica	2003.	31,80	614,8	11,8	426,1	86,3	334,9
kukuruz	2004.	73,8	1005,9	11,2	605,4	261,1	91,3
soja	2005.	28,10	925,1	10,7	639,3	105,2	54,6
pšenica	2006.	62,60	891,5	11,8	577,7	82,5	145,7
kukuruz	2007.	67,30	899,1	12,6	461,2	287,9	294,2
pšenica	2008.	23,60	949,8	12,4	562,9	95,6	173,9
ulj. repica	2009.	35,30	960,3	12,4	480,1	121,4	270,4
pšenica	2010.	46,20	1284,3	11,3	720,9	563,5	0
soja	2011.	25,60	554,9	11,9	394,7	14,4	340,9
pšenica	2012.	6,50	810,9	12,4	575,8	235	187,1
kukuruz	2013.	80,97	1071,9	11,9	568,2	503,7	154,4
tritikale	2014.	47,00	1450,8	12,9	734,6	716,1	0
kukuruz	2015.	50,28	1002,5	12,4	630,5	375,5	114,2
pšenica	2016.	69,70	1024,3	12,1	684,9	339,2	46,2
kukuruz	2017.	134,23	938,6	12,4	565,4	93,1	179,6
soja	2018.	46,75	924,1	12,7	611,8	256,9	151,7

SET-stvarna evapotranspiracija, V-višak vode u tlu; M-manjak vode u tlu

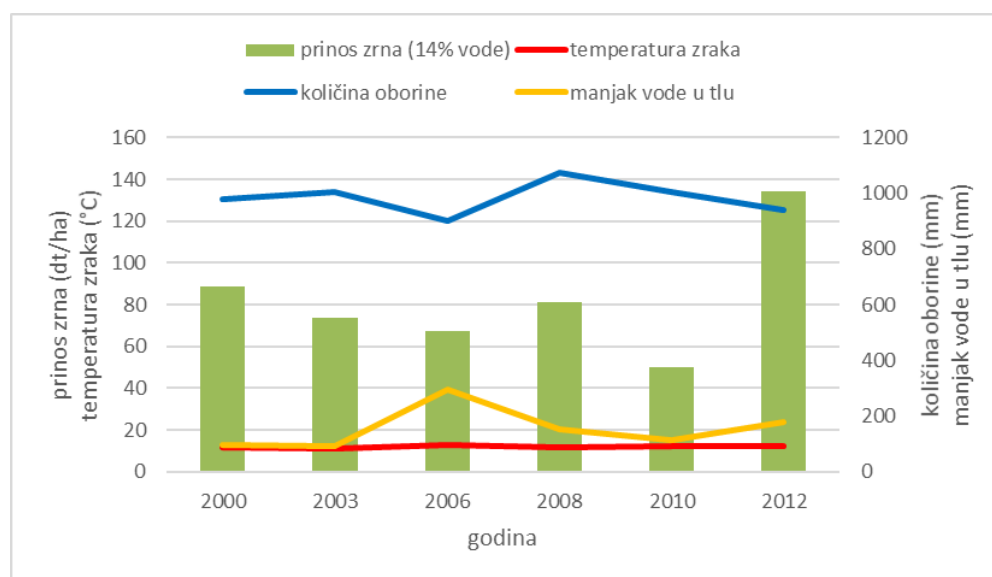
Od meteoroloških elemenata, količina oborine i temperatura zraka su najvažnije za formiranje sustava biljne proizvodnje na nekom području. Srednja godišnja temperatura zraka u 22-godišnjem razdoblju kretala se od 10,7 do 12,9 °C i samo trećina razdoblja (7 godina) je bila normalna s obzirom na temperaturne prilike. 10 godina su bile iznadprosječno tople (7 toplih, 1 vrlo topla i 2 ekstremno tople godine) a 5 godina ispodprosječno hladne (4 hladne i 1 ekstremno hladna godina). Godišnja količina oborine u promatranom razdoblju kretala se od 554,9 do 1450,8 mm. S obzirom na ocjenu oborinskih prilika, manje od pola razdoblja (10 godina) se nalazi u kategoriji normalnih vrijednosti. U preostalom razdoblju, jedna godina je bila ekstremno sušna, jedna vrlo sušna, četiri godine su bile sušne, četiri kišne, jedna vrlo kišna i jedna ekstremno kišna. Bilanciranjem vode u tlu, utvrđeno je da se stvarna evapotranspiracija kretala između 395 i 735 mm, višak vode u tlu kretao se od 14 do 716 mm

a manjak vode u tlu od 0 do 341 mm. S obzirom na utvrđeni manjak vode u tlu, samo 4 godine su bile normalne, a preostale godine su bile sušne (8 godina) ili vrlo sušne (9 godina).

U nastavku je prikazana ovisnost prinosa test kultura o agroklimatskim uvjetima koji su vladali na području istraživanja.

#### 4.4.1. Kukuruz

Prikaz ostvarenih prinosa zrna kukuruza i kretanje agroklimatskih čimbenika prikazano je na grafikonu 60, a njihova ovisnost u tablici 58. Od šest godina kada je test kultura bila kukuruz, samo je jedna godina ocijenjena kao normalna s obzirom na količinu oborine i temperaturu zraka ali je također ocijenjena i kao sušna s obzirom na utvrđeni manjak vode u tlu. Najmanji prinos ostvaren je u 2015. godine koja je bila topla i sušna s obzirom na manjak vode u tlu, a najveći prinos u 2017. godini koja je bila topla i vrlo sušna s obzirom na manjak vode u tlu, a u obje istraživane godine količina oborine je u granicama normale. Ovisnost između prinosa zrna kukuruza i temperature zraka, stvarne evapotranspiracije i manjka vode u tlu nije utvrđena, dok je s količinom oborine utvrđena vrlo slaba negativna ovisnost. Jaka negativna ovisnost utvrđena je između prinosa zrna kukuruza i viška vode u tlu, a prema koeficijentu determinacije 42 % prinosa ovisi o višku vode u tlu.



**Grafikon 60.** Prinos zrna kukuruza i kretanje agroklimatskih čimbenika

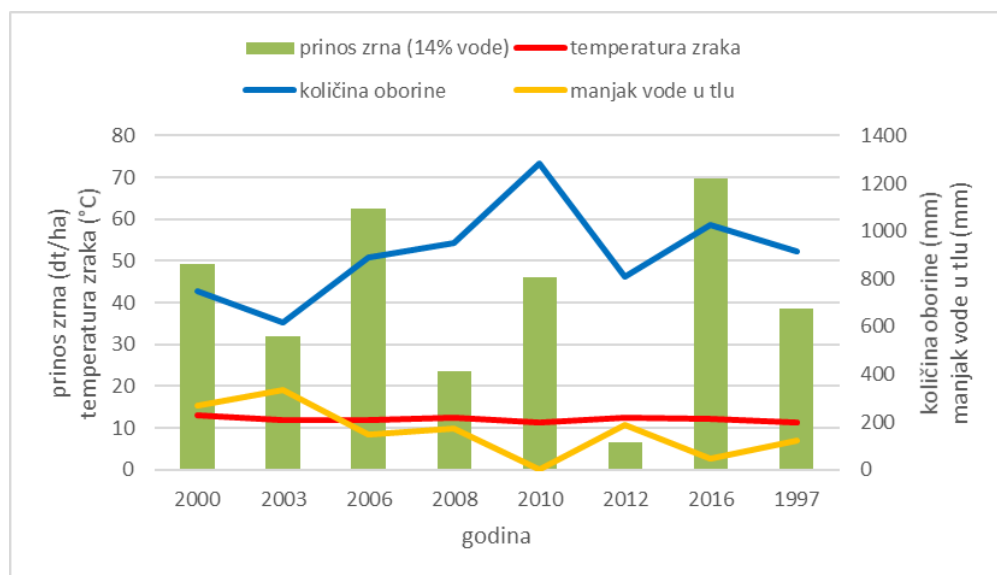
**Tablica 58.** Ovisnost između prinosa zrna kukuruza i agroklimatskih elemenata

element	koeficijent korelacije	jačina korelacije
<b>p</b>	- 0,24	vrlo slaba
<b>t</b>	+ 0,06	nema
<b>ET</b>	- 0,05	nema
<b>M</b>	+ 0,06	nema
<b>V</b>	- 0,64	jaka

p-količina oborine; t-temperatura zraka; SET stvarna evapotranspiracija; M-manjak vode u tlu; V-višk vode u tlu

#### 4.4.2. Ozima pšenica

Od osam godina kada je test kultura bila pšenica, niti jedna godina nije ocijenjena kao normalna s obzirom na promatrane agroklimatske čimbenike. Najmanji prinos ostvaren je 2012. godine koja je bila topla i sušna s obzirom na količinu oborine i manjak vode u tlu (grafikon 61, tablica 59). Najveći prinos ostvaren je 2016. godine koja je bila kišna i u granicama normale s obzirom na temperaturne prilike i manjak vode u tlu. Ovisnost između prinosa zrna pšenice i temperature zraka te viška vode u tlu je vrlo slaba, a s količinom oborine, stvarnom evapotranspiracijom i manjkom vode u tlu utvrđena je slaba ovisnost.



**Grafikon 61.** Prinos zrna pšenice i kretanje agroklimatskih čimbenika

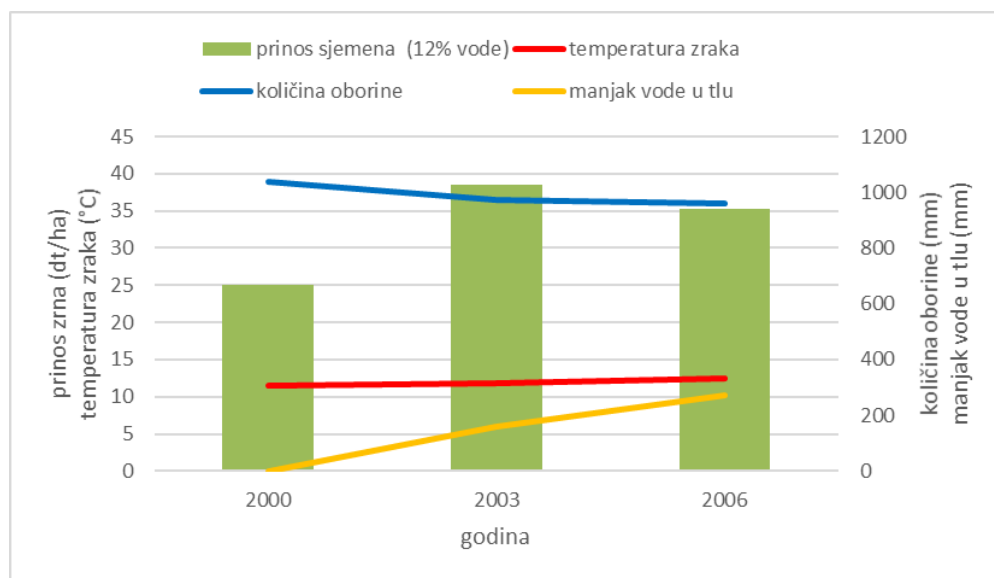
**Tablica 59.** Ovisnost između prinosa zrna pšenice i agroklimatskih elemenata

element	koeficijent korelacije	jačina korelacije
<b>p</b>	+ 0,31	slaba
<b>T</b>	- 0,18	vrlo slaba
<b>ET</b>	+ 0,36	slaba
<b>M</b>	- 0,40	slaba
<b>V</b>	+ 0,22	vrlo slaba

p-količina oborine; t-temperatura zraka; SET stvarna evapotranspiracija; M-manjak vode u tlu; V-višk vode u tlu

#### 4.4.3. Uljana repica

Ostvareni prinosi uljane repice i kretanje agroklimatskih čimbenika prikazano je na grafikonu 62, a njihova ovisnost u tablici 60. Najveći prinos ostvaren je 2001. godine koja je ocijenjena kao normalna s obzirom na oborinske i temperaturne prilike, ali je također ocijenjena i kao vrlo sušna s obzirom na utvrđeni manjak vode u tlu. Najmanji prinos ostvaren je u 1998. godine koja je bila kišna, hladna i s najvećim utvrđenim viškom vode u tlu u odnosu na ostale promatrane godine istraživanja kada je uzgajana uljana repica. Ovisnost između prinosa uljane repice i količine oborine je potpuna. Vrlo jaka ovisnost je utvrđena između prinosa i stvarne evapotranspiracije i manjka vode u tlu, a sa temperaturom zraka i viškom vode u tlu je utvrđena jaka ovisnost. Jaka negativna ovisnost utvrđena je između prinosa zrna kukuruza i viška vode u tlu, a prema koeficijentu determinacije 42 % prinosa ovisi o višku vode u tlu.



**Grafikon 62.** Prinos uljane repice i kretanje agroklimatskih čimbenika

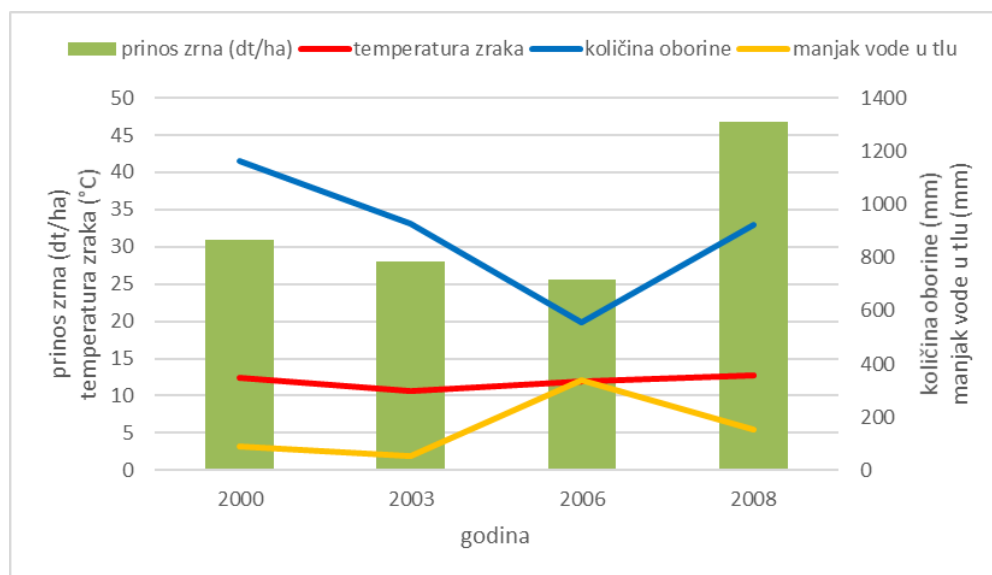
**Tablica 60.** Ovisnost između prinosa uljane repice i agroklimatskih elemenata

element	koeficijent korelacije	jačina korelacije
<b>P</b>	- 0,92	potpuna
<b>t</b>	+ 0,68	jaka
<b>ET</b>	- 0,82	vrlo jaka
<b>M</b>	+ 0,80	vrlo jaka
<b>V</b>	- 0,69	jaka

p-količina oborine; t-temperatura zraka; SET stvarna evapotranspiracija; M-manjak vode u tlu; V-višak vode u tlu

#### 4.4.4. Soja

Niti jedna godina kada je test kultura bila soja nije ocijenjena kao normalna s obzirom na promatrane agroklimatske čimbenike. Najmanji prinos ostvaren je 2011. godine koja je bila ekstremno sušna s obzirom na količinu oborine odnosno kao jako sušna s obzirom na utvrđeni manjak vode u tlu (grafikon 63, tablica 61). Najveći prinos ostvaren je 2018. godine koja je bila vrlo topla i sušna s obzirom na manjak vode u tlu, te u granicama normale s obzirom na oborinske prilike. Od svih promatranih agroklimatskih čimbenika, najjača ovisnost je utvrđena između prinosa soje i viška vode u tlu prema čijem koeficijentu determinacije 62 % prinosa soje ovisi o višku vode u tlu.



**Grafikon 63.** Prinos soje i kretanje agroklimatskih čimbenika



**Tablica 61.** Ovisnost između prinosa soje i agroklimatskih elemenata

element	koeficijent korelacije	jačina korelacije
<b>p</b>	+ 0,31	slaba
<b>t</b>	+ 0,63	jaka
<b>ET</b>	+ 0,40	srednja
<b>M</b>	- 0,22	vrlo slaba
<b>V</b>	+ 0,79	vrlo jaka

p-količina oborine; t-temperatura zraka; SET stvarna evapotranspiracija; M-manjak vode u tlu; V-višak vode u tlu

#### 4.4.5. Pšenoraž – tritikale

Prinos pšenoraži od 47 dt/ha ostvaren je 2014. godine koja je bila ekstremno kišna i ekstremno topla s obzirom na oborinske i temperaturne prilike.

#### 4.5. Oborine mjerene na lokaciji Potok

Za još detaljniji uvid u količinu oborine na istraživanoj lokaciji u tablici 62 prikazana je mjesečna varijabilnost oborine od 1997. do 2018. godine utvrđena internim opažanjima tijekom provedbe pokusa (lokacija Potok). Usporedbom navedene tablice 62 i prethodne prikazane tablice 46 uočavaju se određene razlike u sumi godišnjih oborina koje su opravdane iz razloga jer se količina oborina u tablici 46 odnosi na oborine na području grada Siska (najbliže meteo postaje pokusnom polju) dok tablica 62 predočava količinu oborine na samoj lokaciji. Uspoređujući količine jednogodišnjih suma oborina (tablica 62) za pojedine godine u istraživanom periodu uočava se da su tri godine (1998., 2010. i 2014.) u prosjeku zabilježile 27,7 % više oborina u odnosu na prosječnu sumu oborina u referentnom periodu (1965.-1990.). U 2011. godini zabilježena je najmanja pojedinačna suma oborina i iznosila je 385 mm što je u odnosu na količinu oborina u referentnom razdoblju (865 mm) ekvivalentno smanjenju od 55,5 %.

**Tablica 62.** Količina oborina na lokaciji istraživanja (Potok) u razdoblju od 1997. do 2018.

Godina	Oborine, mm												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1997.	44	55	24	46	73	81	103	63	30	76	127	86	807
1998.	65	23	58	59	103	107	121	87	174	120	102	49	1067
1999.	36	36	24	112	92	74	80	67	67	47	59	79	772
2000.	26	49	72	125	28	48	58	3	82	49	96	79	814
2001.	88	4	102	60	35	121	35	44	197	15	78	35	814
2002.	16	49	32	135	79	63	90	78	112	67	114	41	876
2003.	54	16	8	27	40	29	63	38	91	94	46	7	512
2004.	52	40	51	125	67	101	52	54	97	124	58	46	867
2005.	8	48	55	50	67	66	83	148	83	10	36	91	745
2006.	23	28	33	79	72	42	54	139	38	21	52	41	618
2007.	63	43	82	1	95	28	36	30	141	108	73	49	749
2008.	10	2	74	30	14	108	71	57	95	66	48	85	659
2009.	61	19	40	30	54	73	64	30	29	76	61	65	602
2010.	84	56	60	47	124	170	108	113	167	43	99	48	1120
2011.	8	11	23	21	26	53	44	37	39	60	0	64	385
2012.	23	39	12	35	119	79	23	7	102	76	71	105	692
2013.	117	72	117	60	66	32	57	40	144	38	149	2	893
2014.	40	110	32	129	154	66	93	87	180	133	49	58	1128
2015.	76	78	28	56	177	43	33	38	97	170	34	3	831
2016.	95	121	86	30	96	97	62	90	58	77	98	0	910
2017.	34	50	46	49	99	129	62	45	153	80	76	104	926
2018.	59	115	110	30	112	126	51	56	62	26	52	25	825
Prosjeck	49	48	53	61	82	79	66	61	102	72	72	53	795

#### 4.5.1. Evapotranspiracija prema metodi Thornthwaite-a, za lokaciju Potok

Evapotranspiracija je vrlo važan proces unutar vodnog režima tla. Predstavlja onu količinu vode koja se gubi iz tla procesima evaporacije i transpiracije s određene površine u određenom vremenu. Biljke mogu ostvariti maksimalnu potrošnju vode samo u optimalnim uvjetima opskrbljenosti tla vodom. Ti uvjeti predstavljaju potencijalnu evapotranspiraciju (PET), dok u uvjetima nedostatka vode, stvarno utrošena količina vode u tlu je manja od potencijalne i predstavlja stvarnu evapotranspiraciju (SET).

Bilanciranje vode u tlu provedeno je prema metodi Thornthwaite-a, a određene su potencijalna i stvarna evapotranspiracija, te manjak i višak vode čije su ukupne sume vrijednosti za svaku istraživanu godinu prikazane u Tablici 63.

Prema prosječnim vrijednostima za referentno razdoblje, stvarna evapotranspiracija iznosi 654,6 mm godišnje, a manjak vode javlja se u kolovozu i rujnu, u ukupnom iznosu 27,5 mm.

Višak vode javlja se najvećim dijelom tijekom zimskih mjeseci te početkom proljeća zaključno s travnjem, a iznosi ukupno 210,8 mm.

Prema prosječnim vrijednostima za istraživano 20-godišnje razdoblje, stvarna evapotranspiracija iznosi 766,2 mm, a manjak vode javlja se tijekom svih godina osim 1998., 2010. i 2014. i iznosi 156,0 mm. Višak vode zabilježen je tijekom svih godina (263,5 mm) (Tablica 3).

**Tablica 63.** Suma evapotranspiracije za istraživano razdoblje, Potok, 1997. do 2018. godine

Suma evapotranspiracije od 1997. do 2018. godine												
	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.
<b>PET</b>	704,0	724,1	726,3	764,2	733,0	738,3	761,0	696,7	693,8	723,5	755,4	736,8
<b>R</b>	723,1	1030,1	680,7	622,2	816,3	789,0	661,1	861,6	668,9	592,9	747,2	616,3
<b>SET</b>	582,8	724,1	632,1	496,6	571,7	646,3	426,1	605,4	639,3	577,7	461,2	562,9
<b>M</b>	121,2	0,0	94,3	267,6	161,3	92,0	334,9	91,3	54,6	145,7	294,2	173,9
<b>V</b>	223,9	343,3	140,1	216,9	242,1	229,9	86,3	261,1	105,2	82,5	287,9	95,6
	<b>2009.</b>	<b>2010.</b>	<b>2011.</b>	<b>2012.</b>	<b>2013.</b>	<b>2014.</b>	<b>2015.</b>	<b>2016.</b>	<b>2017.</b>	<b>2018.</b>	<b>Suma</b>	<b>Prosjek</b>
<b>PET</b>	750,5	720,9	735,6	762,9	722,6	734,6	744,6	731,1	667,7	763,5	16091,1	<b>766,2</b>
<b>R</b>	580,1	1050,5	473,9	769,0	812,4	1121,7	864,7	876,7	708,9	556,3	16623,6	<b>791,6</b>
<b>SET</b>	480,1	720,9	394,7	575,8	568,2	734,6	630,5	684,9	565,4	611,8	12893,0	<b>614,0</b>
<b>M</b>	270,4	0,0	340,9	187,1	154,4	0,0	114,2	46,2	179,6	151,7	3275,5	<b>156,0</b>
<b>V</b>	121,4	563,5	14,4	235,0	503,7	716,1	375,5	339,2	93,1	256,9	5533,7	<b>263,5</b>

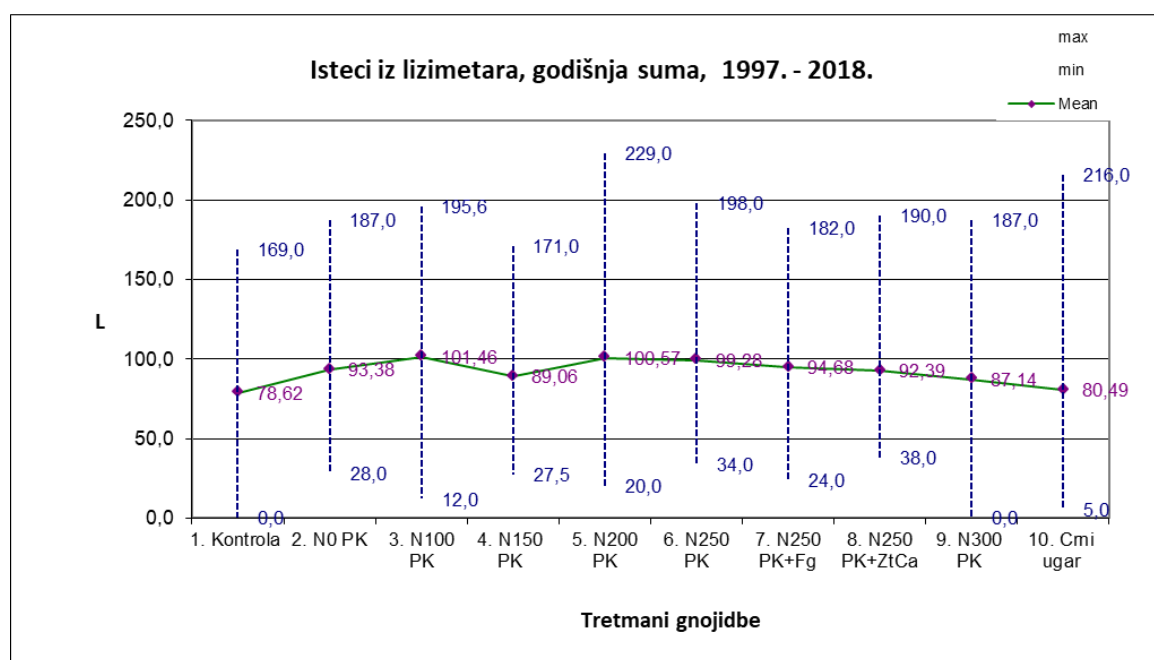
#### 4.6. Količina vode u lizimetrima

Količine vode u spremnicima lizimetara, prema varijantama pokusne površine za razdoblje istraživanja (1996.-2018.) prikazane su u tablici 64 i na grafikonu 64. U prosjeku, od ukupno 795 mm oborina, u lizimetrima je ukupno završilo **178,3 mm, odnosno 22,4 %** od ukupnih oborina u tom razdoblju.

**Tablica 64. - Količina vode u lizimetrima, prema varijantama pokusa, mm, 1996.-2018. godine**

Tretman	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Prosjek
1. Kontrola	92,0	221,0	307,0	241,0	147,6	320,0	332,0	56,0	338,0	172,0	96,0	88,0	68,0	70,0	0,0	148,0	210,0	72,0	132,0	62,0	64,0	92,0	<b>154,1</b>
2. N0 PK	83,0	218,2	337,0	257,6	170,0	374,0	357,0	56,0	353,2	302,0	102,0	122,0	74,0	92,0	98,0	256,0	212,0	80,0	146,0	62,0	66,0	83,0	<b>181,8</b>
3. N100 PK	20,4	191,0	337,0	270,2	170,0	364,0	365,0	70,0	391,2	294,0	114,0	158,0	162,0	150,0	28,0	334,0	330,0	124,0	102,0	80,0	24,0	20,4	<b>194,2</b>
4. N150 PK	50,4	191,0	322,0	233,4	147,0	284,0	314,0	76,0	258,0	294,0	78,0	108,0	114,0	58,0	114,0	342,0	306,0	55,0	128,0	74,0	66,0	50,4	<b>172,0</b>
5. N200 PK	79,2	194,6	277,0	235,4	148,0	362,0	458,0	86,0	330,0	329,6	116,0	148,0	124,0	130,0	40,0	344,0	294,0	118,0	138,0	84,0	66,0	79,2	<b>195,3</b>
6. N250 PK	60,8	202,4	291,6	245,2	156,0	340,0	392,0	76,0	336,0	286,0	106,0	160,0	136,0	124,0	100,0	396,0	282,0	100,0	98,0	76,0	68,0	60,8	<b>192,0</b>
7. N250 PK+Fg	104,0	206,4	267,6	225,2	170,0	340,0	354,0	72,0	316,0	326,0	126,0	60,0	92,0	78,0	48,0	364,0	298,0	128,0	154,0	76,0	86,0	104,0	<b>185,3</b>
8. N250 PK +Z+CaCO3	85,6	175,8	272,0	225,6	136,0	336,0	380,0	78,0	324,0	312,0	118,0	128,0	116,0	76,0	78,0	264,0	284,0	122,0	104,0	90,0	76,0	85,6	<b>180,0</b>
9. N300 PK	123,6	181,4	272,6	201,6	150,0	374,0	346,0	70,0	284,0	320,0	120,0	68,0	116,0	68,0	62,0	270,0	272,0	82,0	148,0	80,0	0,0	123,6	<b>171,9</b>
10. Crni ugar	62,0	189,6	272,0	225,0	138,0	270,0	432,0	78,0	315,0	272,0	126,0	62,0	72,0	72,0	94,0	250,0	182,0	72,0	34,0	54,0	10,0	62,0	<b>156,3</b>
<b>Prosjek</b>	<b>76,1</b>	<b>197,1</b>	<b>295,6</b>	<b>236,0</b>	<b>153,3</b>	<b>336,4</b>	<b>373,0</b>	<b>71,8</b>	<b>324,5</b>	<b>290,8</b>	<b>110,2</b>	<b>110,2</b>	<b>107,4</b>	<b>91,8</b>	<b>66,2</b>	<b>296,8</b>	<b>267,0</b>	<b>95,3</b>	<b>118,4</b>	<b>73,8</b>	<b>52,6</b>	<b>76,1</b>	<b>178,3</b>

Uzmu li se u razmatranje razlike u količini vode u spremnicima lizimetara, te njihova povezanost s količinama oborina, može se zaključiti da se kapacitet tla za vodu javlja kao bitan čimbenik koji prema količini zadržane vode može znatno varirati. Osim toga, u razdoblju visokih temperatura za evapotranspiraciju se troše znatne količine vode. Ipak, raspored i intenzitet oborina javljaju se kao najznačajnije varijable koje utječu na količinu vode u lizimetrima. Za potpunije razumijevanje odnosa između količine oborina i količine vode u spremnicima lizimetara neophodno je, međutim, uvažiti i kapacitet tla za vodu i evapotranspiraciju u određenom vremenskom razdoblju.



**Grafikon 64.** Količina vode u lizimetrima izražena kao godišnja suma po varijantama pokusne površine za razdoblje istraživanja (1996.-2018.)

#### 4.7. Količina vode iz drenskih cijevi

Prvi istek vode iz drenskih cijevi zabilježen je sredinom studenog 1997. godine, a posljednji početkom travnja 2018. godine. Prosječni izmjereni drenski istek za razdoblje istraživanja iznosio je 122 mm godišnje (tablica 65). Prosječna godišnja količina oborina mjerena na lokaciji Potok iznosila je 795 mm. Prosječni višak vode izračunat prema metodi Thornthwaite-a iznosi 265 mm. Godišnje variranje izmjerenog isteka mijenjalo se tijekom

razdoblja istraživanja od minimalno 0 mm u 2011. godini do maksimalno 245 mm u 2001. godini. Za cijelo vrijeme istraživanja cijevnom drenažom je u prosjeku oteklo 15 % oborinske vode. Tijekom dugogodišnjeg istraživanja, zabilježeni su određeni ekstremi viška vode. Ti ekstremi pripisuju se većim količinama oborina krajem godine u zimskim mjesecima, koji su se zbog veće količine snijega i tendencije njegovog otapanja nakon procjeđivanja manifestirali u narednoj godini.

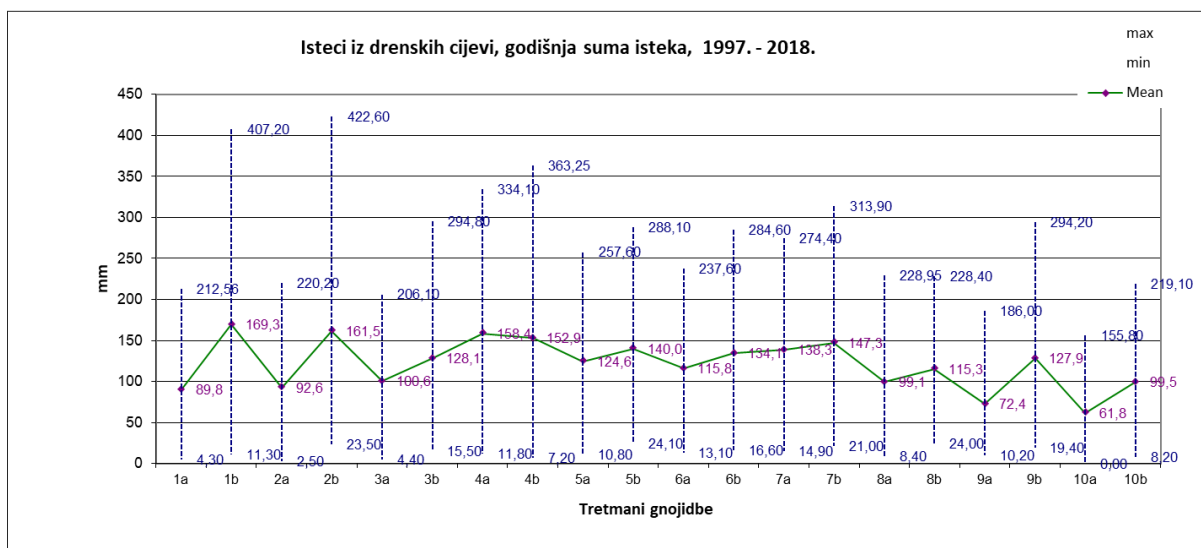
**Tablica 65.** Relacija između oborina, drenskog isteka i računski dobivenog viška vode

Godina	O - Oborine (mm)	Drenski istek (mm)	ET VV (višak vode, mm)	VV = 100 (%)	O = 100 (%)
1997.	807	116	224	51,8	14,4
1998.	1067	240	343	69,9	22,5
1999.	772	244	140	174,1	31,6
2000.	814	124	217	57,2	17,4
2001.	814	245	242	101,2	30,1
2002.	876	164	230	71,3	18,7
2003.	512	51	86	59,1	10,0
2004.	867	182	261	69,7	21,0
2005.	745	141	105	134,0	18,9
2006.	618	53	82	64,3	8,6
2007.	749	78	288	27,1	10,4
2008.	659	77	96	80,5	11,7
2009.	602	91	121	75,0	15,1
2010.	1120	85	564	15,1	7,6
2011.	385	0	14	0,0	0,0
2012.	692	13	235	5,5	1,9
2013.	893	146	504	29,0	16,3
2014.	1128	209	716	29,2	18,5
2015.	813	88	376	23,4	10,8
2016.	910	91	339	26,8	10,0
2017.	926	29	93	31,1	3,1
2018.	825	83	257	32,3	10,1
<b>Prosjek</b>	<b>795</b>	<b>122</b>	<b>265</b>	<b>46</b>	<b>15</b>

Drenažni sustav na pokusu je u prosjeku godina (1997.-2018.) uklonio **46 % viška vode**, računato po Thornthwaite –ovoj metodi, ili **15 % oborina**.

Količina ukupnog isteka iz drenskih cijevi u pokusu za razdoblje istraživanja (1997.-2018.) prikazana je na grafikonu 65. Vidljive su razlike u količini drenskog isteka, ovisno o tome da li je drenska cijev ugrađena u tlo bez (a) ili sa filter materijalom (b). Gotovo u pravilu, veći istek zabilježen je u slučaju drenskih cijevi sa filter materijalom. Prisutne razlike u

količini isteka uvjetovane su brojnim čimbenicima uključujući i pad terena, mikrodepresije, zatim razmak i dužinu drenskih cijevi, iz kojih su izračunate površine koje drenira svaka cijev.



**Grafikon 65.** Drenski istek izražen kao godišnja suma po varijantama pokusne površine za razdoblje istraživanja (1997.-2018.)

#### 4.8. Procjeđivanje u podzemne vode

Razlikom isteka iz lizimetara i drenskog isteka dobiven je iznos količine vode koja se procjeđuje kroz tlo do podzemne vode (tablica 66). Vrijednosti gubitka u podzemne vode variraju iz godine u godinu, koreliraju s količinom oborine, a uvelike ovise o evapotranspiraciji, odnosno temperaturi zraka. U prosjeku se u podzemne vode procjeđuje 56 mm, odnosno približno 7 % od godišnje količine oborina za navedeno razdoblje.

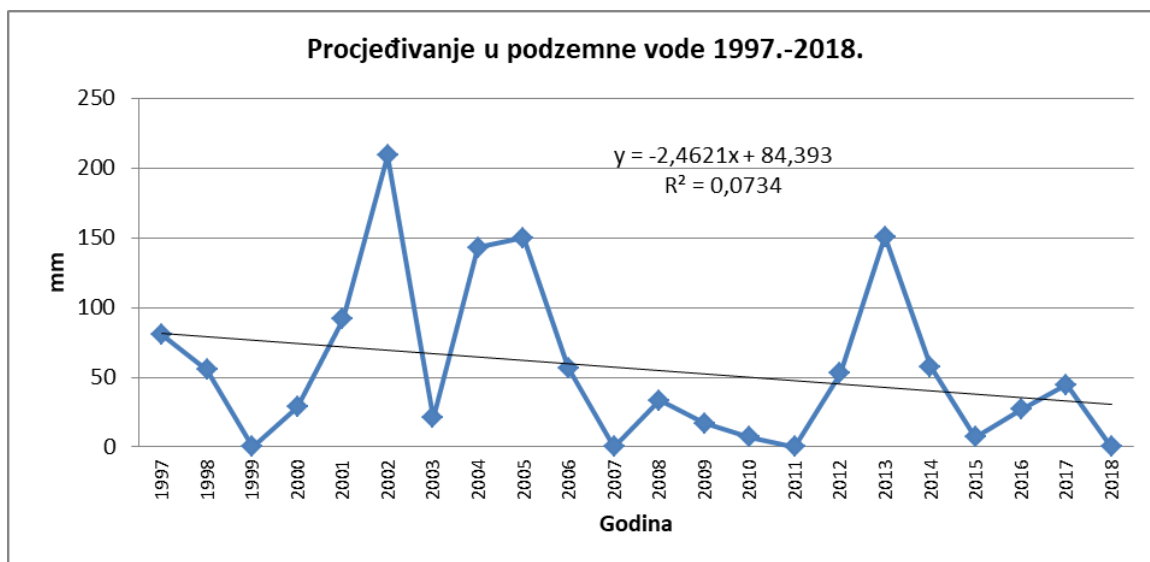
**Tablica 66.** Procjeđivanje oborinske vode u podzemne vode za razdoblje istraživanja (1997.-2018.)

Godina	Istek iz lizimetara, mm	Istek iz drenskih cijevi, mm	Procjeđivanje u podzemne vode, mm
1997.	197,1	116,5	80,7
1998.	295,6	240,0	55,6
1999.	236,0	244,1	0,0
2000.	153,3	124,4	28,9
2001.	336,4	244,9	91,5
2002.	373,0	163,7	209,3
2003.	71,8	51,0	20,8
2004.	324,5	181,7	142,9
2005.	290,8	140,8	150,0
2006.	110,2	53,5	56,7
2007.	0,0	77,7	0,0
2008.	110,2	76,8	33,4
2009.	107,4	90,6	16,8
2010.	91,8	84,9	6,9
2011.	0,0	0,0	0,0
2012.	66,2	13,5	52,7
2013.	296,8	145,9	150,9
2014.	267,0	209,3	57,7
2015.	95,3	88,3	7,0
2016.	118,4	91,3	27,1
2017.	73,8	29,0	44,8
2018.	52,6	83,2	0,0
<b>Prosjek</b>	<b>178,3</b>	<b>122</b>	<b>56,3</b>

Linearni trend distribucije procjeđivanja oborine u podzemne vode za razdoblje istraživanja (1997.-2018.) prikazuje smanjenje od 24,6 mm po dekadi, odnosno za taj iznos



manje od prosječnog godišnjeg viška vode kroz 22 godine (grafikon 66). Ovaj trend nije statistički značajan (uz  $p < 0.05$ ).



**Grafikon 66.** Trend vremenske distribucije godišnje količine procjeđivanja u podzemne vode za razdoblje istraživanja (1997.-2018.)

## 5. Kakvoća procjedne vode

### 5.1. Kakvoća procjedne vode iz lizimetara

#### 5.1.1. Analize vode

Analize su se radile u uzorcima vode iz lizimetara zavisno o postojanju isteka lizimetarske vode. Na temelju podataka o koncentraciji  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  i  $\text{NO}_3\text{-N}$ , te podataka o količini vode napravio se proračun gubitaka dušika, ali i svih ostalih ispitivanih hranjiva. U uzorcima vode iz lizimetara određivalo se: pH vrijednost, električna vodljivost,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  i  $\text{F}^-$ .

Za analize vode iz lizimetara:

- Od 1996. do 2004. godine koristile su se navedene metode i instrumenti:
  - pH vrijednost – pH-metar (metoda: HRN ISO 10523:1998)
  - EC-električna vodljivost – konduktometar (metoda: HRN ISO 7888:2001)
  - $\text{NO}_3\text{-N}$  – spektrofotometrijska metoda kadmijske redukcije – NitraVer 5 metoda (DR/2000, HACH, 1996)<sup>1</sup>
  - $\text{NH}_4\text{-N}$  – spektrofotometrijska metoda s Nessler-ovim reagensom (DR/2000, HACH, 1996)<sup>2</sup>
  - $\text{PO}_4^{3-}$  – spektrofotometrijska metoda – ortofosfatna metoda (metoda s askorbinskom kiselinom uz korištenje PhosVer 3, DR/2000, HACH, 1996)<sup>3</sup>
  - $\text{SO}_4^{2-}$  – spektrofotometrijski – SulfaVer 4 Metoda (DR/2000, HACH, 1996)<sup>4</sup>
  - $\text{K}^+$  i  $\text{Na}^+$  - plamenfotometrijska metoda (Plamenfotometar, Jenway, PFP 7, 1999)
  - $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  – titrimetrijski s EDTA – karbonatna tvrdoća (Cal Ver 2 i ManVer 2; DR/2000, HACH, 1996)<sup>5</sup>
- Od 2005. pa do 2018. godine korištene metode bile su:
  - pH vrijednost – pH-metar (metoda: HRN ISO 10523:1998)
  - EC-električna vodljivost – konduktometar (metoda: HRN ISO 7888:2001)
  - $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Br}^-$  i  $\text{Cl}^-$  - ionski kromatograf IC 1000, Dionex, 2005 (metoda: HRN EN ISO 10304-1:1998)

<sup>1</sup> Water analysis handbook, HACH, 2 nd Edition, str. 406, Chemical Procedures Explained, Appendix A, str. 783

<sup>2</sup> Water analysis handbook, HACH, 2 nd Edition, str. 434, Chemical Procedures Explained, Appendix A, str. 781

<sup>3</sup> Water analysis handbook, HACH, 2 nd Edition, str. 543, Chemical Procedures Explained, Appendix A, str.795

<sup>4</sup> Water analysis handbook, HACH, 2 nd Edition, str. 623, Chemical Procedures Explained, Appendix A, str. 799

<sup>5</sup> Water analysis handbook, HACH, 2 nd Edition, str. 327, Chemical Procedures Explained, Appendix A, str. 771

- $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$  i  $\text{Na}^+$  - ionski kromatograf IC 1000, Dionex, 2005 (metoda: HRN EN ISO 14911:2001)

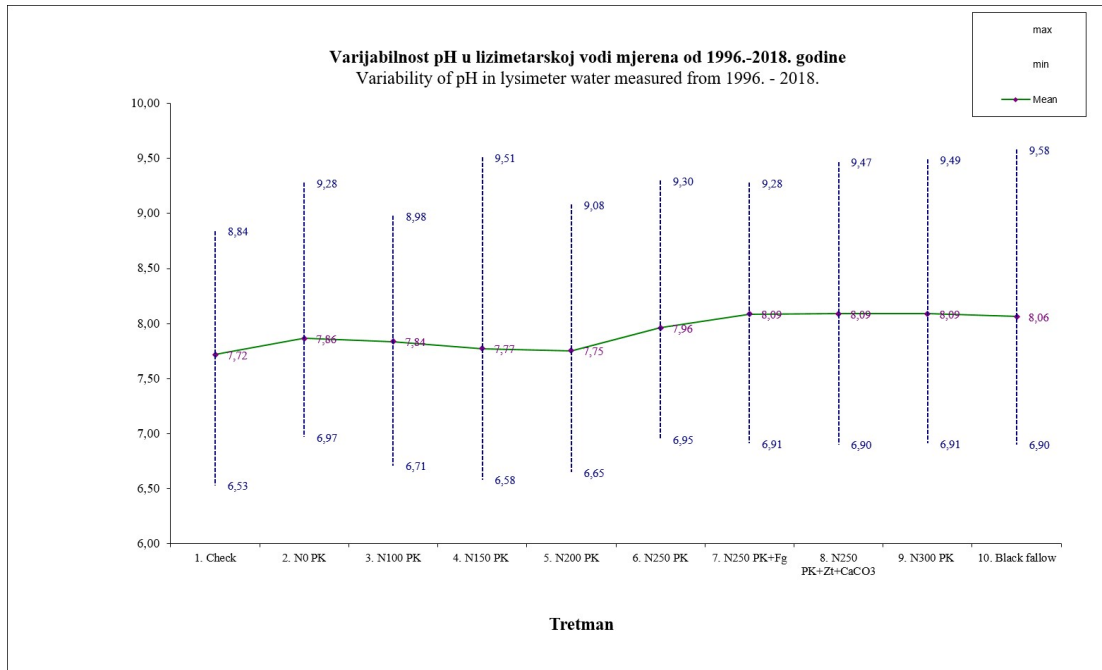
U tablici 67 prikazani su i faktori konverzije pojedinih oblika istraživanih parametara.

**Tablica 67.** Faktori konverzije za pojedina hranjiva

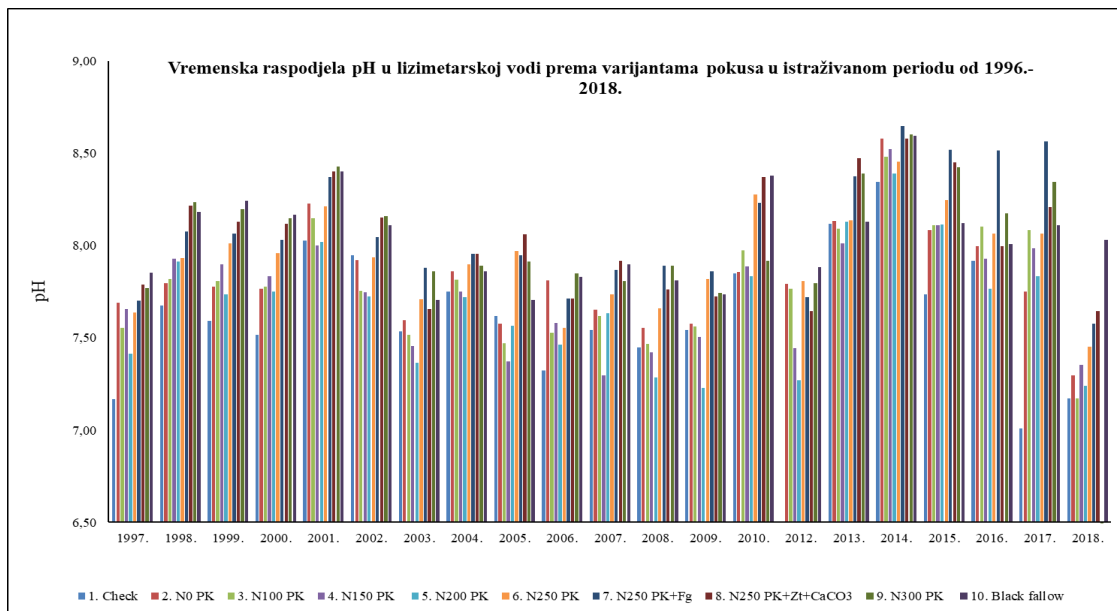
Hranjivo	iz:	u:	pomnožiti sa:
Dušik	N	$\text{NO}_3^-$	<b>4,43</b>
		$\text{NH}_4^+$	<b>1,28</b>
		$\text{NO}_2^-$	<b>3,28</b>
Fosfor	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{P}_2\text{O}_5$	<b>0,75</b>
Kalij	$\text{K}^+$	$\text{K}_2\text{O}$	<b>1,20</b>
Sumpor	S	$\text{SO}_4$	<b>3,00</b>

### 5.1.2. pH vrijednost vode

Prema podacima prikazanim u grafikonu 67, srednje pH vrijednosti vode iz lizimetara mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 7,72 do 8,09. Razmjerno, određene razlike u pH vrijednosti prisutne su prema varijantama pokusa. Najniža izmjerena dnevna pH vrijednost vode tokom istraživanog razdoblja bila je određena u uzorcima vode iz varijante br. I (6,53), dok je najviša vrijednost zabilježena na varijanti br. X s crnim ugarom (9,58). Grafikon 68 prikazuje vremensku raspodjelu pH vrijednosti u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa u istraživanom periodu.



**Grafikon 67.** Varijabilnost pH u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

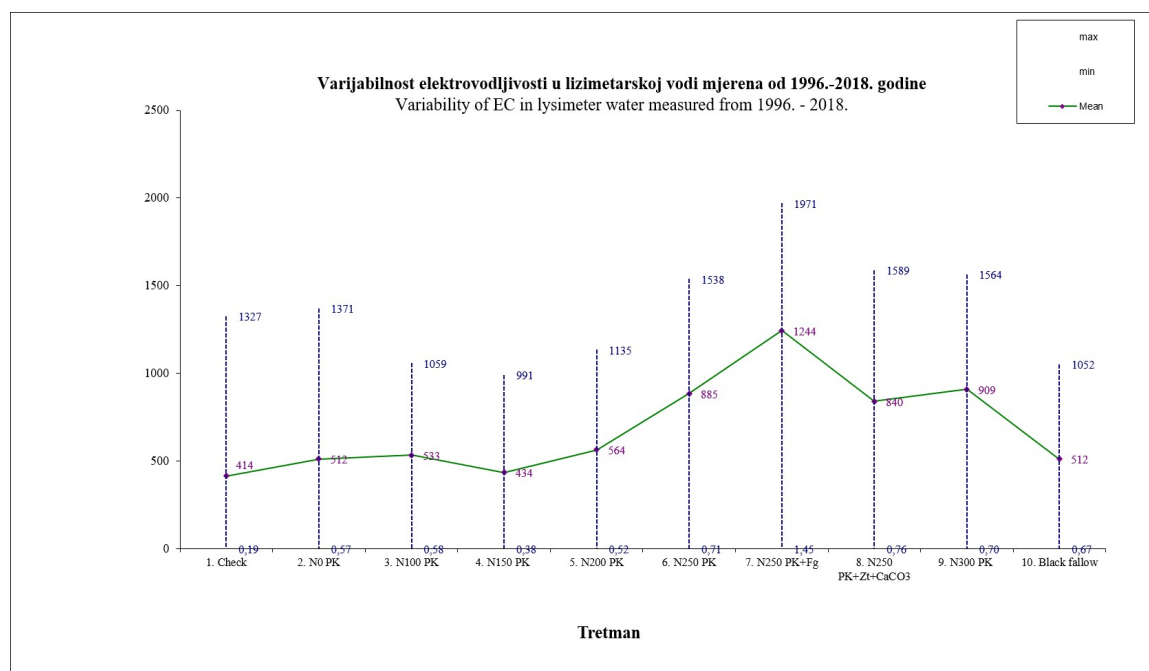


**Grafikon 68.** Vremenska raspodjela pH u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

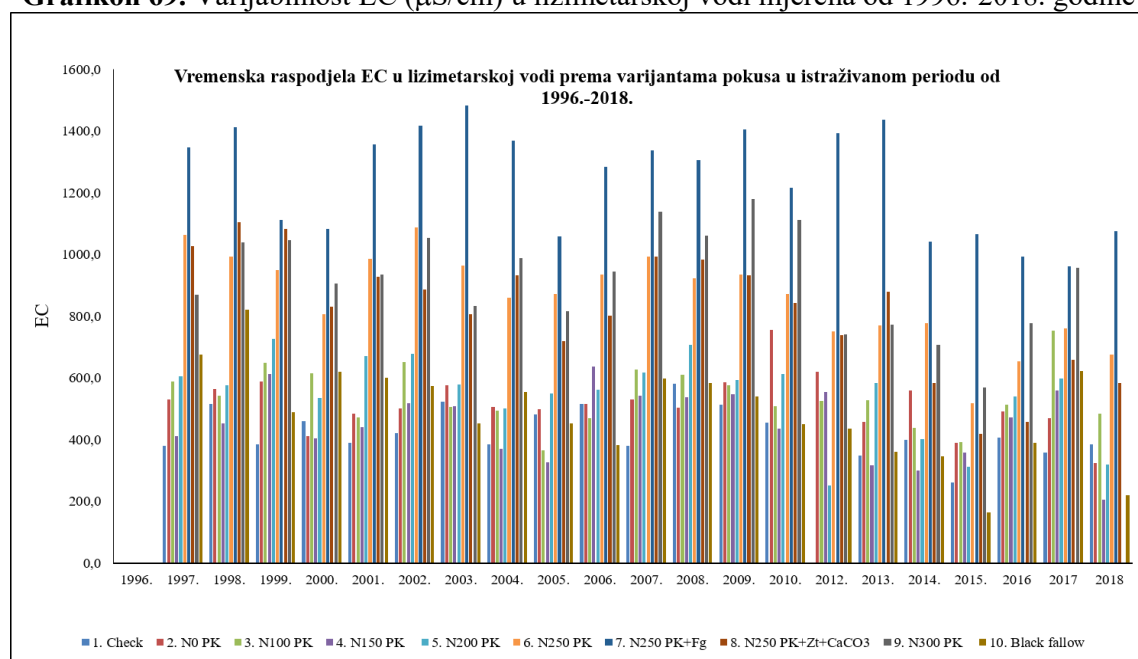
### 5.1.3. Elektrovodljivost (EC)

Prema podacima prikazanim u grafikonu 69, srednje EC vrijednosti vode iz lizimetara mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 414 do 1244  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Najniža izmjerena dnevna EC vrijednost vode tokom istraživanog razdoblja bila je određena u

uzorcima vode iz varijante br. I (0,19  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), dok je najviša vrijednost zabilježena na varijanti br. VII s primjenjenim fosfogipsom (1971  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Grafikon 70 prikazuje vremensku raspodjelu EC vrijednosti u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa u istraživanom periodu. Na varijanti VII u ukupnom periodu istraživanja (23 godine) primijenjeno je ukupno 36 t/ha fosfogipsa (3 puta po 12 t/ha). Također se utvrđuje trend porasta EC vrijednosti u lizimetarskoj vodi sa povećanjem količina dodanog dušika.



**Grafikon 69.** Varijabilnost EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine



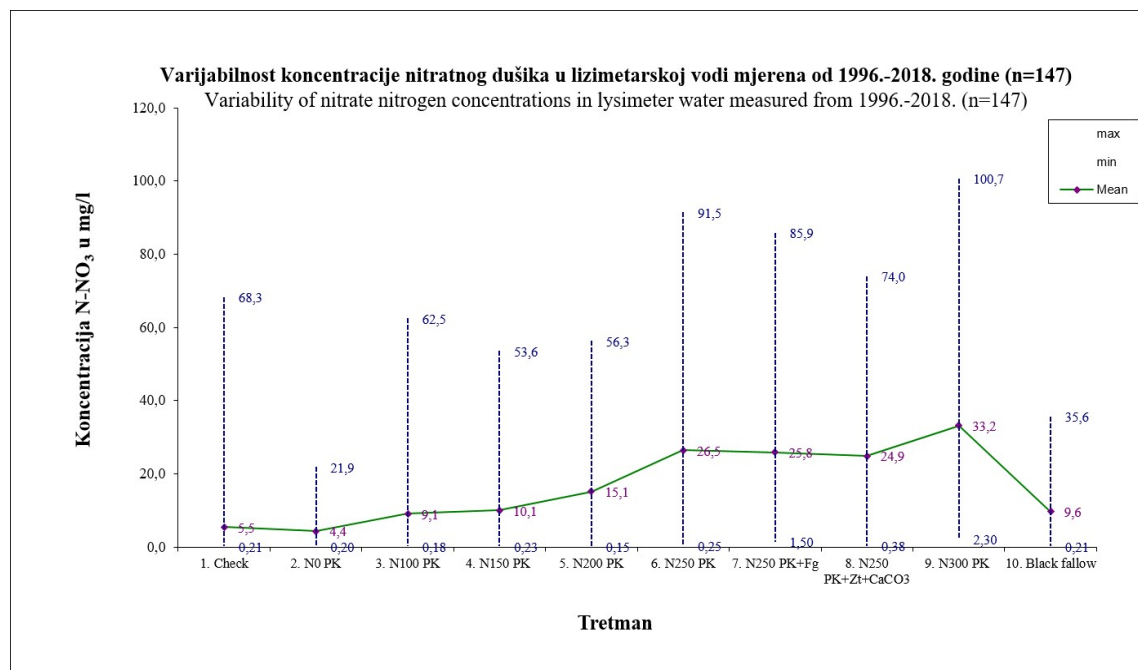
**Grafikon 70.** Vremenska raspodjela EC u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

### 5.1.4 Koncentracija N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> u vodi i količina ispranog N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> u kg/ha

Rezultati analize vode iz lizimetara kroz razdoblje od 1996. do 2018. godine prema sadržaju N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> u mg/L prikazani su grafikonu 71. Na temelju koncentracije N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> u vodi iz lizimetara i na temelju količine vode (isteka) izvršen je proračun gubitka N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> u kg/ha (grafikon 72).

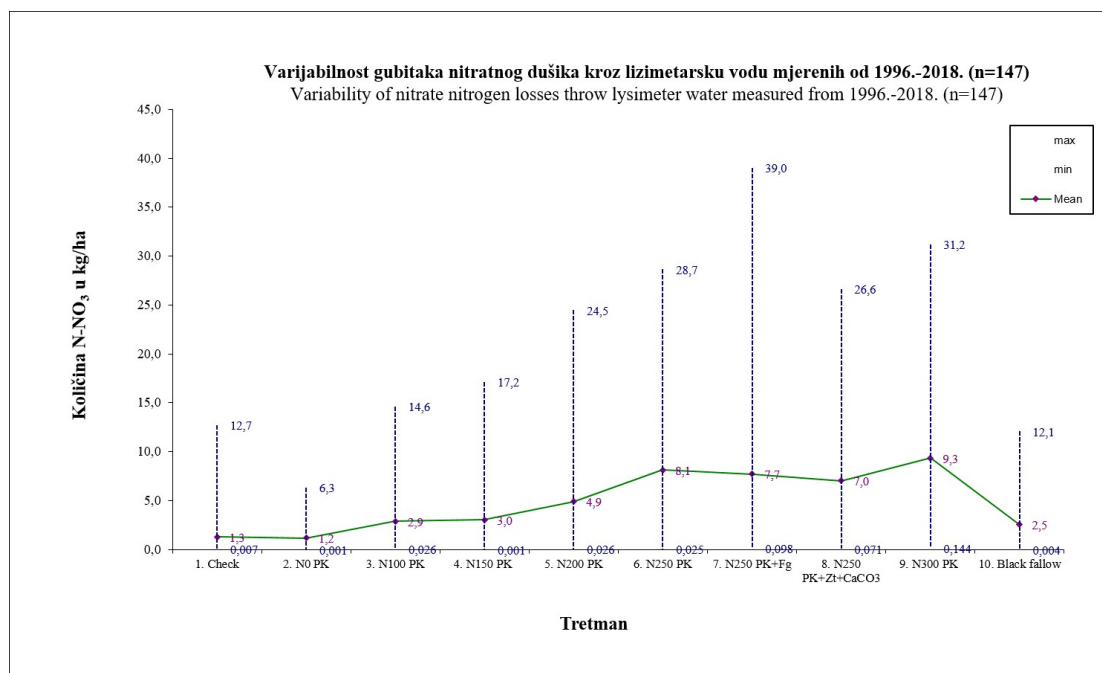
Prema varijantama pokusa najveća srednja vrijednost koncentracije N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> u vodi tijekom istraživanog razdoblja zabilježena je na varijanti sa 300 kg dušika (33,2 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L), slijedi varijanta sa 250 kg dušika (26,5 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L), 250 kg dušika + fosfogips (25,8 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L), a potom sa 250 kg dušika + zeolit + CaCO<sub>3</sub> (24,9 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L). Najniža srednja vrijednost koncentracija N-NO<sub>3</sub> u vodi zabilježena je na varijanti bez primjenjenog dušika (4,4 mg N-NO<sub>3</sub>/L). Jasno su vidljive razlike u srednjoj vrijednosti koncentracije nitrata, posebice pri usporedbi varijanta br. I, II, III i X (< propisanih 10 mg N-NO<sub>3</sub>/L prema Pravilniku o vodi za piće) sa onima koje uključuju gnojidbu N sa 150, 200, 250 i 300 kg (> propisanih 10 mg N-NO<sub>3</sub>/L). Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,15 do 100,7 mg N-NO<sub>3</sub>/L.

Razvidno je da su mehanizmi koji određuju dinamiku dušika u tlu pod crnim ugarom prema intenzitetu bitno različiti od onih koji prevladavaju u tlu na kojem se razvija usjev.



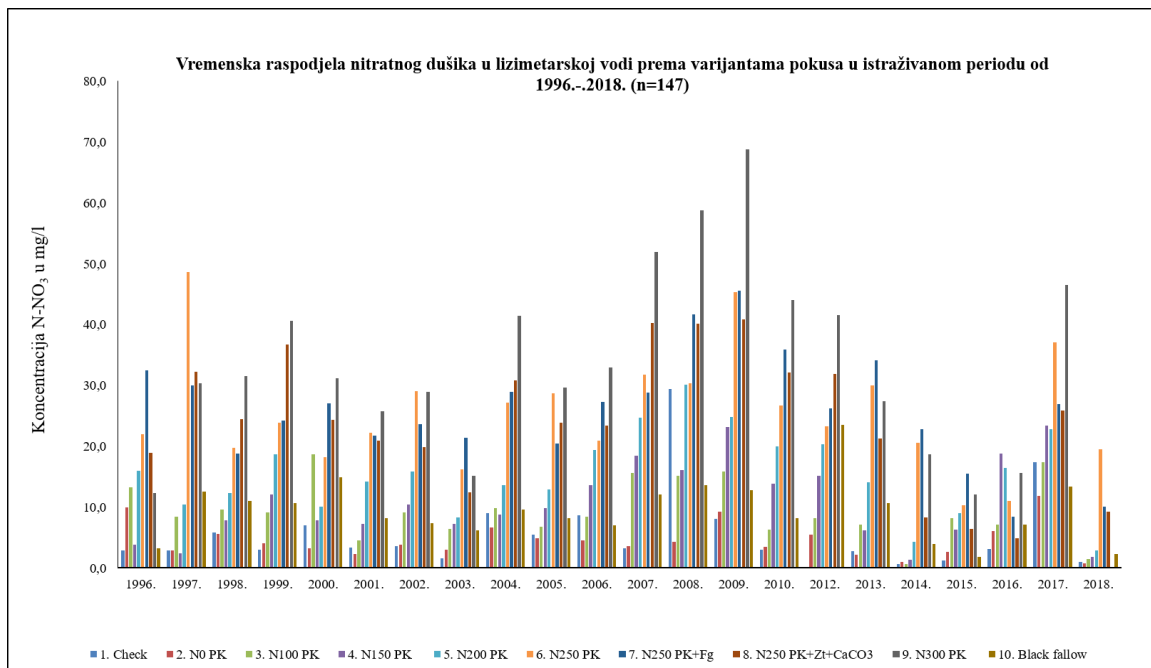
**Grafikon 71.** Varijabilnost koncentracije nitratnog dušika (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

Na grafikonu 72 vidljiv je trend povećanja gubitaka nitratnog dušika s količinom primijenjenog dušika. Najveća srednja vrijednost gubitka dušika od 9,3 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha zabilježena je na varijanti br. IX sa primijenjenih 300 kg mineralnog dušika. Najniža srednja vrijednost količine ispranog dušika (1,2 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha) određena je na varijanti br. II, na kojoj nije bilo primjene dušika. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,001 do 39,0 kg N-NO<sub>3</sub>/L.

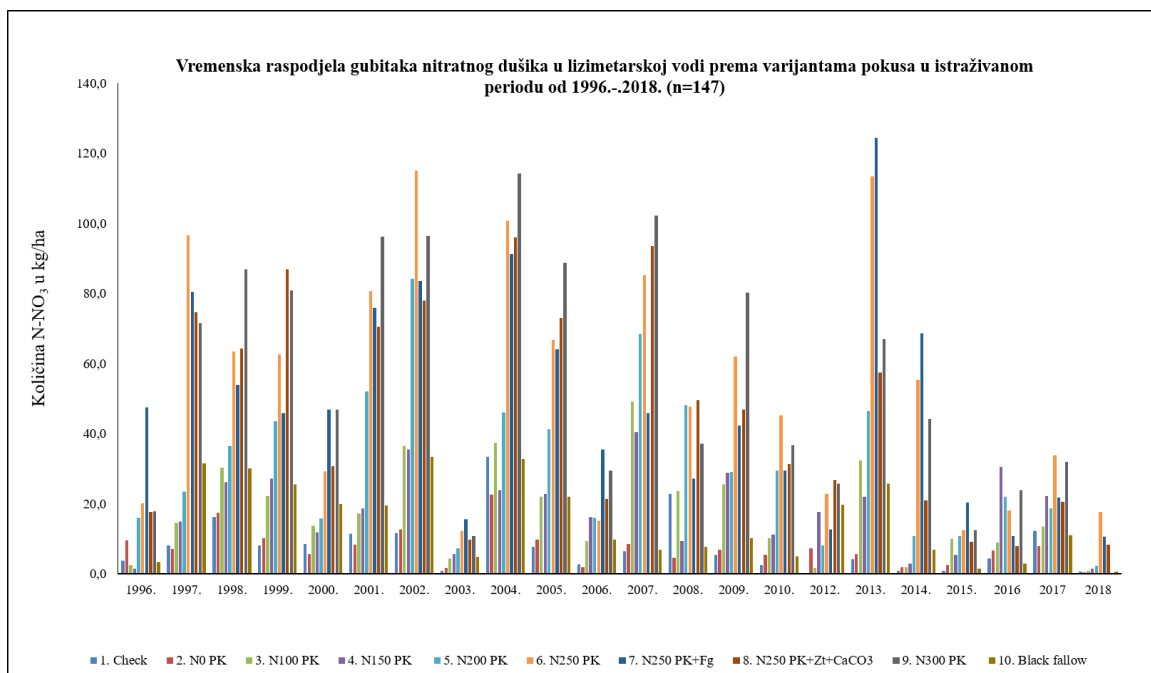


**Grafikon 72.** Varijabilnost gubitaka nitratnog dušika (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjerenih od 1996.-2018.

Grafikon 73 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti nitratnog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 74 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka nitratnog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.



**Grafikon 73.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti nitratnog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa



**Grafikon 74.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka nitratnog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

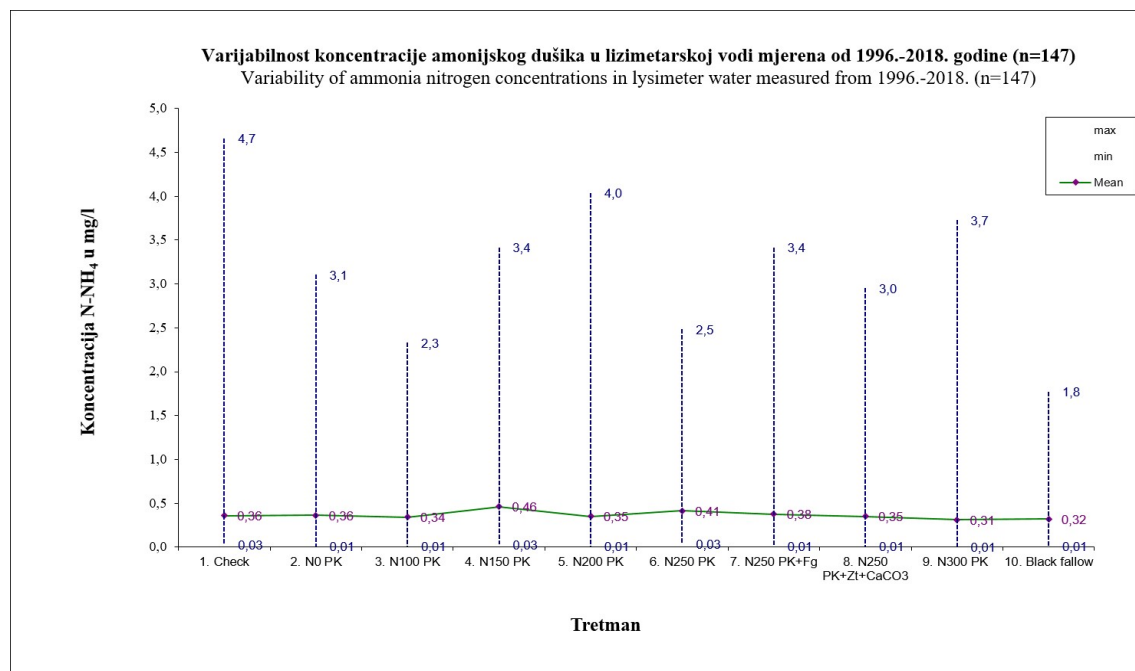


### 5.1.5 Koncentracija N-NH<sub>4</sub> u vodi i količina ispranog N-NH<sub>4</sub> u kg/ha

Rezultati analize vode iz lizimetara kroz razdoblje od 1996. do 2018. godine prema sadržaju N-NH<sub>4</sub> u mg/L prikazani su na grafikonu 75. Na temelju koncentracije N-NH<sub>4</sub> u vodi iz lizimetara, te na temelju količine isteka vode izvršen je proračun gubitka N-NH<sub>4</sub> u kg/ha (grafikon 76).

Prema varijantama pokusa najveća srednja vrijednost koncentracije N-NH<sub>4</sub> u vodi tijekom istraživanog razdoblja zabilježena je na varijanti sa 150 kg dušika (0,46 mg N-NH<sub>4</sub>/L), slijedi varijanta sa 250 kg dušika (0,41 mg N-NH<sub>4</sub>/L), a potom sa 250 kg dušika + fosfogipsom (0,38 mg N-NH<sub>4</sub>/L). Najniža srednja vrijednost koncentracija N-NH<sub>4</sub> u vodi zabilježena je na varijanti sa 300 kg dušika (0,31 mg N-NH<sub>4</sub>/L).

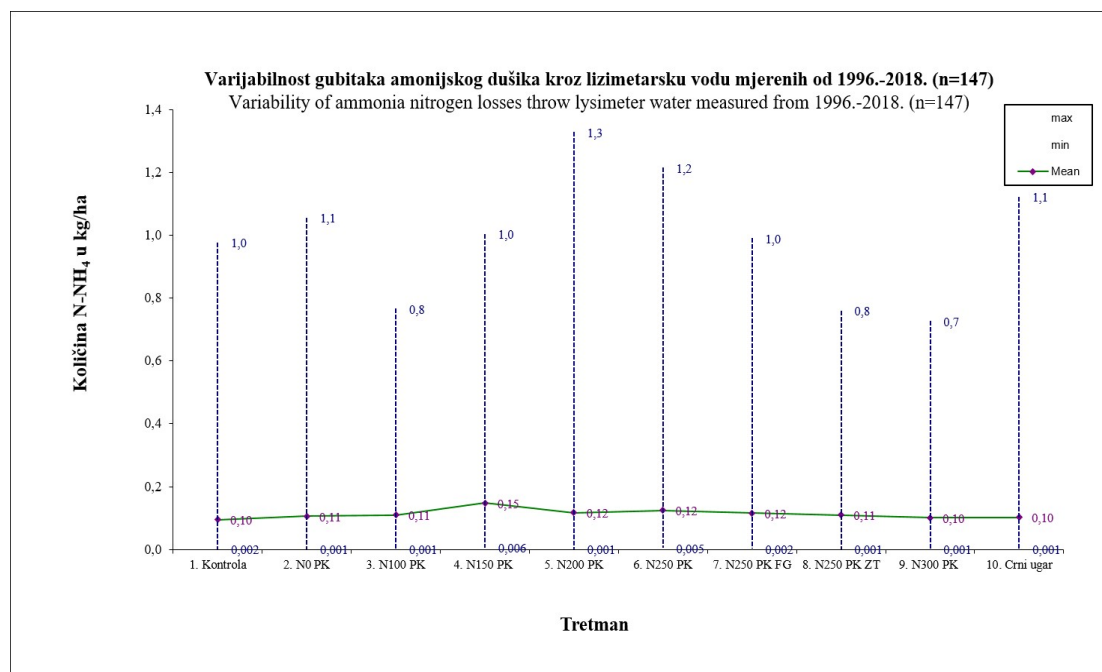
Promatrajući svih 10 varijanata možemo reći da su koncentracije N-NH<sub>4</sub> u vodi vrlo malo varirale i nisu bile u korelaciji sa gnojidbom tj. sa povećanjem količine mineralnog N u tlu. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,01 do 4,7 mg N-NH<sub>4</sub>/L.



**Grafikon 75.** Varijabilnost koncentracije amonijskog dušika (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

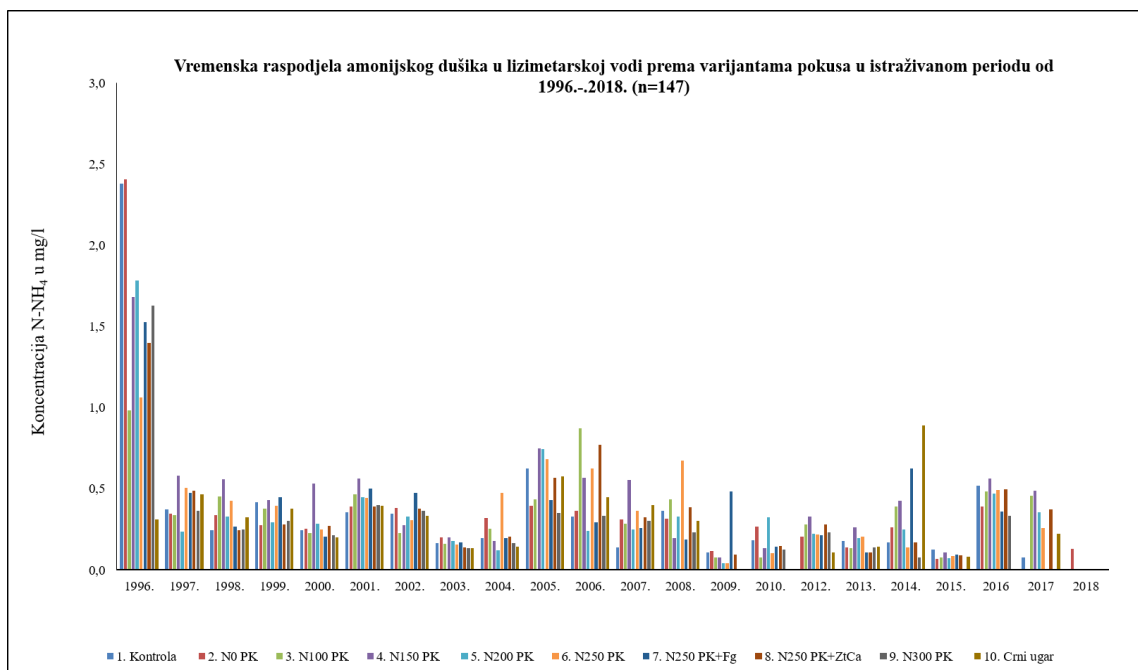
Na grafikonu 76 prikazana je varijabilnost gubitaka amonijskog dušika kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka dušika od 0,15 kg N-NH<sub>4</sub>/ha zabilježena je na varijanti br. IV sa primijenjenih 150 kg mineralnog dušika. Najniža srednja vrijednost

količine ispranog dušika (0,10 kg N-NH<sub>4</sub>/ha) zabilježena na varijantama I, IX i X. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,001 do 1,3 kg N-NH<sub>4</sub>/ha.

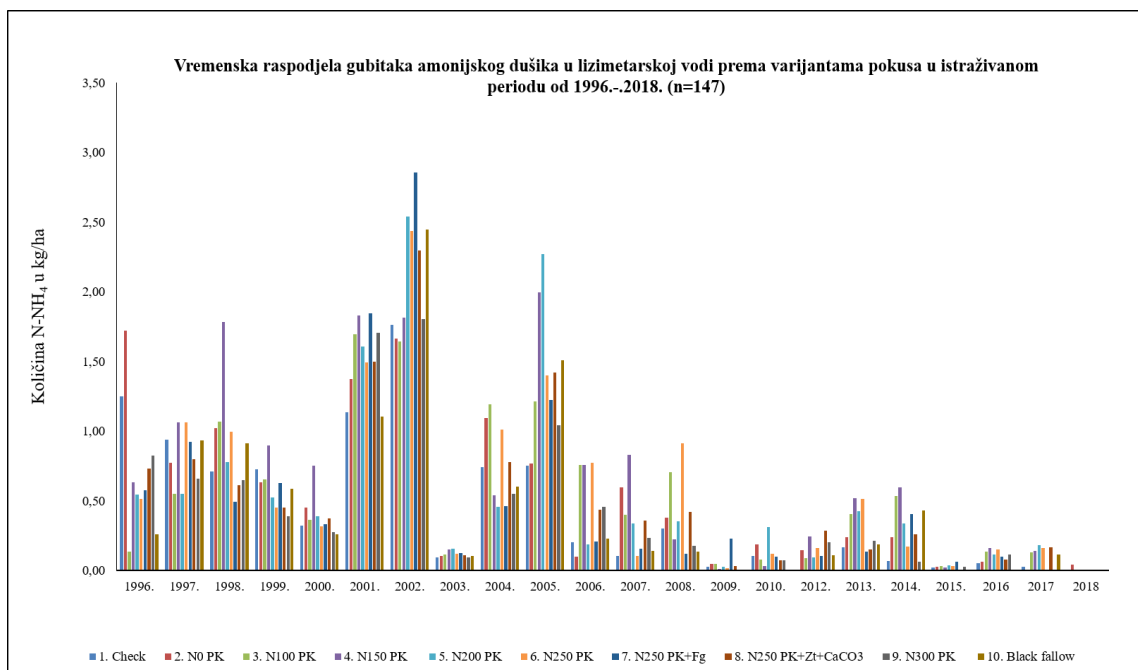


**Grafikon 76.** Varijabilnost gubitaka amonijskog dušika (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjenjenih od 1996.-2018.

Grafikon 77 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti amonijskog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 78 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka amonijskog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.



**Grafikon 77.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti amonijskog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

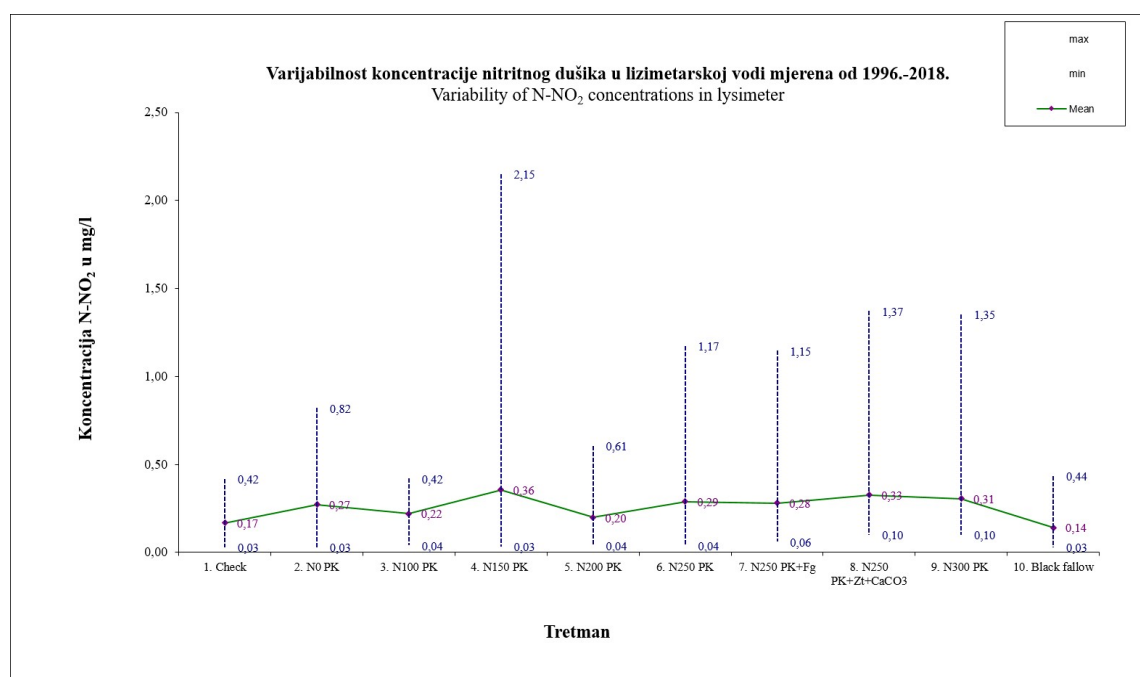


**Grafikon 78.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka amonijskog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

### 5.1.6. Koncentracija N-NO<sub>2</sub> u vodi i količina ispranog N-NO<sub>2</sub> u kg/ha

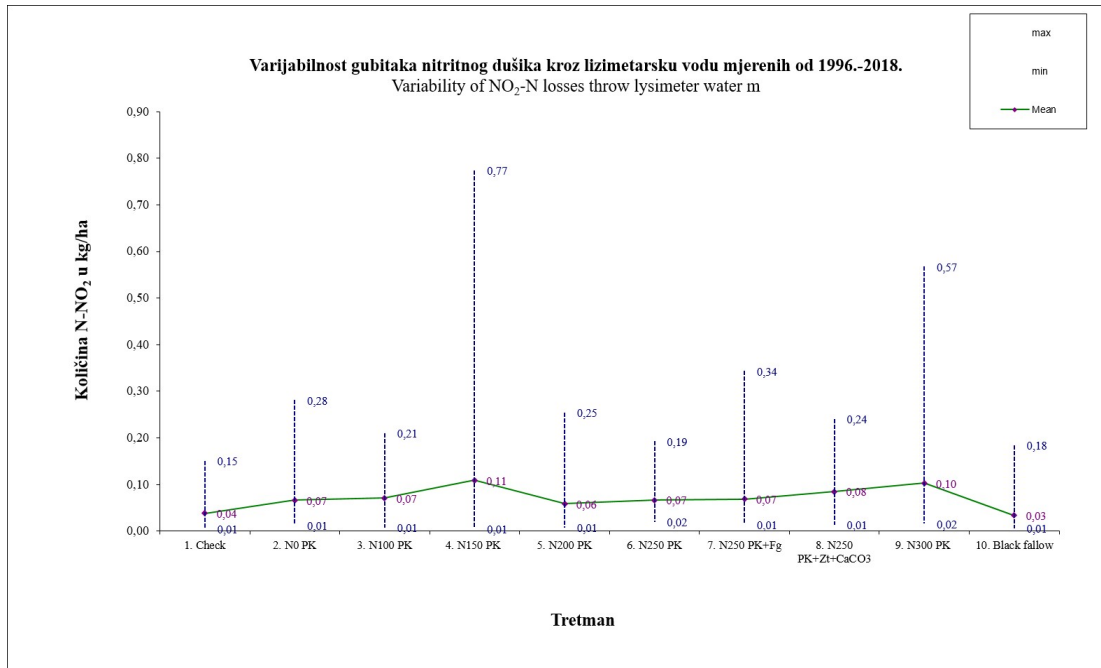
Rezultati analize vode iz lizimetara kroz razdoblje od 2005. do 2018. godine prema sadržaju N-NO<sub>2</sub> u mg/L prikazani su grafikonu 79. Na temelju koncentracije N-NO<sub>2</sub> u vodi iz lizimetara, te na temelju količine isteka vode izvršen je proračun gubitka N-NO<sub>2</sub> u kg/ha (grafikon 80).

Prema varijantama pokusa najveća srednja vrijednost koncentracije N-NO<sub>2</sub> u vodi tijekom istraživanog razdoblja zabilježena je na varijanti sa 150 kg dušika (0,36 mg N-NO<sub>2</sub>/L). Najniža srednja vrijednost koncentracije N-NO<sub>2</sub> u vodi zabilježena je na varijanti X. sa crnim ugarom (0,14 mg N-NO<sub>2</sub>/L). Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,03 do 2,15 mg N-NO<sub>2</sub>/L.



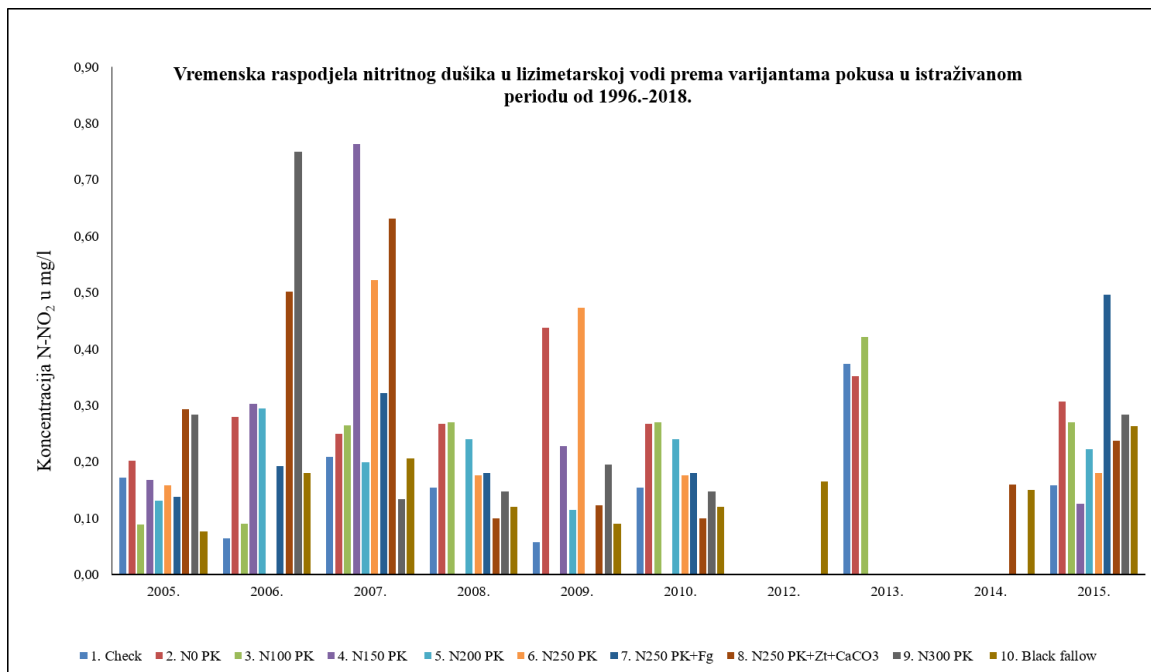
**Grafikon 79.** Varijabilnost koncentracije nitritnog dušika (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 2005.-2018. godine

Na grafikonu 80 prikazana je varijabilnost gubitaka nitritnog dušika kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka dušika od 0,11 kg N-NO<sub>2</sub>/ha zabilježena je na varijanti br. IV sa primijenjenih 150 kg mineralnog dušika. Najniža srednja vrijednost količine ispranog dušika (0,03 kg N-NO<sub>2</sub>/ha) zabilježena na varijanti s crnim ugarom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,01 do 0,77 kg N-NO<sub>2</sub>/ha.

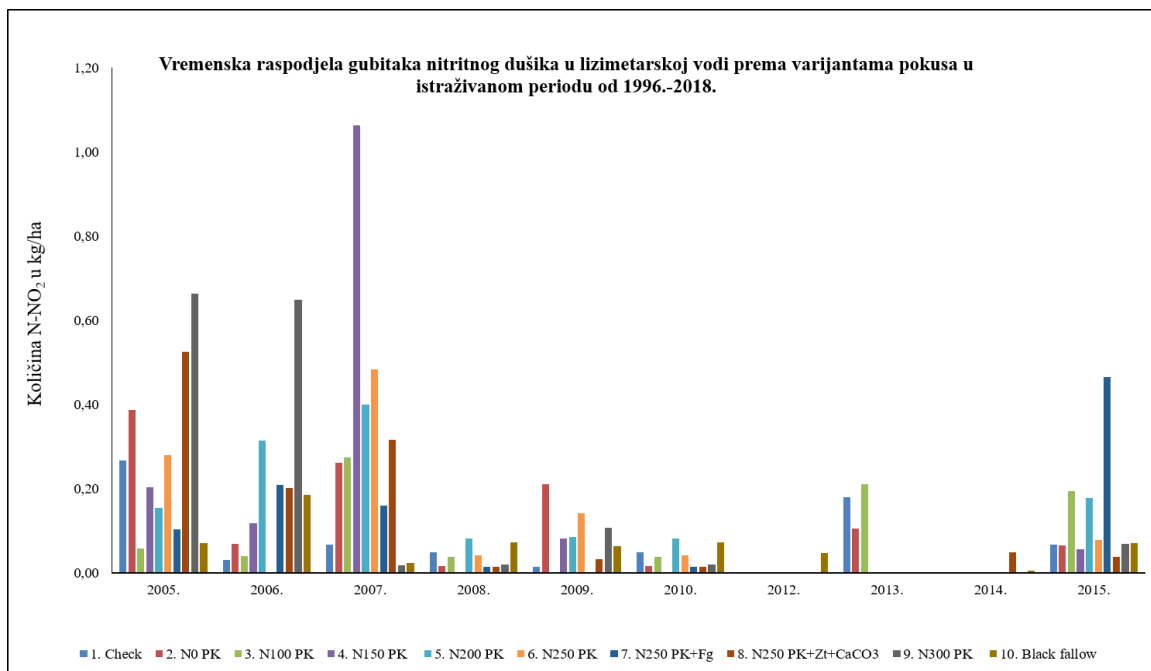


**Grafikon 80.** Varijabilnost gubitaka nitritnog dušika (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjerenih od 2005.-2018.

Grafikon 81 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti nitritnog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 82 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka nitritnog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 2005.-2018. godine.



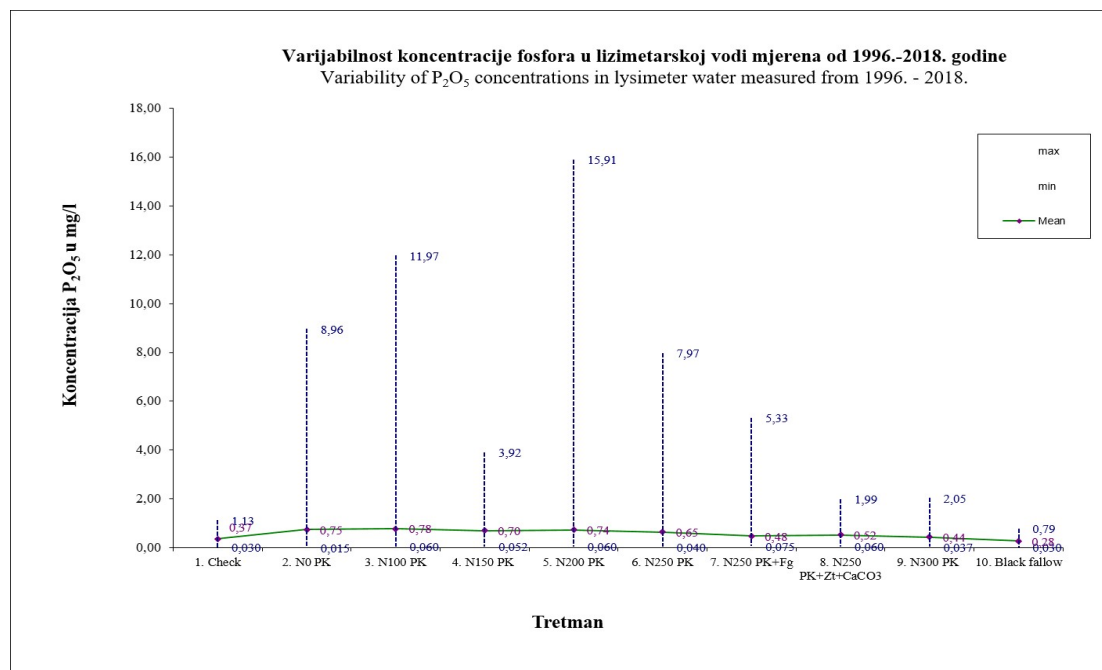
**Grafikon 81.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti nitritnog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa



**Grafikon 82.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka nitritnog dušika u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

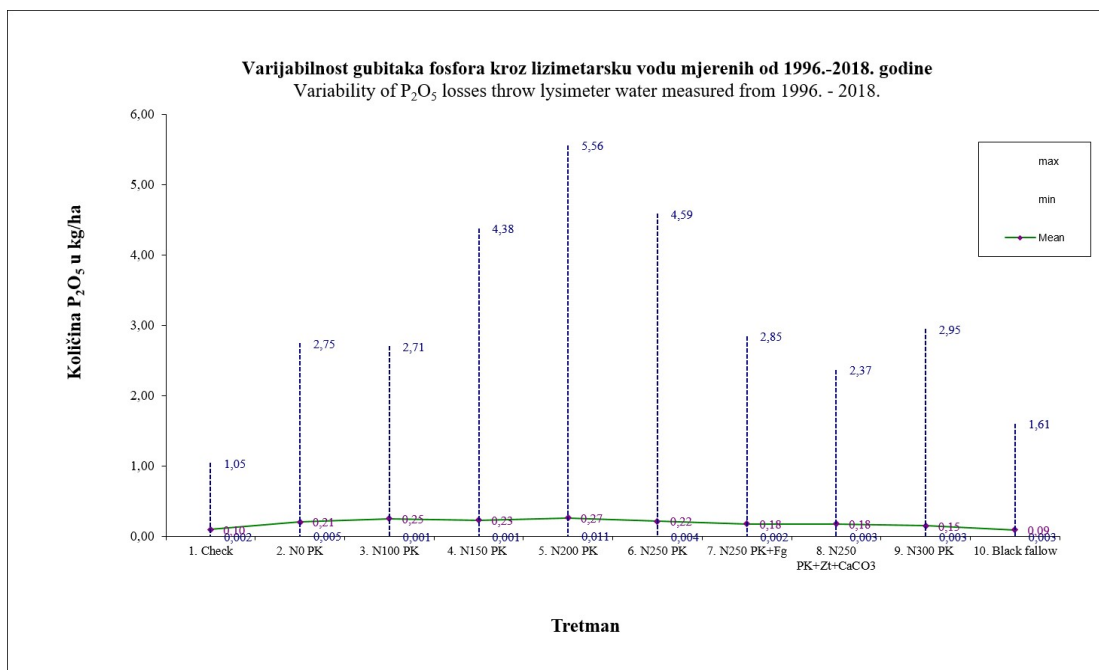
### 5.1.7. Koncentracija fosfora

Prema podacima prikazanim u grafikonu 83, srednje vrijednosti fosfora iz lizimetarske vode mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 0,28 mg/L na tretmanu s crnim ugarom do 0,78 mg/L na tretmanu s primijenjenih 100 kg mineralnog dušika. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,015 mg/L do čak 15,91 mg/L.



**Grafikon 83.** Varijabilnost koncentracije fosfora (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

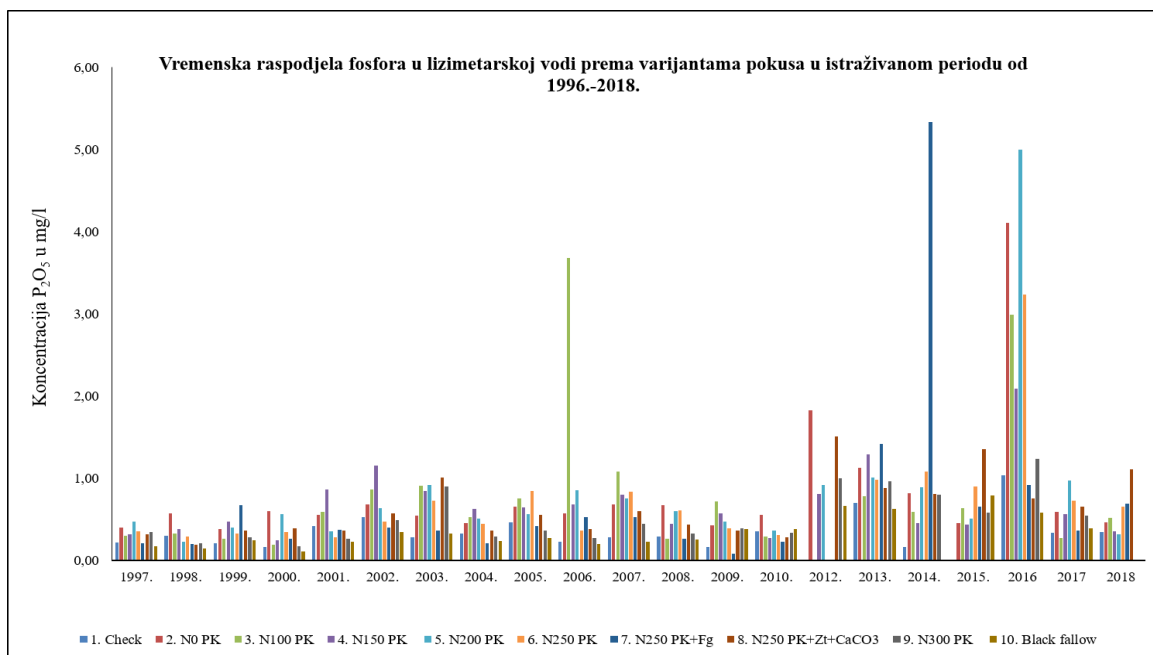
Na grafikonu 84 prikazana je varijabilnost gubitaka fosfora kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka fosfora od 0,27 kg/ha zabilježena je na varijanti br. V sa primijenjenih 200 kg mineralnog dušika. Najniža srednja vrijednost količine ispranog fosfora (0,09 kg/ha) određena je na varijanti br. X s crnim ugarom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,001 do 5,56 kg/ha.



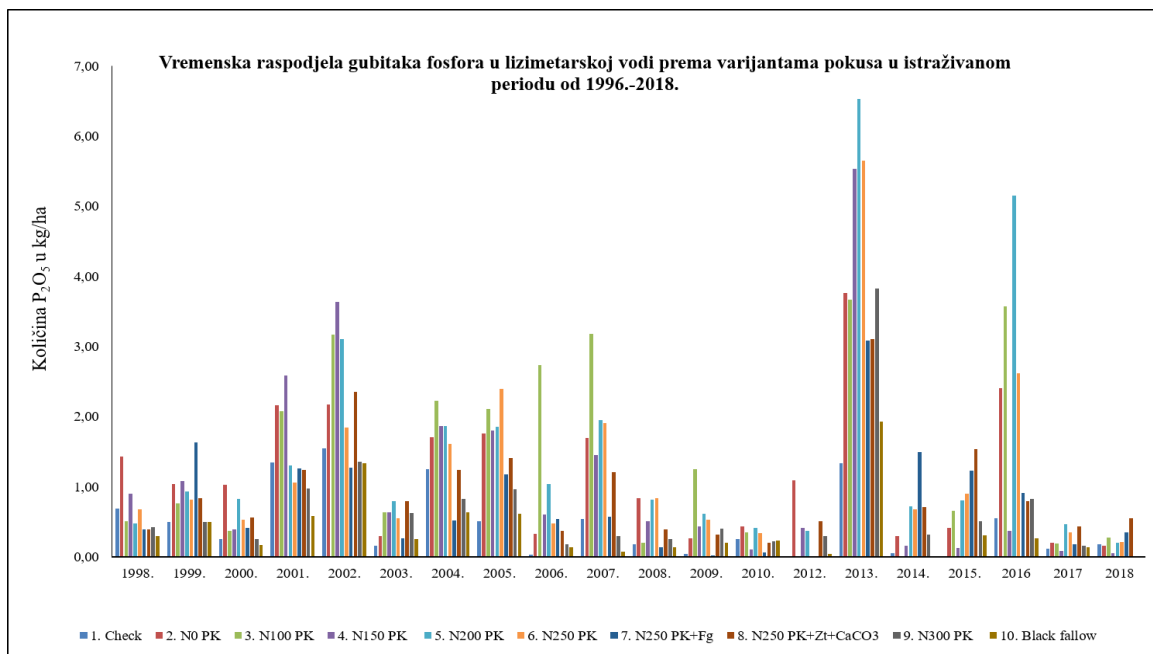
**Grafikon 84.** Varijabilnost gubitaka fosfora (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjerenih od 1996.-2018.

Grafikon 85 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti fosfora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 86 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka fosfora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.





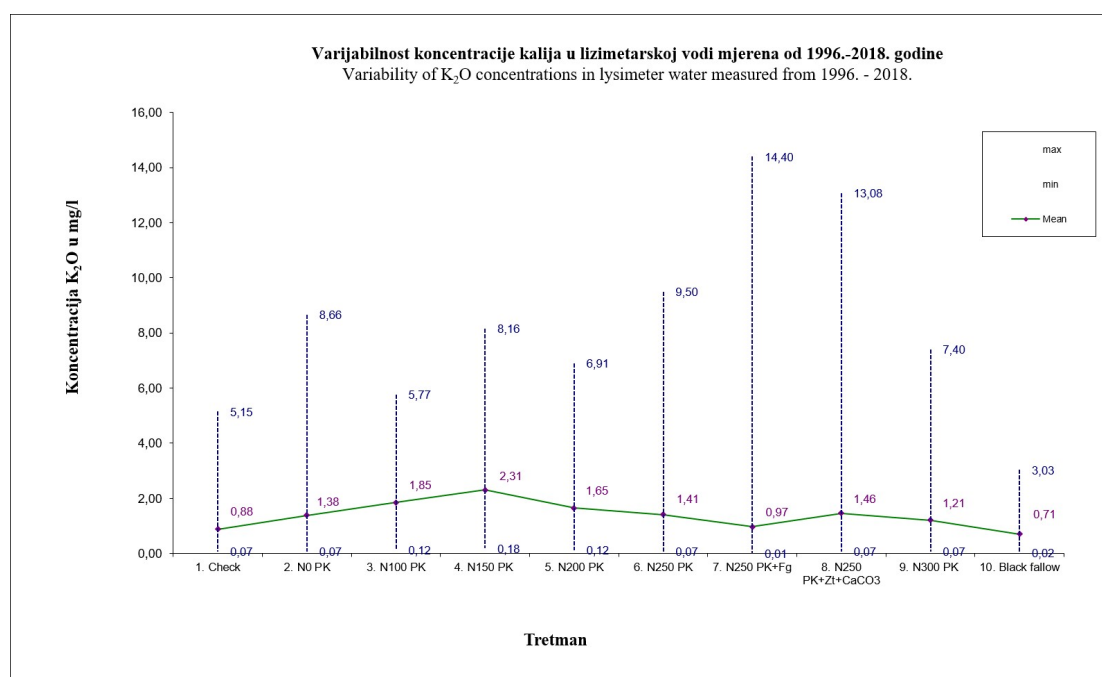
**Grafikon 85.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti fosfora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa



**Grafikon 86.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka fosfora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

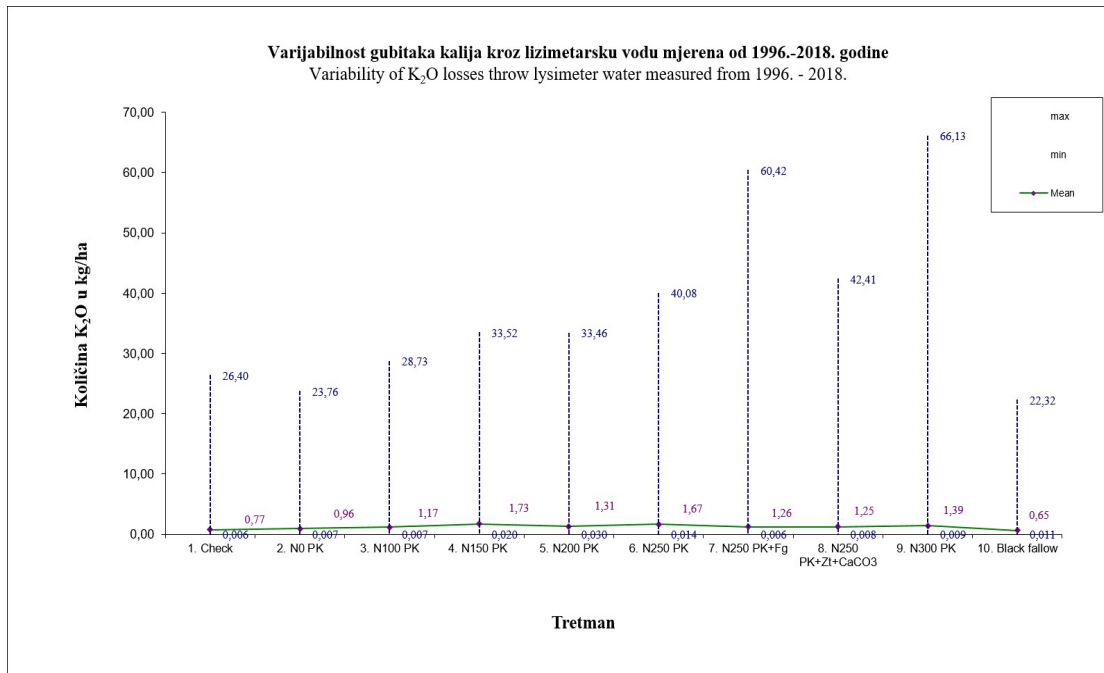
### 5.1.8. Koncentracija kalija

Prema podacima prikazanim u grafikonu 87, srednje vrijednosti kalija iz lizimetarske vode mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 0,71 mg/L na tretmanu s crnim ugarom do 2,31 mg/L na tretmanu s primijenjenih 150 kg mineralnog dušika. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,01 mg/L do 14,40 mg/L.



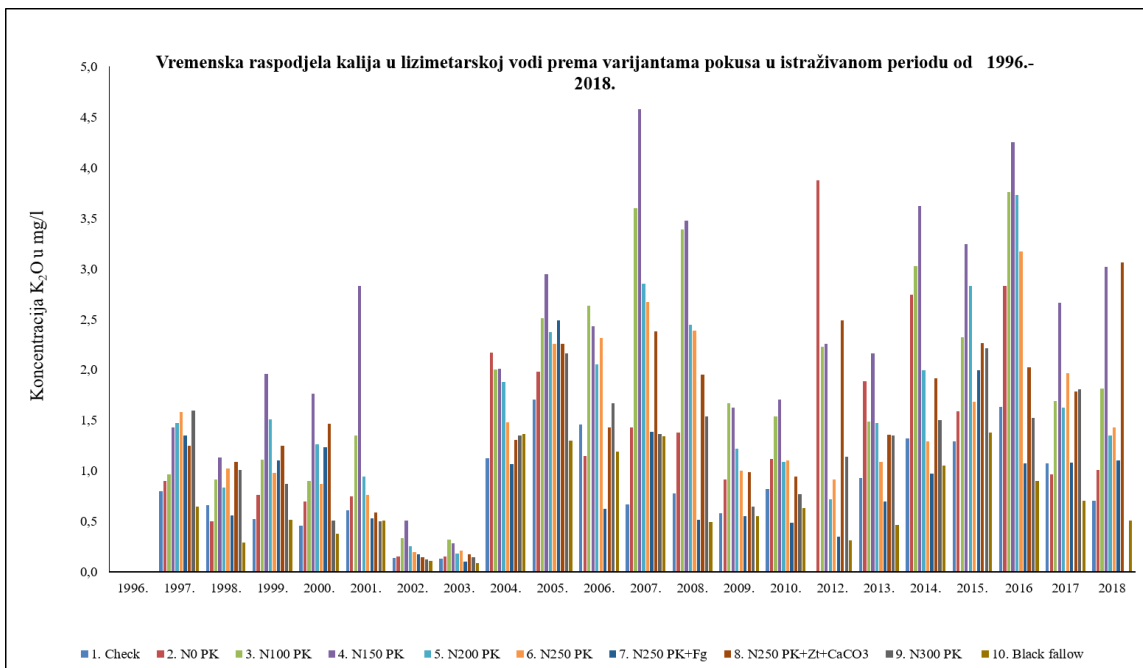
**Grafikon 87.** Varijabilnost koncentracije kalija (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

Na grafikonu 88 prikazana je varijabilnost gubitaka kalija kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka kalija od 1,73 kg/ha zabilježena je na varijanti br. IV sa primijenjenih 150 kg mineralnog dušika. Najniža srednja vrijednost količine ispranog kalija (0,65 kg K<sub>2</sub>O/ha) zabilježena je na varijanti s crnim ugarom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,006 do 66,13 kg/ha.

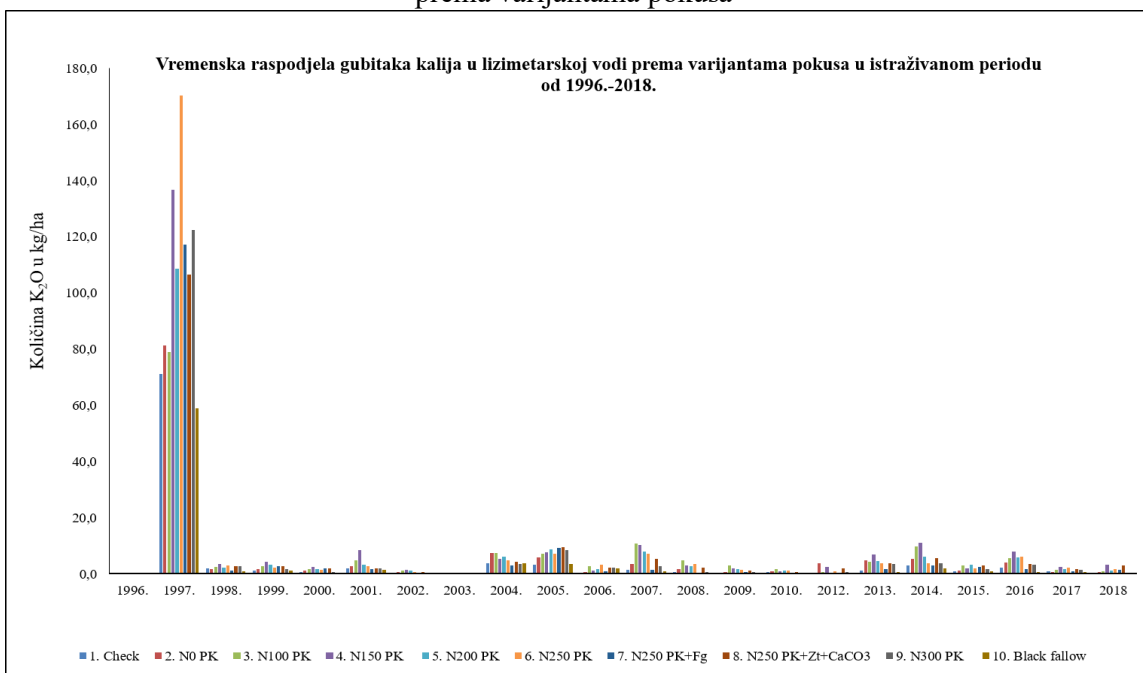


**Grafikon 88.** Varijabilnost gubitaka kalija (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjenjenih od 1996.-2018.

Grafikon 89 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti kalija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 90 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka kalija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.



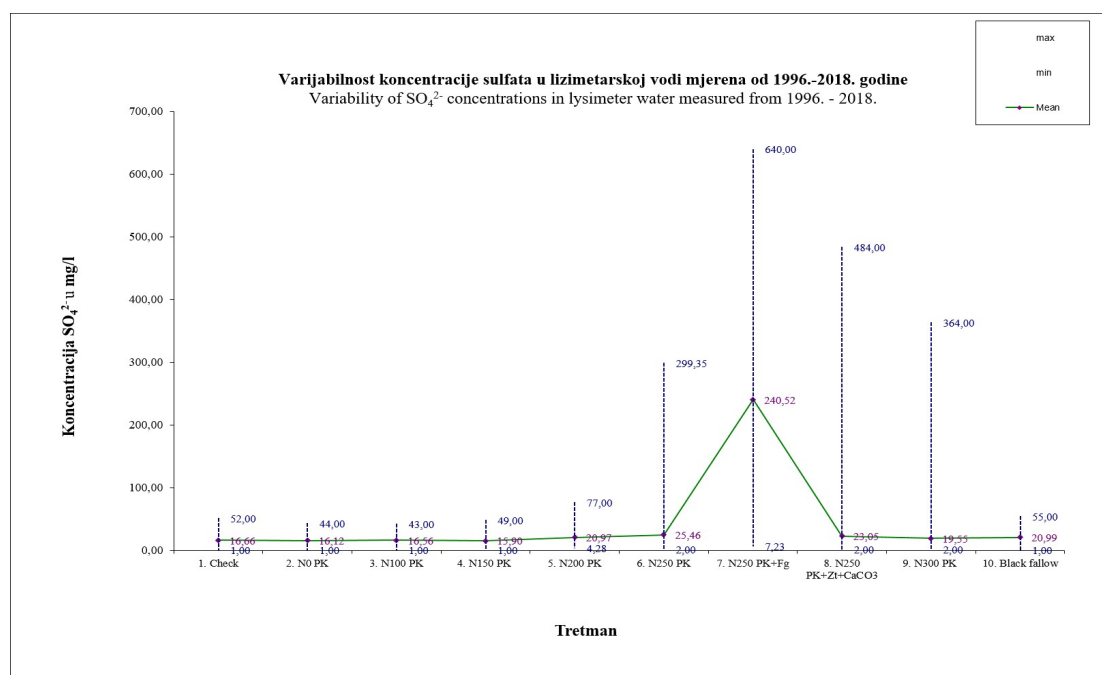
**Grafikon 89.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti kalija u lizimatarskoj vodi prema varijantama pokusa



**Grafikon 90.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka kalija u lizimatarskoj vodi prema varijantama pokusa

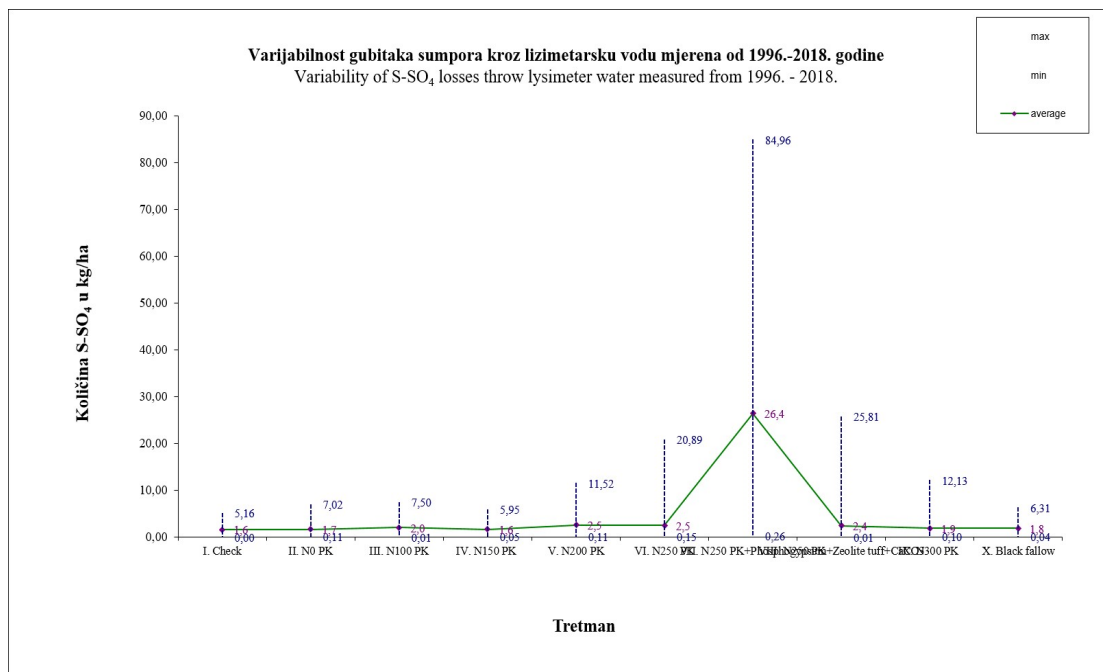
### 5.1.9. Koncentracija sumpora

Prema podacima prikazanim u grafikonu 91, srednje vrijednosti sulfata iz lizimetarske vode mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 15,90 mg/L na tretmanu s primijenjenih 150 kg mineralnog dušika do 240,52 mg/L na tretmanu s fosfogipsom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 1,00 mg/L do 640,00 mg/L.



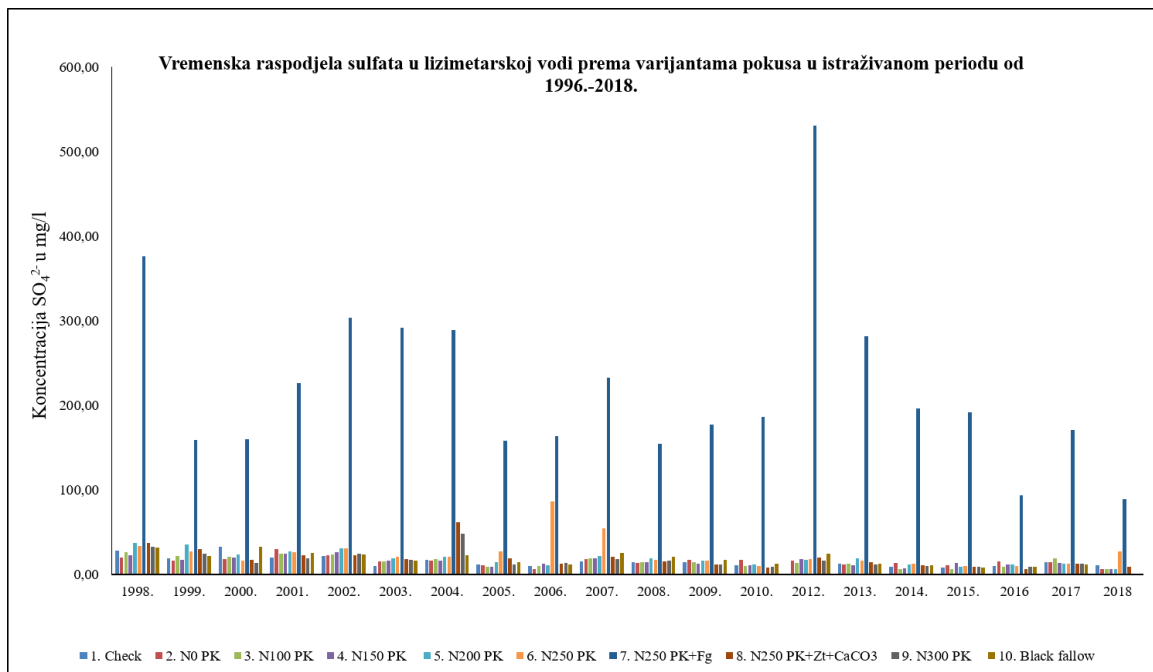
**Grafikon 91.** Varijabilnost koncentracije sulfata (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

Na grafikonu 92 prikazana je varijabilnost gubitaka sumpora kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka sumpora od 26,4 kg/ha zabilježena je na varijanti br. VII sa fosfogipsom. Najniža srednja vrijednost količine ispranog sumpora (1,6 kg/ha) zabilježena je na varijantama I i IV. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,01 do 84,96 kg/ha.

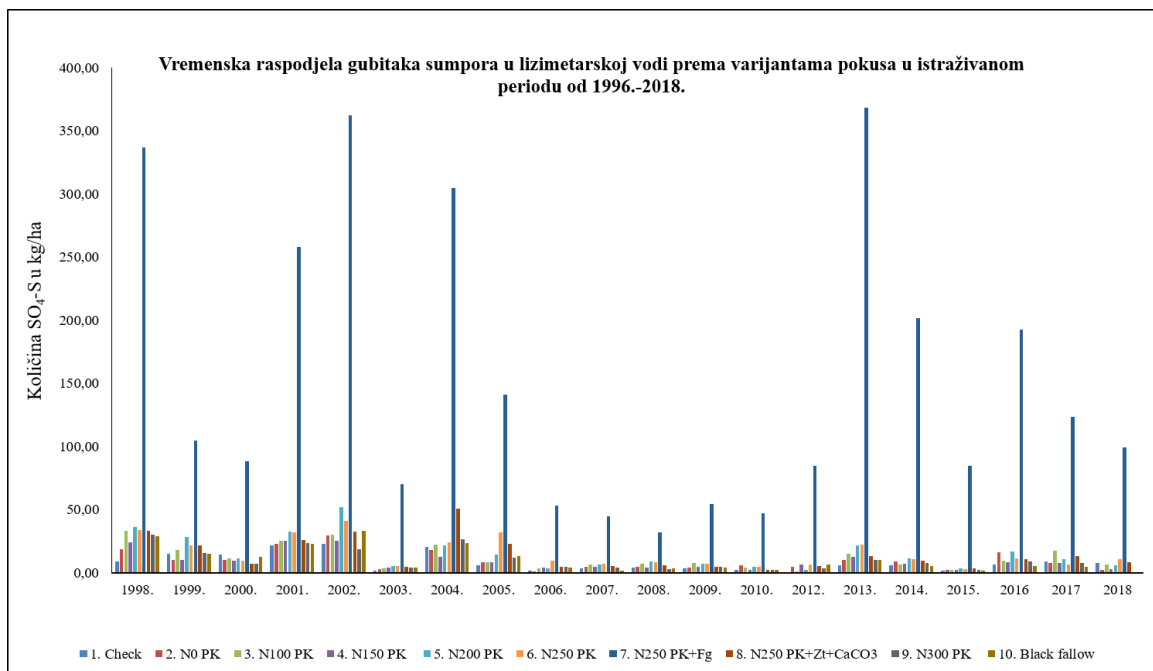


**Grafikon 92.** Varijabilnost gubitaka sumpora (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjenjenih od 1996.-2018.

Grafikon 93 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti sulfata u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 94 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka sumpora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.



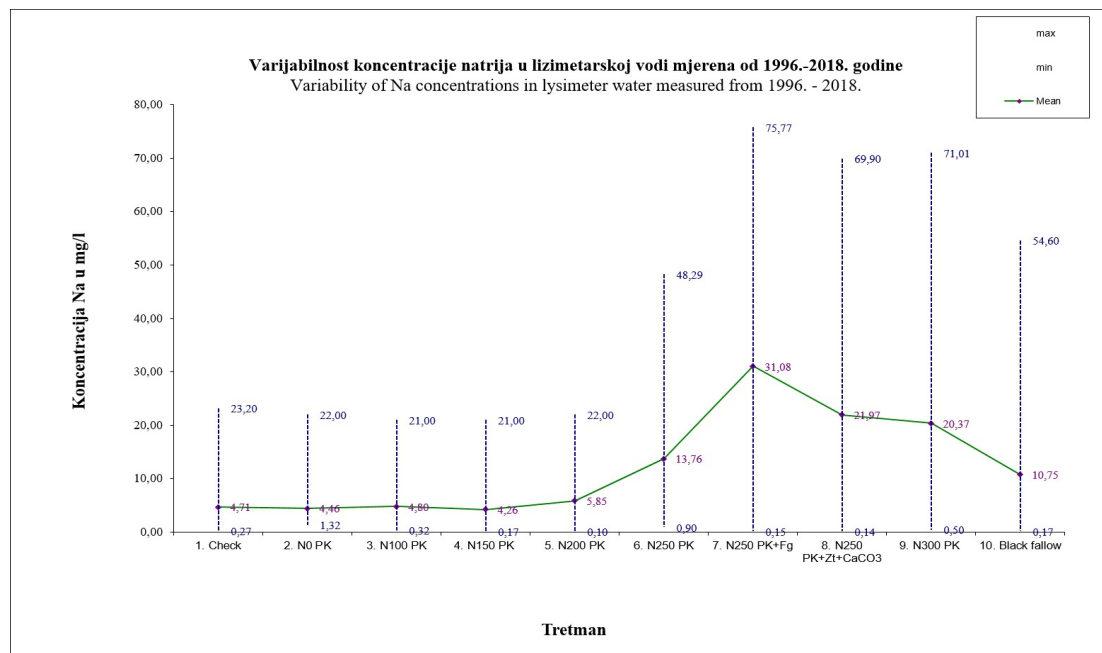
**Grafikon 93.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti sulfata u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa



**Grafikon 94.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka sumpora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

### 5.1.10. Koncentracija natrija

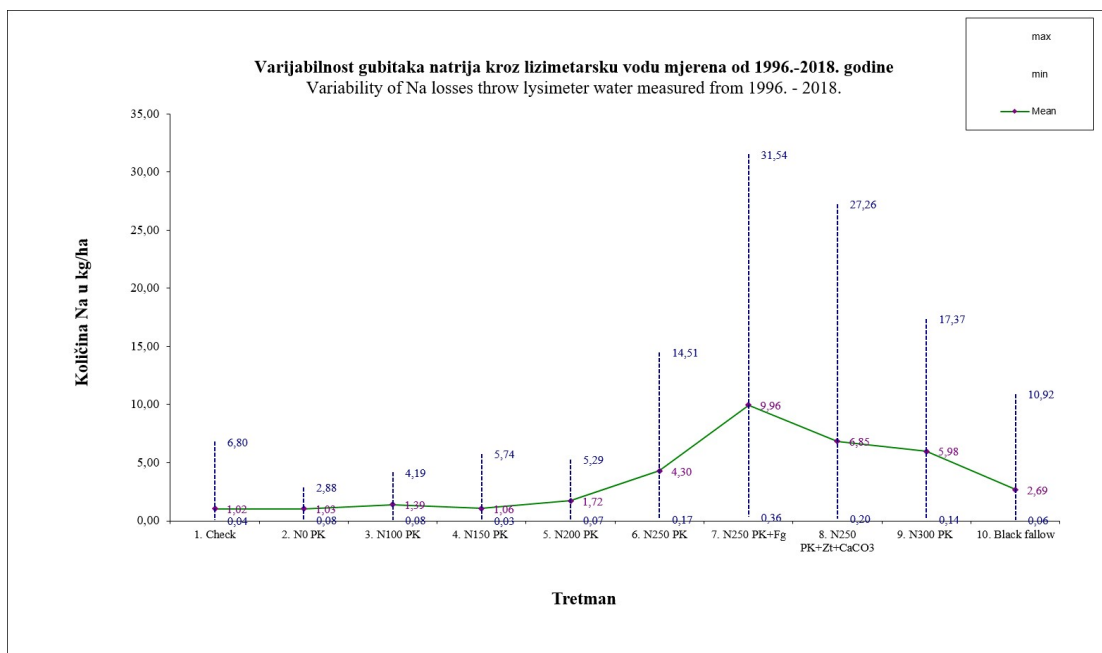
Prema podacima prikazanim u grafikonu 95, srednje vrijednosti natrija iz lizimetarske vode mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 4,26 mg/L na tretmanu s primijenjenih 150 kg mineralnog dušika do 31,08 mg/L na tretmanu s fosfogipsom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,10 mg/L do 75,77 mg/L.



**Grafikon 95.** Varijabilnost koncentracije natrija (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

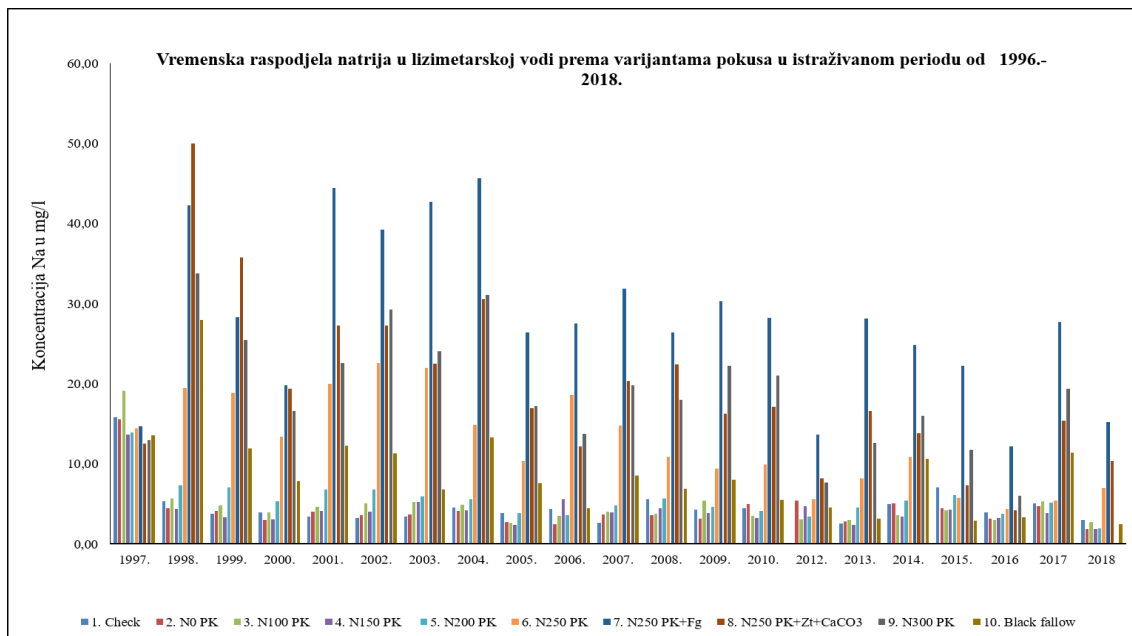
Na grafikonu 96 prikazana je varijabilnost gubitaka natrija kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka natrija od 9,96 kg/ha zabilježena je na varijanti br. VII sa fosfogipsom. Najniža srednja vrijednost količine ispranog natrija (1,02 kg/ha) zabilježena je na kontrolnoj varijanti. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,03 do 31,54 kg/ha.



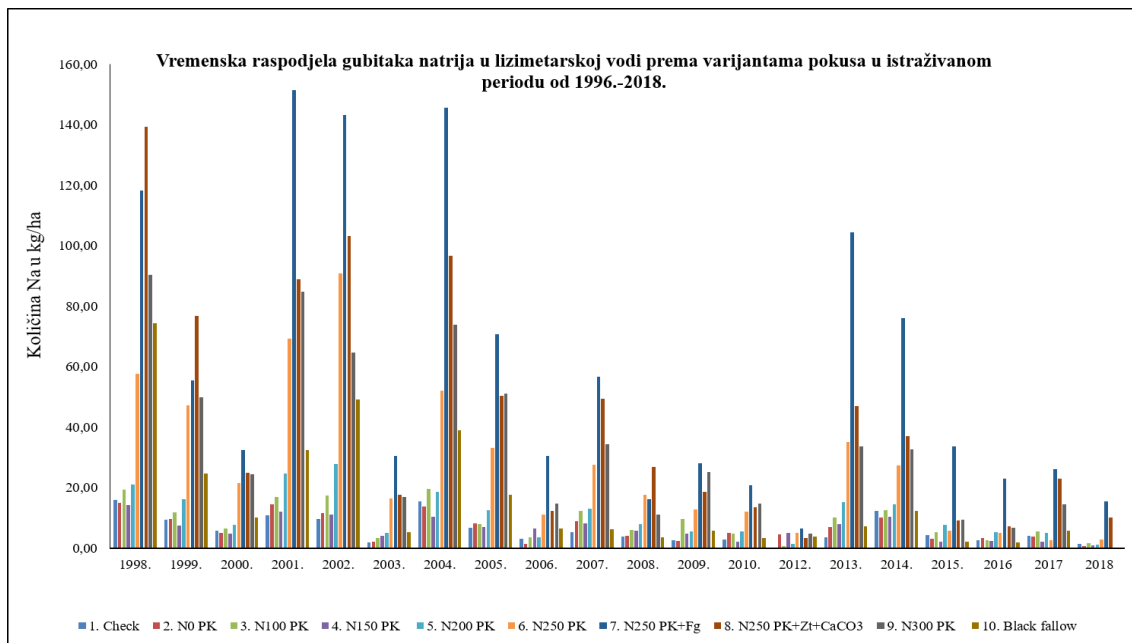


**Grafikon 96.** Varijabilnost gubitaka natrija (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjerenih od 1996.-2018.

Grafikon 97 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti natrija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 98 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka natrija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.



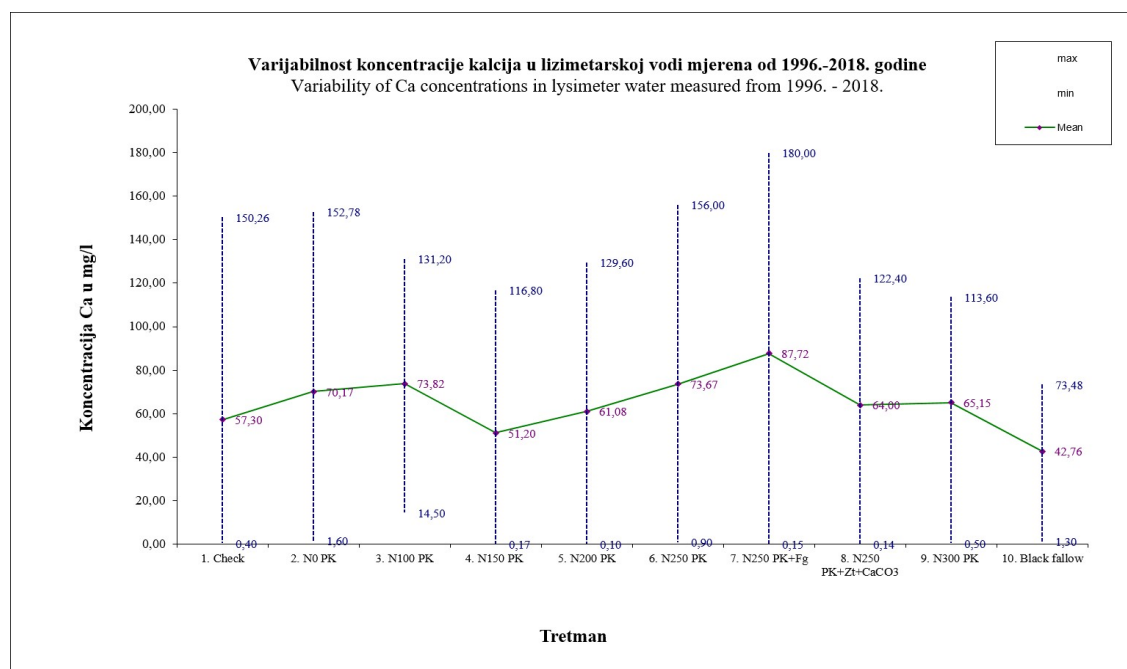
**Grafikon 97.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti natrija u lizimatarskoj vodi prema varijantama pokusa



**Grafikon 98.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka natrija u lizimatarskoj vodi prema varijantama pokusa

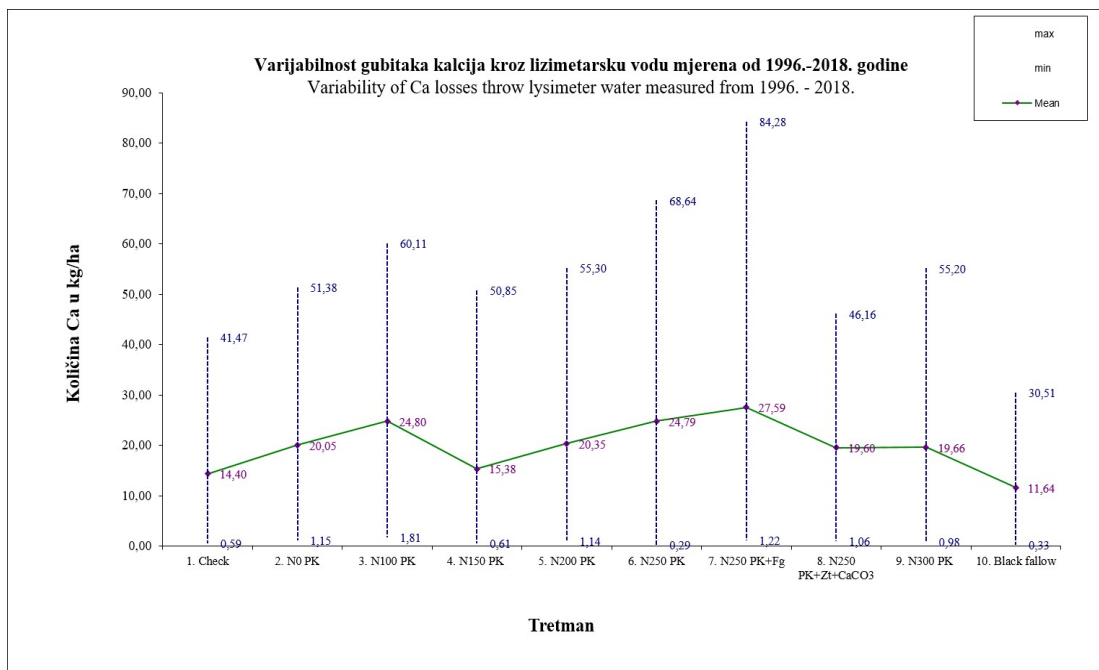
### 5.1.11. Koncentracija kalcija

Prema podacima prikazanim u grafikonu 99, srednje vrijednosti kalcija iz lizimetarske vode mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 42,76 mg/L na tretmanu s crnim ugarom do 87,72 mg/L na tretmanu s fosfogipsom. Dnevne vrijednosti kretale su se od 0,10 mg/L do 180,00 mg/L.



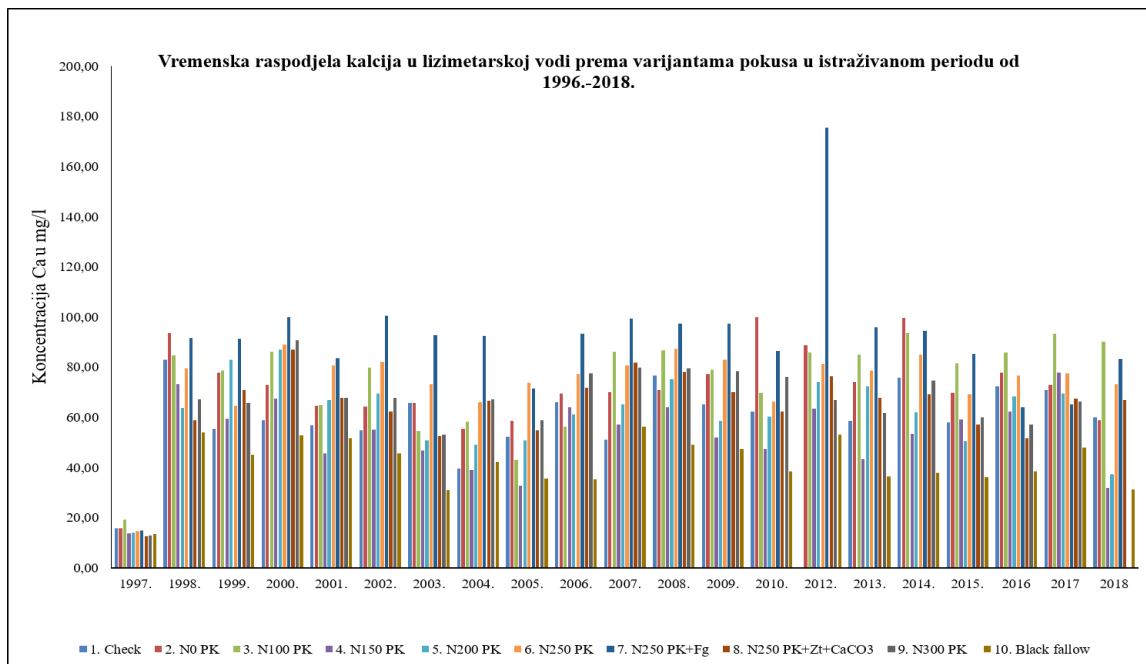
**Grafikon 99.** Varijabilnost koncentracije kalcija (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

Na grafikonu 100 prikazana je varijabilnost gubitaka kalcija kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka kalcija od 27,59 kg/ha zabilježena je na varijanti br. VII sa fosfogipsom. Najniža srednja vrijednost količine ispranog kalcija (11,64 kg/ha) određena je na varijanti s crnim ugarom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,29 do 84,28 kg/ha.

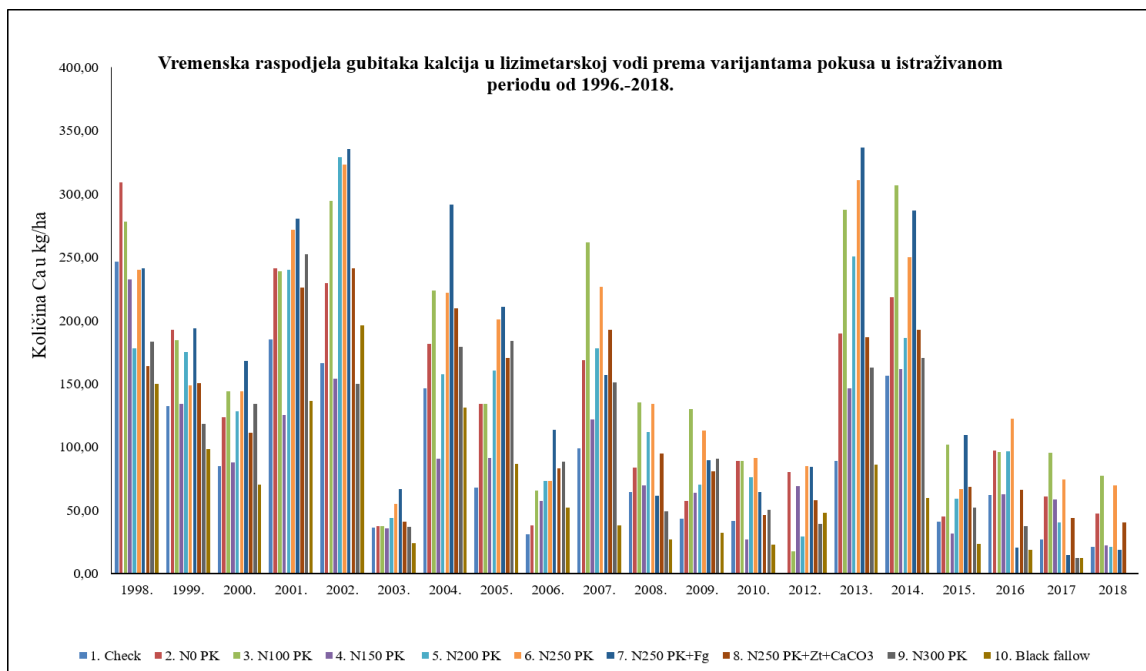


**Grafikon 100.** Varijabilnost gubitaka kalcija (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjerenih od 1996.-2018.

Grafikon 101 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti kalcija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 102 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka kalcija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.



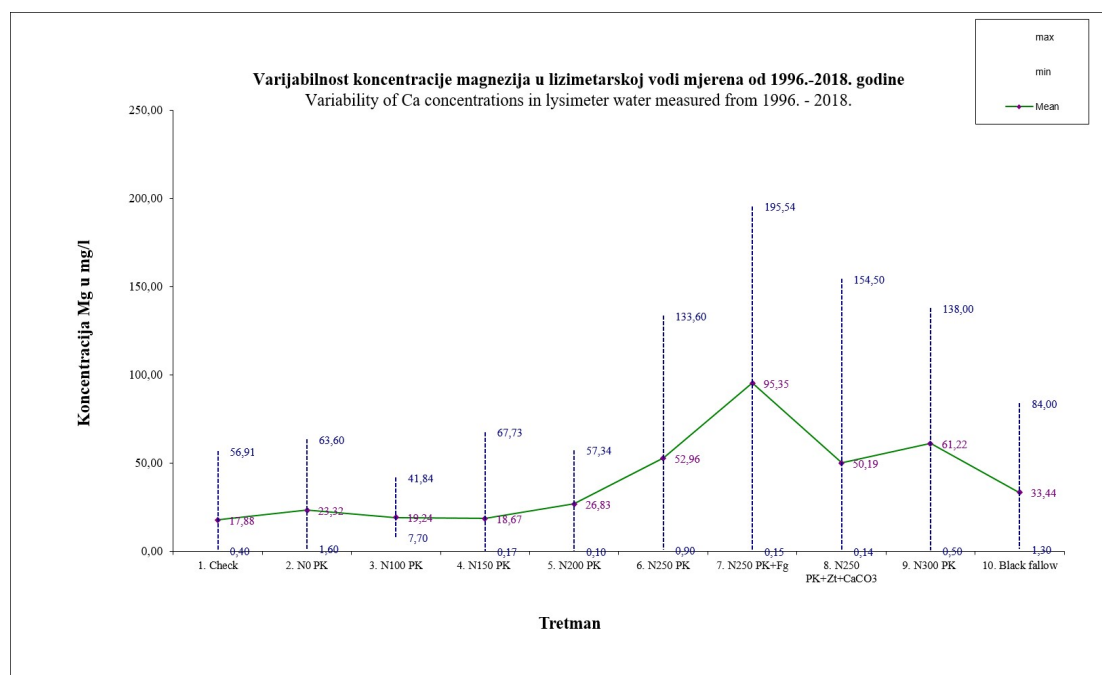
**Grafikon 101.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti kalcija u lizimetroj vodi prema varijantama pokusa



**Grafikon 102.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka kalcija u lizimetroj vodi prema varijantama pokusa

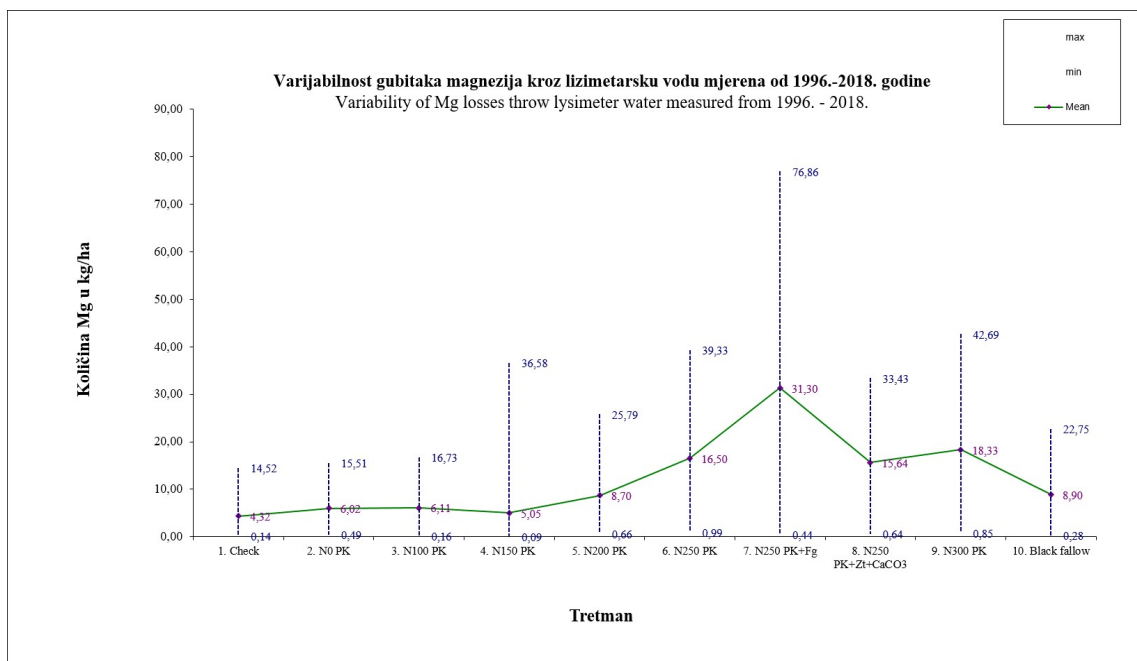
### 5.1.12. Koncentracija magnezija

Prema podacima prikazanim u grafikonu 103, srednje vrijednosti magnezija iz lizimetarske vode mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 17,88 mg/L na kontrolnom tretmanu do 95,35 mg/L na tretmanu s fosfogipsom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,10 mg/L do 195,54 mg/L.



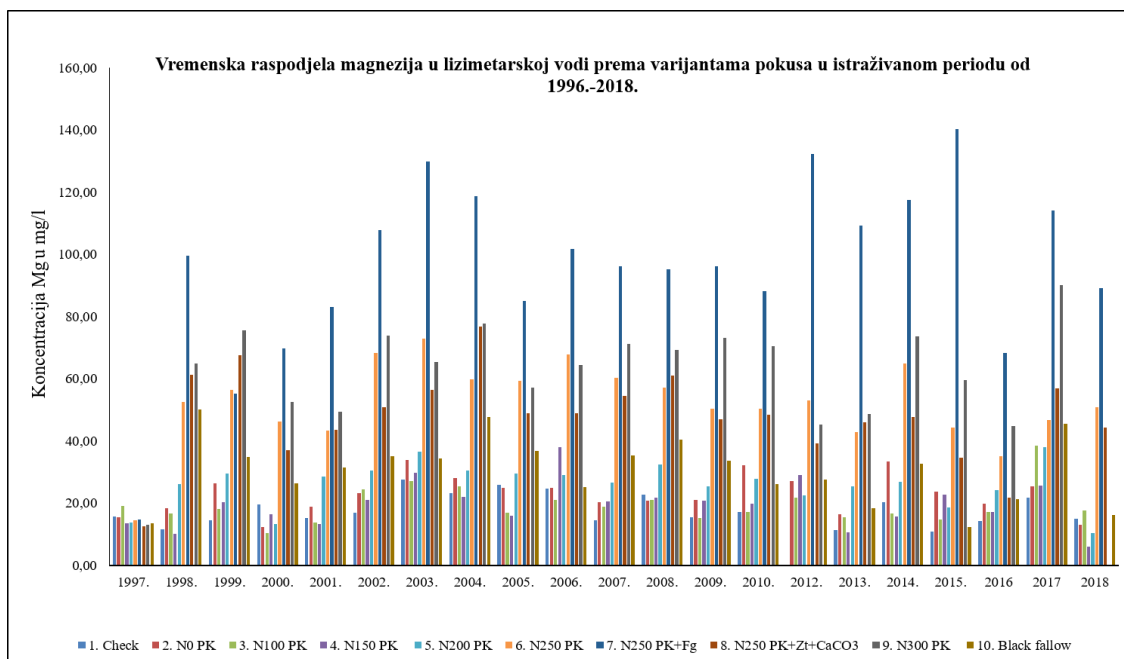
**Grafikon 103.** Varijabilnost koncentracije magnezija (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

Na grafikonu 104 prikazana je varijabilnost gubitaka magnezija kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka magnezija od 31,30 kg/ha zabilježena je na varijanti br. VII sa fosfogipsom. Najniža srednja vrijednost količine ispranog magnezija (4,32 kg/ha) zabilježena je na kontrolnoj varijanti. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,09 do 76,86 kg/ha.

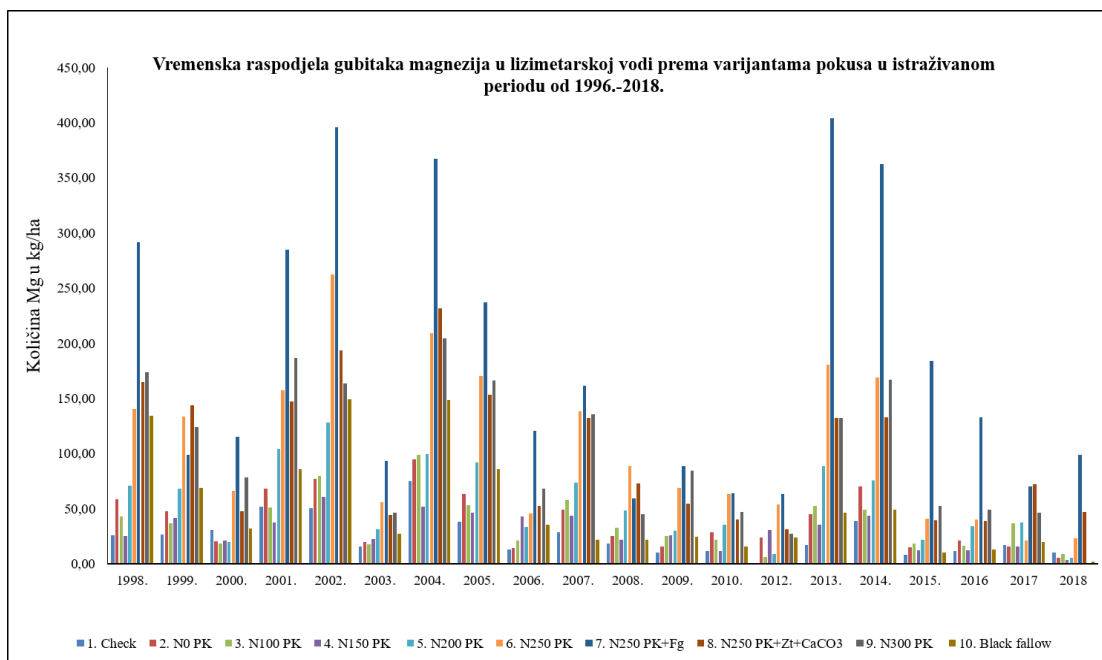


**Grafikon 104.** Varijabilnost gubitaka magnezija (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjerenih od 1996.-2018.

Grafikon 105 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti magnezija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 106 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka magnezija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.



**Grafikon 105.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti magnezija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

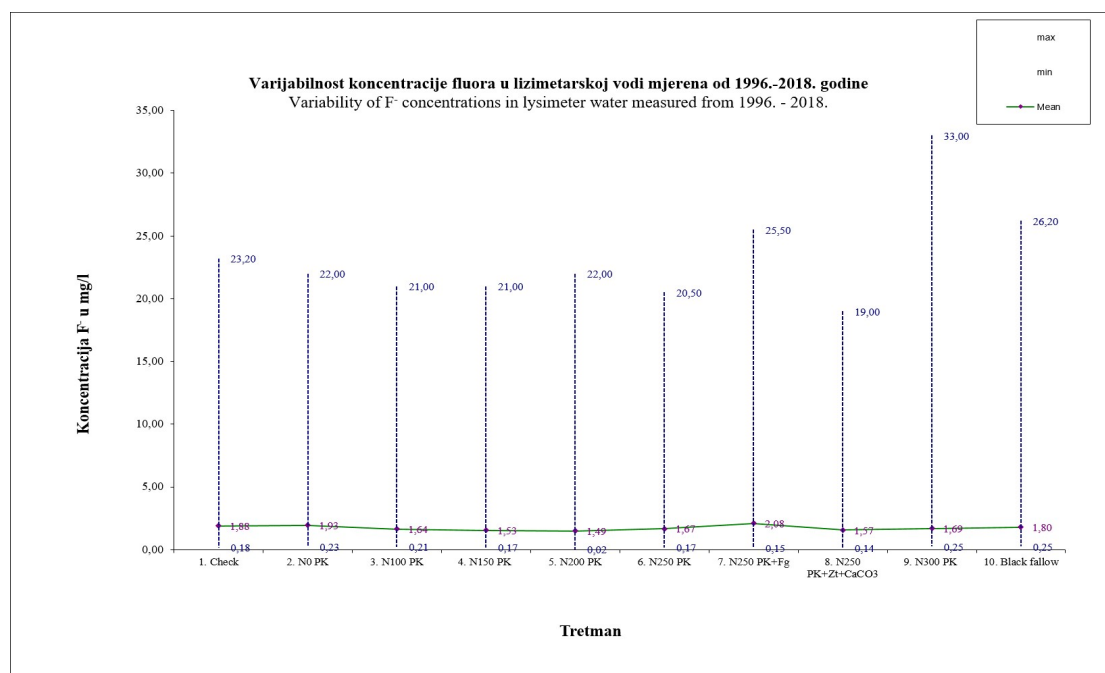


**Grafikon 106.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka magnezija u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa



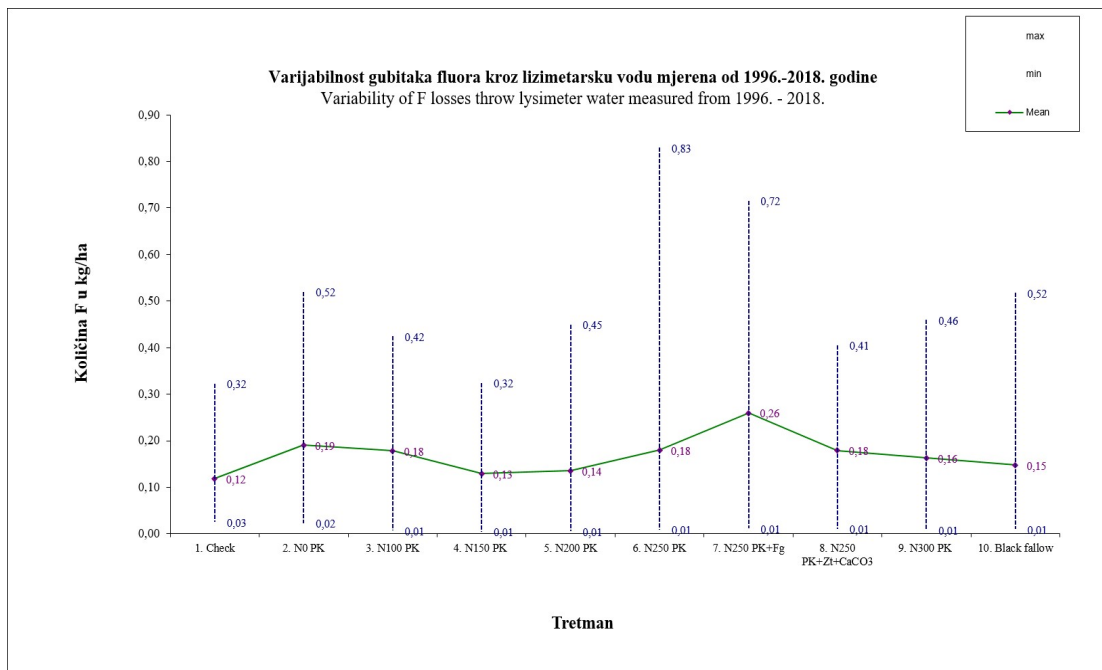
### 5.1.13. Koncentracija fluora

Prema podacima prikazanim u grafikonu 107 srednje vrijednosti fluora iz lizimetarske vode mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 1,49 mg/L na tretmanu V s primijenjenih 200 kg mineralnog dušika do 2,08 mg/L na tretmanu s fosfogipsom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,02 mg/L do 33,00 mg/L.



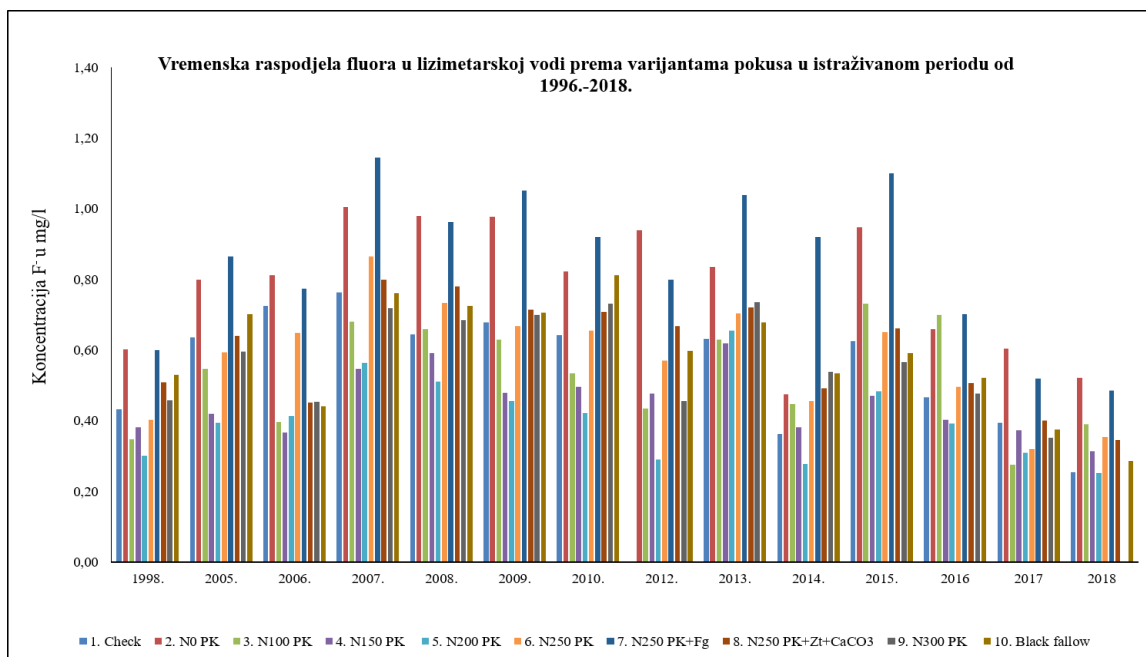
**Grafikon 107.** Varijabilnost koncentracije fluora (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

Na grafikonu 108 prikazana je varijabilnost gubitaka fluora kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka fluora od 0,26 kg/ha zabilježena je na varijanti br. VII sa fosfogipsom. Najniža srednja vrijednost količine ispranog fluora (0,12 kg/ha) zabilježena je na kontrolnoj varijanti. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,01 do 0,83 kg/ha.

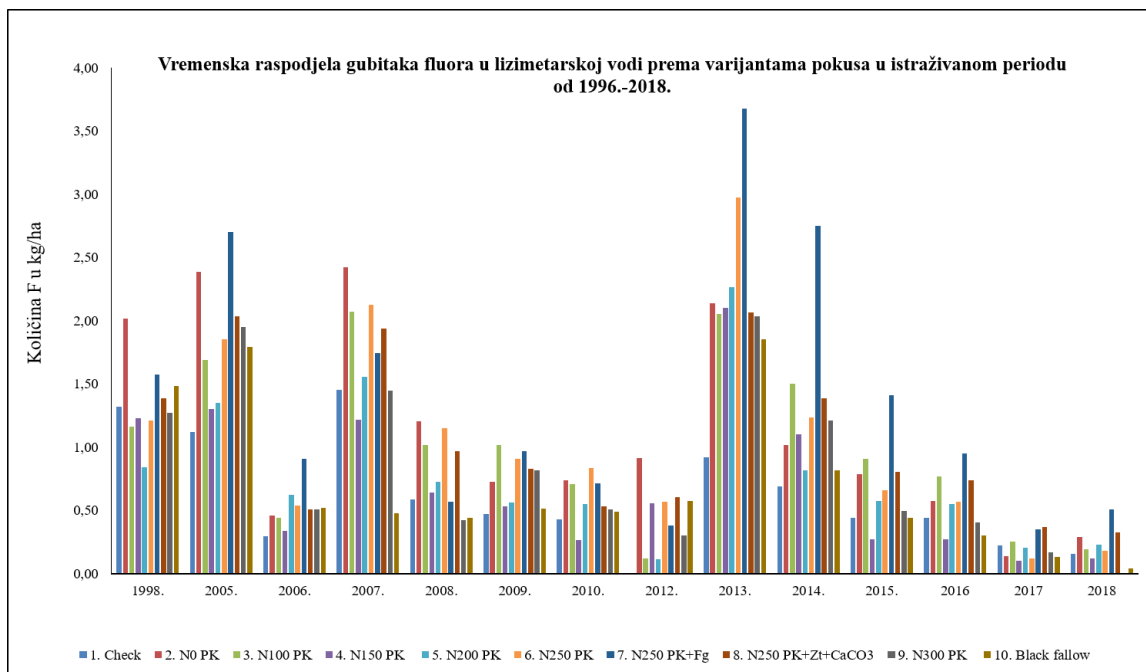


**Grafikon 108.** Varijabilnost gubitaka fluora (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjenjenih od 1996.-2018.

Grafikon 109 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti fluora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 110 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka fluora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.



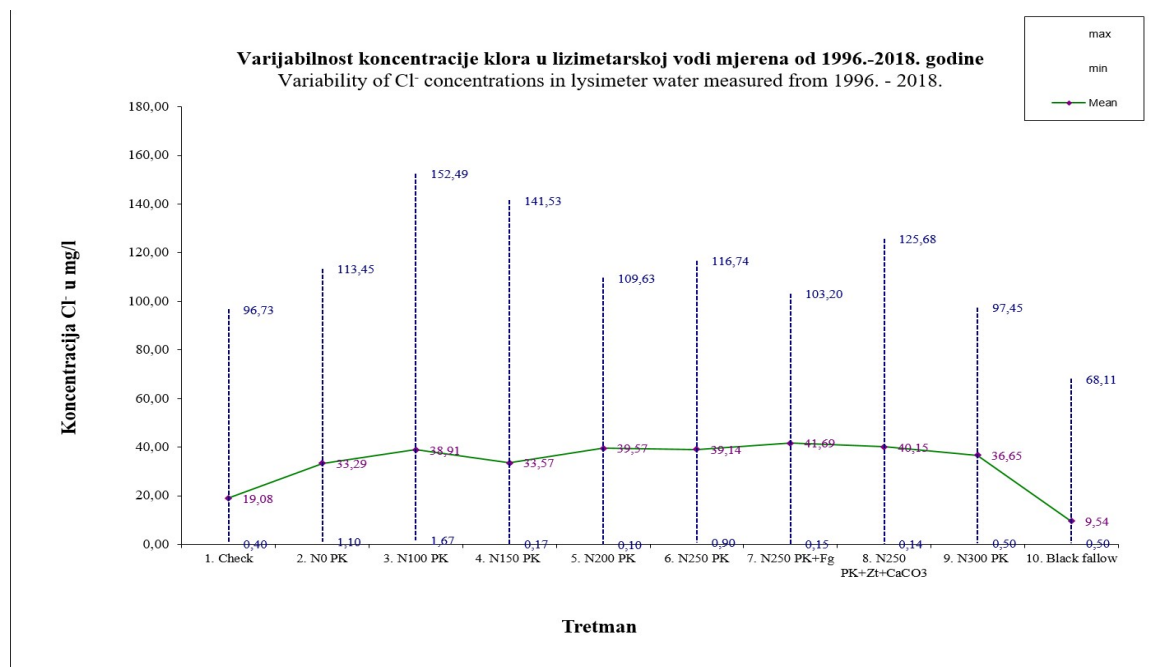
**Grafikon 109.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti fluora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa



**Grafikon 110.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka fluora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

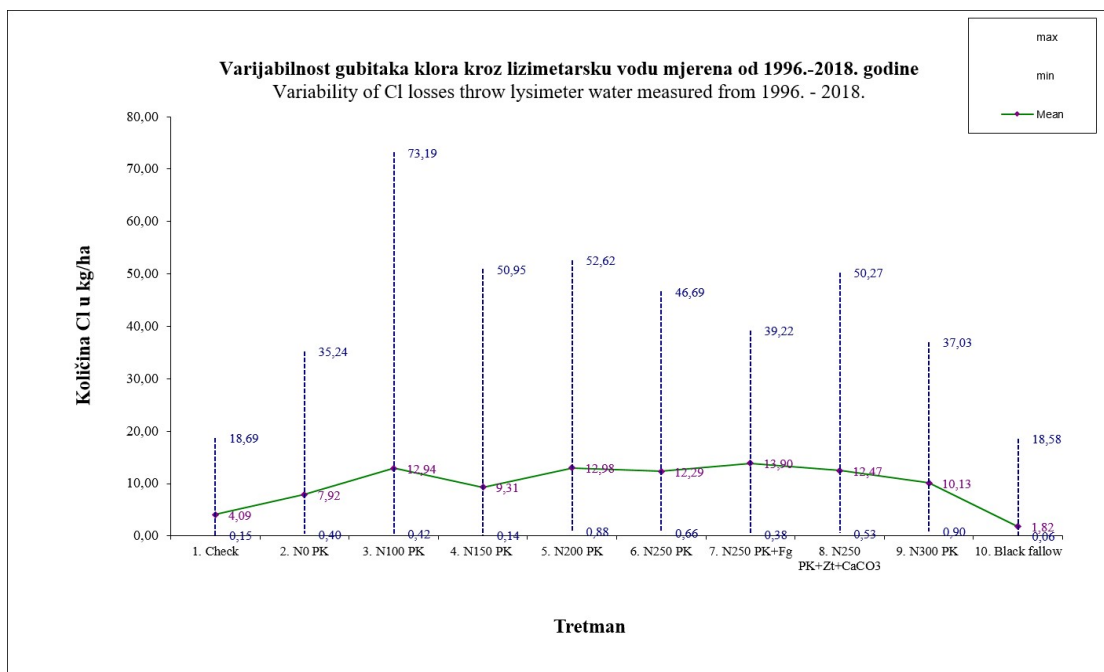
### 5.1.14. Koncentracija klora

Prema podacima prikazanim u grafikonu 111 srednje vrijednosti klora iz lizimetarske vode mjerene u razdoblju od 1996. do 2018. godine kretale su se u rasponu od 9,54 mg/L na tretmanu s crnim ugarom do 41,69 mg/L na tretmanu s fosfogipsom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,10 mg/L do 152,49 mg/L.



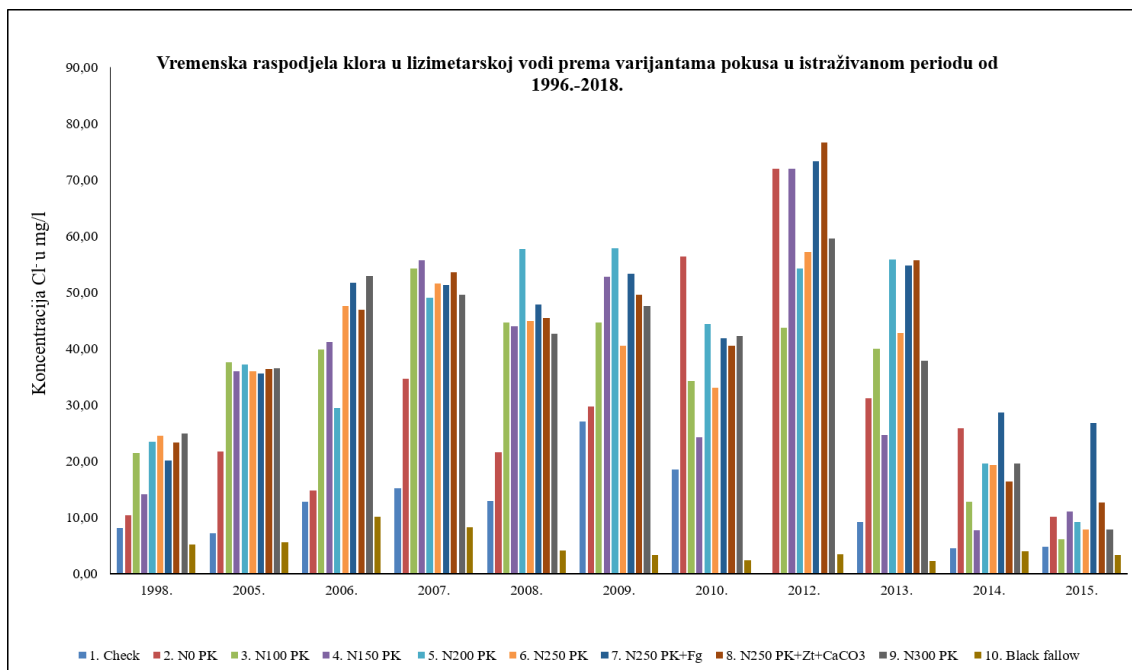
**Grafikon 111.** Varijabilnost koncentracije klora (mg/l) u lizimetarskoj vodi mjerena od 1996.-2018. godine

Na grafikonu 112 prikazana je varijabilnost gubitaka klora kroz promatrano razdoblje. Najveća srednja vrijednost gubitaka klora od 13,90 kg/ha zabilježena je na varijanti br. VII sa fosfogipsom. Najniža srednja vrijednost količine ispranog klora (1,82 kg/ha) zabilježena je na varijanti sa crnim ugarom. Dnevne izmjerene vrijednosti kretale su se od 0,06 do 73,19 kg/ha.

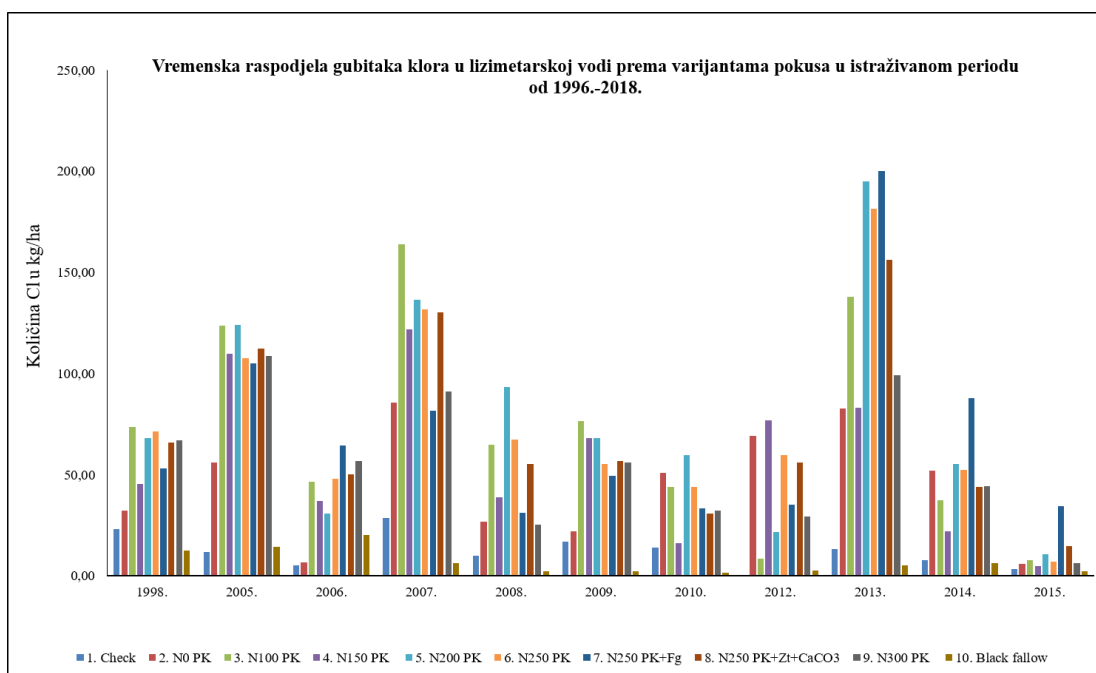


**Grafikon 112.** Varijabilnost gubitaka klora (kg/ha) kroz lizimetarsku vodu mjerenih od 1996.-2018.

Grafikon 113 prikazuje vremensku raspodjelu srednjih godišnjih vrijednosti klora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, dok grafikon 114 prikazuje vremensku raspodjelu godišnje sume gubitaka klora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa, za istraživani period od 1996.-2018. godine.



**Grafikon 113.** Vremenska raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti klora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa



**Grafikon 114.** Vremenska raspodjela godišnje sume gubitaka klora u lizimetarskoj vodi prema varijantama pokusa

Zaključno za ovaj dio predočenih rezultata, od svih ispitivanih elemenata, neki elementi pokazali su veću, a neki manju ovisnost odnosno pozitivnu korelaciju sa primjenom mineralnih gnojiva (posebno dušika), fosfogipsa i kalcifikacije. Tako možemo zaključiti da je

u ispitivanom razdoblju kod nekih parametara kao što su EC vrijednost, nitrati, nitriti, kloridi, natrij, kalcij i magnezij postojala pozitivna linearna veza kako s primijenjenim količinama mineralnog dušika, tako i sa količinama primijenjenog fosfogipsa na varijanti VII. Dodatno, parametri koji su odstupali u koncentracijama na tretmanu sa fosfogipsom (VII) od ostalih tretmana bili su i  $\text{SO}_4^{2-}$  i F. Ostali ispitivani elementi, odnosno koncentracije u lizimetarskoj vodi, kao npr. amonij ion, kalij i fosfati nisu pokazali ovisnost o rastućim dozama dušika, ali ni sa fosfogipsom.

## **5.2. Kakvoća procjedne vode iz drenskih cijevi**

### **5.2.1. Analize vode iz drenskih cijevi**

Analize su se radile u uzorcima vode iz drenskih cijevi zavisno o postojanju isteka. Uzorci vode iz 20 drenskih cijevi uzimani su ručno, mjeren je istek, te je svakih 5 do 10 dana rađen prosječni uzorak vode iz svake drenske cijevi, koji je analiziran. Na temelju podataka o sitektu, te o koncentraciji  $\text{NH}_4\text{-N}$  i  $\text{NO}_3\text{-N}$ , te podataka o količini vode vršio se proračun gubitaka dušika, ali i svih ostalih ispitivanih hranjiva.

U nastavku su prikazani gubitci nitratnog, amonijskog i ukupnog dušika, fosfora i kalija s vodom iz drenskih cijevi za razdoblje istraživanja. Podatci predstavljaju sintezu višegodišnjeg rada, a služe za prikaz gubitaka makroelemenata na drenažnom sustavu koji dobro funkcionira.

S obzirom da su količina i kemijski sastav vode iz drenskih cijevi pod utjecajem mnogih čimbenika, od primjene mineralnih gnojiva, mineralizacije dušika u tlu, agrotehnike test kultura, procesa u tlu, do iznošenja hraniva prinosom test kultura, nemoguće je promatrati bilo koji parametar izdvojeno.

Koncentracije dušika u nitratnom i amonijskom obliku, kao i gubitci amonijskog, nitratnog i ukupnog dušika prikazani se u tablicama 68 - 72.



**Tablica 68. - Srednje koncentracije nitratnog dušika u vodi iz drenskih cijevi, mg/L NO<sub>3</sub>-N 1997.-2018. godine**

Tretman	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Prosjek
1. Kontrola	5,00	3,93	2,50	2,60	4,20	3,40	12,00	8,80	5,40	3,21	10,60	5,30	4,10	3,60	2,98	1,90	3,58	19,1	21,2	9,50	6,55	<b>5,00</b>
2. N0 PK	4,90	3,90	2,50	2,60	3,80	2,10	6,40	4,10	3,30	2,74	3,60	2,90	2,26	2,14	1,40	0,80	3,80	50,8	14,6	2,10	5,95	<b>4,90</b>
3. N100 PK	5,70	5,50	3,90	3,90	6,80	3,90	11,50	5,90	7,00	6,71	10,90	8,00	4,81	9,43	6,82	1,30	3,14	42,3	33,6	7,20	9,22	<b>5,70</b>
4. N150 PK	7,90	8,50	5,60	4,60	8,00	6,60	13,50	9,50	12,70	10,01	12,70	10,00	6,28	11,16	7,57	3,90	5,28	49,1	42,7	14,60	12,33	<b>7,90</b>
5. N200 PK	14,10	16,80	8,50	8,10	12,60	10,30	25,70	17,60	18,00	19,99	25,80	23,10	13,48	34,17	23,66	10,90	17,36	29,1	78,2	49,00	22,39	<b>14,10</b>
6. N250 PK	16,50	21,40	17,20	15,10	19,30	13,80	35,80	21,10	24,10	30,37	40,30	34,40	23,43	62,85	36,53	22,90	26,89	82,6	100,2	87,60	35,88	<b>16,50</b>
7. N250 PK+Fg	15,40	19,60	14,40	14,20	17,50	13,60	33,50	20,90	24,90	27,21	36,10	33,30	26,16	42,24	31,84	20,80	24,60	56,3	96,7	64,40	31,04	<b>15,40</b>
8. N250 PK +Z+CaCO <sub>3</sub>	16,50	19,50	12,00	15,70	17,20	9,60	33,90	23,40	27,50	29,02	33,40	34,80	22,88	32,83	33,28	19,30	23,64	29,4	70,5	64,50	27,91	<b>16,50</b>
9. N300 PK	17,70	25,70	18,70	18,30	19,20	13,40	36,60	26,30	33,90	38,67	53,40	44,00	33,46	47,74	41,37	26,50	29,92	25,2	74,5	47,90	33,18	<b>17,70</b>
10. Crni ugar	12,50	9,90	14,10	8,60	8,50	5,70	17,20	9,30	7,20	12,20	12,90	11,90	9,06	14,46	11,53	6,20	16,66	4,7	46,5	25,60	13,21	<b>12,50</b>

**Tablica 69. - Ukupni godišnji gubici nitratnog dušika s vodom iz drenskih cijevi, kg/ha NO<sub>3</sub>-N 1997.-2018. godine**

Tretman	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Suma
1. Kontrola	4,70	14,00	11,88	2,75	3,20	7,30	1,80	18,10	15,30	3,70	3,34	9,70	4,70	4,50	0,13	3,25	1,91	2,45	23,1	3,9	4,11	<b>143,80</b>
2. N0 PK	5,50	14,30	11,80	3,10	2,30	6,30	1,10	11,40	9,50	1,90	2,30	3,60	2,20	1,80	0,25	1,61	1,25	1,87	7,7	0,0	1,18	<b>90,95</b>
3. N100 PK	6,12	14,20	11,50	3,90	4,90	10,60	1,80	15,10	10,30	4,80	5,39	8,10	5,10	4,84	0,99	9,18	2,52	2,81	20,8	3,2	6,00	<b>152,16</b>
4. N150 PK	12,32	27,10	27,50	6,70	7,00	16,00	5,70	27,80	19,30	9,90	10,48	12,30	8,40	6,93	0,81	10,98	9,65	5,56	26,8	9,3	18,29	<b>278,84</b>
5. N200 PK	17,17	35,90	34,50	9,70	11,70	19,80	6,50	36,10	23,60	11,00	16,66	18,20	15,70	15,12	4,44	38,21	25,10	13,94	20,6	23,0	54,03	<b>450,95</b>
6. N250 PK	22,78	42,60	49,00	17,10	27,40	25,40	8,30	50,80	34,10	14,20	30,00	31,30	31,60	25,00	8,04	58,61	53,34	23,56	32,9	17,6	60,98	<b>664,57</b>
7. N250 PK+Fg	25,24	43,70	49,50	15,10	27,20	27,10	9,10	54,30	32,90	15,20	26,55	30,80	29,00	28,34	6,51	55,22	56,93	19,50	40,0	16,1	57,32	<b>665,60</b>
8. N250 PK +Z+CaCO <sub>3</sub>	21,69	32,50	41,70	17,50	26,90	20,20	6,60	37,50	19,20	4,70	12,58	17,70	17,90	19,80	3,38	52,44	36,41	17,95	7,5	4,8	53,08	<b>472,00</b>
9. N300 PK	27,43	30,20	51,00	25,80	32,80	30,00	7,80	50,60	30,40	10,70	22,03	28,70	16,40	19,28	6,92	49,28	50,63	12,21	0,5	4,5	34,31	<b>541,52</b>
10. Crni ugar	13,65	7,20	10,70	13,20	10,80	9,50	0,40	17,30	4,80	0,60	6,99	7,90	5,80	8,38	1,24	18,15	9,03	1,83	1,0	3,6	16,86	<b>168,94</b>

**Tablica 70. - Srednje koncentracije amonijskog dušika u vodi iz drenskih cijevi, mg/L NH<sub>4</sub><sup>+</sup> N 1997.-2018. godine**

Tretman	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Prosjek
1. Kontrola	0,41	0,18	0,20	0,36	0,39	0,53	0,28	0,23	0,67	0,45	1,40	0,50	0,09	0,17	0,30	0,24	0,01	0,06	0,74	0,34	0,15	<b>0,37</b>
2. N0 PK	0,30	0,18	0,17	0,35	0,37	0,39	0,19	0,19	0,44	0,29	0,50	0,46	0,07	0,23	0,56	0,28	0,10	0,06	0,00	0,17	0,18	<b>0,26</b>
3. N100 PK	0,30	0,20	0,17	0,25	0,50	0,32	0,27	0,22	0,42	0,21	0,80	0,28	0,51	0,25	0,56	0,21	0,11	0,17	1,33	0,02	0,14	<b>0,34</b>
4. N150 PK	0,30	0,19	0,18	0,42	0,65	0,34	0,29	0,19	0,44	0,24	1,20	0,24	0,01	0,14	1,49	0,42	0,09	0,16	1,82	0,15	0,30	<b>0,44</b>
5. N200 PK	0,28	0,19	0,16	0,48	0,69	0,40	0,50	0,23	0,54	0,40	0,90	0,31	0,06	0,17	3,27	0,82	0,33	0,32	2,44	0,11	0,10	<b>0,60</b>
6. N250 PK	0,28	0,17	0,16	0,31	0,54	0,41	0,30	0,27	0,56	0,42	0,90	0,26	0,14	0,21	5,11	1,01	0,21	0,15	2,04	0,06	0,15	<b>0,65</b>
7. N250 PK+Fg	0,35	0,16	0,14	0,33	0,60	0,41	0,31	0,26	0,57	0,34	0,80	0,28	0,07	0,10	2,30	0,55	0,07	0,23	0,59	0,23	0,00	<b>0,41</b>
8. N250 PK +Z+CaCO <sub>3</sub>	0,27	0,18	0,15	0,45	0,44	0,34	0,14	0,43	0,57	0,30	0,40	0,21	0,11	0,11	1,50	0,31	0,09	0,17	0,68	0,00	0,00	<b>0,33</b>
9. N300 PK	0,30	0,17	0,19	0,49	0,48	0,39	0,20	0,23	0,81	0,46	0,40	0,37	0,15	0,11	1,60	1,08	0,13	0,09	2,95	0,00	0,00	<b>0,50</b>
10. Crni ugar	0,25	0,29	0,16	0,29	0,61	0,37	0,00	0,28	0,37	0,76	0,10	0,27	0,00	0,11	0,39	0,10	0,02	0,09	0,60	0,00	0,05	<b>0,24</b>

**Tablica 71. - Ukupni godišnji gubici amonijskog dušika s vodom iz drenskih cijevi, kg/ha NH<sub>4</sub><sup>+</sup> N 1997.-2018. godine**

Tretman	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Suma
1. Kontrola	0,48	0,57	0,60	0,50	0,55	0,86	0,13	0,42	0,88	0,42	0,73	0,40	0,03	0,09	0,01	0,27	0,00	0,00	0,34	0,07	0,05	<b>7,40</b>
2. N0 PK	0,55	0,63	0,50	0,60	0,57	0,46	0,09	0,36	0,48	0,18	0,12	0,22	0,05	0,07	0,05	0,33	0,09	0,00	0,00	0,00	0,06	<b>5,41</b>
3. N100 PK	0,38	0,7	0,40	0,40	0,44	0,21	0,11	0,29	0,48	0,21	0,25	0,15	0,10	0,06	0,03	0,31	0,06	0,01	0,54	0,00	0,05	<b>5,14</b>
4. N150 PK	0,53	0,81	0,50	0,70	0,68	0,42	0,17	0,38	0,76	0,24	0,44	0,18	0,00	0,05	0,07	0,61	0,11	0,03	1,40	0,01	0,11	<b>8,20</b>
5. N200 PK	0,48	0,62	0,30	0,80	0,46	0,45	0,21	0,33	0,78	0,34	0,63	0,24	0,02	0,06	0,74	1,46	0,11	0,07	2,20	0,01	0,05	<b>10,37</b>
6. N250 PK	0,40	0,54	0,40	0,50	0,37	0,52	0,16	0,36	0,77	0,38	0,72	0,15	0,05	0,07	0,99	1,58	0,14	0,10	0,73	0,01	0,04	<b>8,97</b>
7. N250 PK+Fg	0,68	0,52	0,40	0,60	0,45	0,56	0,16	0,39	0,88	0,25	0,58	0,23	0,03	0,02	0,32	1,20	0,04	0,17	0,47	0,02	0,00	<b>7,96</b>
8. N250 PK +Z+CaCO <sub>3</sub>	0,46	0,44	0,40	0,90	0,38	0,31	0,08	0,29	0,30	0,07	0,12	0,08	0,04	0,02	0,22	0,66	0,02	0,14	0,40	0,00	0,00	<b>5,32</b>
9. N300 PK	0,41	0,40	0,50	1,00	0,41	0,55	0,12	0,32	1,14	0,23	0,17	0,13	0,03	0,02	0,31	1,34	0,03	0,04	1,19	0,00	0,00	<b>8,33</b>
10. Crni ugar	0,34	0,20	0,20	0,30	0,37	0,31	0,00	0,18	0,13	0,07	0,02	0,11	0,00	0,02	0,15	0,18	0,00	0,00	0,13	0,00	0,01	<b>2,72</b>

**Tablica 72. - Ukupni godišnji gubici dušika s vodom iz drenskih cijevi, kg/ha N 1997.-2018. godine**

Tretman	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Suma
1. Kontrola	5,18	14,57	12,48	3,25	3,75	8,16	1,93	18,52	16,18	4,12	4,06	10,10	4,73	4,59	0,14	3,52	1,91	2,46	23,42	3,98	4,16	<b>151,2</b>
2. N0 PK	6,05	14,93	12,30	3,70	2,87	6,76	1,19	11,76	9,98	2,08	2,41	3,82	2,25	1,87	0,30	1,94	1,34	1,88	7,69	0,01	1,24	<b>96,4</b>
3. N100 PK	6,50	14,85	11,90	4,30	5,34	10,81	1,91	15,39	10,78	5,01	5,64	8,25	5,20	4,90	1,02	9,49	2,58	2,82	21,35	3,20	6,05	<b>157,3</b>
4. N150 PK	12,85	27,91	28,00	7,40	7,68	16,42	5,87	28,18	20,06	10,14	10,91	12,48	8,40	6,98	0,88	11,59	9,75	5,59	28,20	9,34	18,40	<b>287,0</b>
5. N200 PK	17,66	36,52	34,80	10,50	12,16	20,25	6,71	36,43	24,38	11,34	17,29	18,44	15,72	15,18	5,18	39,68	25,21	14,00	22,78	23,02	54,08	<b>461,3</b>
6. N250 PK	23,18	43,14	49,40	17,60	27,77	25,92	8,46	51,16	34,87	14,58	30,72	31,45	31,65	25,07	9,03	60,19	53,48	23,66	33,62	17,58	61,02	<b>673,5</b>
7. N250 PK+Fg	25,92	44,22	49,90	15,70	27,65	27,66	9,26	54,69	33,78	15,45	27,13	31,03	29,03	28,36	6,84	56,42	56,96	19,67	40,44	16,14	57,32	<b>673,6</b>
8. N250 PK +Z+CaCO <sub>3</sub>	22,15	32,94	42,10	18,40	27,28	20,51	6,68	37,79	19,50	4,77	12,70	17,78	17,94	19,82	3,59	53,10	36,43	18,09	7,88	4,80	53,08	<b>477,3</b>
9. N300 PK	27,84	30,60	51,50	26,80	33,21	30,55	7,92	50,92	31,54	10,93	22,20	28,83	16,43	19,30	7,24	50,62	50,66	12,25	1,66	4,55	34,31	<b>549,9</b>
10. Crni ugar	13,99	7,40	10,90	13,50	11,17	9,81	0,40	17,48	4,93	0,67	7,01	8,01	5,80	8,40	1,39	18,33	9,04	1,83	1,14	3,61	16,87	<b>171,7</b>

U tablici 73 prikazan je obračun gubitaka dušika s vodom iz lizimetara, s vodom iz drenskih cijevi i kao dušik koji ostaje u tlu, koji se, se barem dijelom, ispire u podzemne vode. Ovisno o tretmanu i primijenjenim količinama dušika razvidno je da i u varijanata bez primijenjenih mineralnih gnojiva, a pod kulturama, (Kontrola i N<sub>0</sub> PK) postoji ispiranje dušika, kao posljedica mineralizacije organske tvari tla i eventualno suhe i mokre depozicije na površini tla. Tu je posebno zanimljiva i varijanta crnog ugara, u kojoj je tlo zahvatima obrade stalno održavano čistom, bez vegetacije. Jedina razlika između ostalih varijanti bez primijenjenog dušika i varijante crnog ugara jest nepostojanje biljnog pokrova test kulture.

S obzirom da se u varijanti crnog ugara radi samo o mineralizaciji dušika iz tla, činjenica da nema poljoprivredne kulture koja bi usvojila mineralizirani dušik, doprinosi bitno većim gubiticima dušika, u našem istraživanju i dvostruko većim nego u slučaju postojanja biljnog pokrova.

S povećanjem primijenjene količine mineralnog dušika vidljiv je utjecaj na gubitke dušika u vodi iz lizimetara, ali i u vodi iz drenskih cijevi. Ovdje postoje određene razlike koje se mogu objasniti različitim tretmanima (fosfogips, zeolit), zatim s visinom prinosa uzgajanih test kultura, različitom evapotranspiracijom i stanjem tla pod utjecajem primijenjenog dušika. Međutim, već na umjereno gnojenim varijantama pokusa (150-200 kg/ha dušika) vidljiv je gubitak dušika s drenskim cijevima u rasponu od 287 do 461 kg/ha, dok se gubitci u varijanata sa 250 i 300 kg/ha N primijenjenog u gnojidbi kreću u rasponu od 477 do 673 kg/ha N. Te vrijednosti predstavljaju sume za cijelo istraživano razdoblje, a one su, kao takve, vrlo jasne, jer predstavljaju zbroj suhih i oborinama bogatih godina. Ispiranje dušika zabilježeno je i u varijanata bez primijenjenog mineralnog dušika, i to 96 kg N/ha u varijante N<sub>0</sub> PK, 150 kg/N ha u kontrolne varijante, te 172 kg u varijante crnog ugara.

**Tablica 73. – Obračun ukupnih gubitaka dušika s vodom iz lizimetara i iz drenskih cijevi**

<b>Varijanta pokusa</b>	<b>Ukupni gubitak dušika, lizimetri, kg/ha</b>	<b>Ukupni gubitak dušika, drenske cijevi, kg/ha</b>	<b>Razlika, kg/ha</b>
1. Kontrola	182,2	151,2	<b>31,0</b>
2. N0 PK	176,7	96,4	<b>80,3</b>
3. N100 PK	399,8	157,3	<b>242,5</b>
4. N150 PK	411,5	287,0	<b>124,5</b>
5. N200 PK	688,5	461,3	<b>227,2</b>
6. N250 PK	1190	673,5	<b>516,5</b>
7. N250 PK+Fg	1065,1	673,6	<b>391,5</b>
8. N250 PK +Z+CaCO <sub>3</sub>	1007,5	477,3	<b>530,2</b>
9. N300 PK	1212,1	549,9	<b>662,2</b>
10. Crni ugar	340,6	171,7	<b>168,9</b>

Gubitak ukupnog fosfora s drenskim cijevima prikazan je u tablici 74. Kako se može zaključiti prema prikazanim podacima, ispiranje fosfora s vodom iz drenskih cijevi bilo je vrlo malo, kretalo se u rasponu 2,6 u varijante crnog ugara, do 10,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u varijante N<sub>100</sub> PK, za cijelo razdoblje istraživanja. Gnojidba dušikom, a ni gnojidba fosforom, nisu značajno utjecali na gubitke fosfora s vodom iz drenskih cijevi.

Temeljem rezultata može se zaključiti da je u ovim agroekološkim uvjetima ispiranje fosfora s vodom iz drenskih cijevi razmjerno malo, te da gnojidba na istraživanoj razini ne predstavlja značajan izvor onečišćenja vode.

Gubitci kalija prikazani su u tablici 75. Najmanji ukupni gubitak odnosi se na varijantu crnog ugara, svega 15,65 kg K<sub>2</sub>O u razdoblju istraživanja. Najveći ukupni gubitak od 109,5 kg K<sub>2</sub>O zabilježen je u varijante N<sub>200</sub> PK.

**Tablica 74. - Ukupni godišnji gubici fosfora s vodom iz drenskih cijevi, kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1997.-2018. godine**

Tretman	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Suma
1. Kontrola	0,24	0,36	0,75	0,13	0,13	2,58	0,15	0,34	0,65	0,13	0,11	0,07	0,15	0,33	0,02	0,388	0,00	0,07	0,75	0,05	0,0	<b>7,43</b>
2. N0 PK	0,51	0,30	0,76	0,15	0,15	1,59	0,18	1,62	0,69	0,16	0,47	0,39	0,13	0,14	0,16	1,071	0,23	0,45	0,21	0,00	0,1	<b>9,42</b>
3. N100 PK	0,33	0,41	0,50	0,20	0,20	1,36	0,25	0,87	0,62	0,33	0,35	0,25	0,14	0,14	0,11	1,500	0,28	0,19	2,58	0,00	0,0	<b>10,61</b>
4. N150 PK	0,37	0,59	0,72	0,14	0,14	1,90	0,48	0,90	0,47	0,21	0,12	0,24	0,09	0,33	0,07	1,167	0,19	0,05	2,34	0,01	0,0	<b>10,53</b>
5. N200 PK	0,24	0,34	0,34	0,17	0,17	1,13	0,55	0,59	0,20	0,05	0,11	0,33	0,14	0,22	0,02	1,431	0,22	0,71	3,35	0,09	0,1	<b>10,49</b>
6. N250 PK	0,20	0,37	0,38	0,14	0,14	0,58	0,22	0,32	0,16	0,03	0,04	0,15	0,08	0,13	0,02	0,412	0,11	0,11	1,86	0,10	0,1	<b>5,65</b>
7. N250 PK+Fg	0,22	0,29	0,59	0,17	0,17	0,56	0,23	0,35	0,20	0,00	0,07	0,12	0,11	0,12	0,02	0,649	0,14	0,24	1,20	0,03	0,2	<b>5,70</b>
8. N250 PK +Z+CaCO <sub>3</sub>	0,22	0,18	0,35	0,19	0,19	0,47	0,27	0,45	0,21	0,01	0,03	0,17	0,13	0,13	0,03	1,295	0,37	0,49	1,10	0,00	0,0	<b>6,29</b>
9. N300 PK	0,19	0,14	0,34	0,11	0,11	0,72	0,21	0,43	0,29	0,00	0,07	0,05	0,20	0,21	0,02	0,477	0,02	0,20	1,39	0,00	0,0	<b>5,18</b>
10. Crni ugar	0,08	0,05	0,10	0,10	0,10	0,37	0,01	0,17	0,22	0,00	0,02	0,04	0,08	0,16	0,00	0,679	0,00	0,04	0,38	0,01	0,0	<b>2,60</b>

**Tablica 75. - Ukupni godišnji gubici kalija s vodom iz drenskih cijevi, kg/ha K<sub>2</sub>O 1997.-2018. godine**

Tretman	1997.	1998.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Suma	
1. Kontrola	1,14	2,30	2,22	1,19	1,19	0,27	0,26	4,49	5,31	1,09	1,93	1,98	0,97	1,34	0,19	1,79	2,57	1,4	2,14	0,11	0,7	<b>34,60</b>
2. N0 PK	3,66	2,90	4,99	1,85	1,85	0,30	0,29	7,45	5,41	1,03	2,00	2,02	0,91	1,00	0,79	3,93	6,17	3,1	0,69	0,04	1,0	<b>51,42</b>
3. N100 PK	1,70	3,76	3,61	1,61	1,61	0,46	0,25	6,49	4,42	1,40	2,06	1,74	1,11	0,97	0,56	4,91	6,01	2,4	3,84	0,14	1,1	<b>50,12</b>
4. N150 PK	2,98	4,17	5,24	1,82	1,82	0,84	0,40	10,27	9,69	2,78	3,28	3,32	1,96	1,62	0,80	5,60	6,95	2,0	10,74	0,12	1,4	<b>77,76</b>
5. N200 PK	4,13	3,24	6,77	2,47	2,47	1,09	0,54	11,12	10,36	3,38	4,95	4,63	3,44	2,69	2,15	15,26	10,30	3,0	16,12	0,34	1,1	<b>109,52</b>
6. N250 PK	2,92	2,88	5,66	2,10	2,10	1,07	0,48	11,42	10,10	3,18	5,20	5,35	4,28	2,63	2,34	13,55	8,41	4,4	6,80	0,21	2,0	<b>97,13</b>
7. N250 PK+Fg	5,10	3,67	4,77	2,39	2,39	1,18	0,58	10,25	9,20	2,77	4,13	4,01	2,76	2,61	2,21	13,50	8,49	3,1	6,75	0,19	1,8	<b>91,92</b>
8. N250 PK +Z+CaCO <sub>3</sub>	3,21	3,02	4,13	2,63	2,63	0,45	0,31	4,72	3,91	0,49	1,29	2,04	1,42	1,22	0,94	10,67	6,73	3,9	4,62	0,06	1,1	<b>59,55</b>
9. N300 PK	2,39	2,22	4,00	2,47	2,47	0,74	0,42	7,06	6,76	1,41	1,74	2,24	0,87	0,91	1,59	6,73	4,99	0,7	5,10	0,03	1,4	<b>56,26</b>
10. Crni ugar	1,30	0,35	1,02	1,03	1,03	0,15	0,09	1,72	0,74	0,04	0,60	0,78	0,35	0,63	0,14	1,15	2,55	0,4	0,86	0,06	0,7	<b>15,65</b>

## 6. ZAKLJUČCI

- 1) U terenskom pokusu s različitim količinama mineralnog dušika (0, 100, 150, 200, 250 i 300 kg Nha<sup>-1</sup>) mjereno je drenski istek. Provedena je usporedba prosječnog drenskog isteka iz 20 drenskih cijevi na površini od 4 ha sa izračunatim viškovima vode, na temelju modela izračuna evapotranspiracije prema Thornthwaite-u. Istraživanje je provedeno na Pseudoglej ravničarskom, hidromelioriran cijevnom drenažom, s Ach + Ecg - Ecg - Btg slijedom horizonata tla. Zbog stagnacije vode u tlu ugrađene su drenske cijevi na prosječnoj udaljenosti od 20 m.
- 2) Ukupno je analiziran istek iz 20 drenskih cijevi u razdoblju od 21 godine (1997. - 2018.). Istek je mjereno ručno na dnevnoj osnovi tijekom razdoblja postojanja drenskog isteka. Plodosmjena je uključivala kukuruz, ozimu pšenicu, uljanu repicu i soju. Pokusni gnojidbeni tretmani bili su: 1. Kontrola-negnojeno, 2. N0 PK, 3. N100 PK, 4. N150 PK, 5. N200 PK, N250 PK, N250 PK + fosfogips, N250 PK + Zeolit tuf + CaCO<sub>3</sub>, 9. N300 PK i 10. Crni ugar.
- 3) Prosječna godišnja (1965-1990) količina oborina za najbližu meteorološku postaju iznosi 865 mm godišnje. U razdoblju istraživanja (1998.-2018.) prosječna količina oborina izmjerena na lokaciji istraživanja iznosila je 795 mm godišnje.
- 4) Prosječan višak vode prema metodi Thonthwaith-a iznosio je 265 mm godišnje. Prosječni izmjereni drenski istek za razdoblje istraživanja bio je 122 mm godišnje. Godišnje variranje izmjerenog isteka mijenjalo se tijekom razdoblja istraživanja od minimalno 0 mm u 2011. godini do maksimalno 245 mm u 2001. godini.
- 5) Na temelju podataka prikupljenih u 21-godišnjem razdoblju, prosječni drenski istek bio je 122 mm i iznosio je 15 % prosječne količine oborine izmjerene na pokusnom polju. U usporedbi s viškom vode izračunatom po modelu Thornthwaith-a, drenaža je uklonila je 46 % viška vode iz polja.
- 6) Na umjereno gnojnim varijantama pokusa (150-200 kg/ha dušika) zabilježen je gubitak dušika s drenskim cijevima u rasponu od 287 do 461 kg/ha, dok se gubitci u varijanata sa 250 i 300 kg/ha N primijenjenog u gnojidbi kreću u rasponu od 477 do 673 kg/ha N, za cijelo razdoblje istraživanja.
- 7) Ispiranje dušika zabilježeno je i u varijanata bez primijenjenog mineralnog dušika, i to 96 kg N/ha u varijante N0 PK, 150 kg/N ha u kontrolne varijante, te 172 kg u varijante crnog ugara.

- 8) Ispiranje fosfora i kalija s vodom iz drenskih cijevi nije bilo veliko, a nije, sudeći prema dobivenim rezultatima, značajno određeno količinama primijenjenih mineralnih gnojiva.
- 9) Podatci dobiveni za sve analizirane oblike dušika predstavljaju osnovu za postupak modeliranja gubitaka dušika s vodom iz drenažnih sustava, koji će se provoditi u budućnosti.
- 10) Nakon 23 vegetacijske i 22 kalendarske godine, puno terenskog, laboratorijskog i uredskog rada, projekt istraživanja mineralne dušične gnojidbe na kakvoću lizimetarske i drenske vode je završen, a svima koji su u tom dugom razdoblju pomogli da se istraživanje realizira, iskreno se zahvaljujemo.



## Literatura

- Bolan, N.S., Hedley, M.J., White, R.E. (1991.) Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures u *Plant and soil* 134: 53-63.
- Dersch, G. i Böhm, K. (2001) Effects of agronomic practices on the soil carbon storage potential in arable farming in Austria. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, 49–55.
- Gračanin, M. (1950). Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u pedološkom istraživanju, Zagreb.
- Guo, L.P., Zhang, F.S., Wang, X.R., Mao, D.R., Chen, X.P. (2001) Effect of long-term fertilization on soil nitrate distribution, *Journal of Environmental Sciences (China)* 13:1, 58-63.
- Heaton, T.H.E. (1986). Isotopic studies of nitrogen pollution in the hydrosphere and atmosphere: A review. *Chemical Geology: Isotope Geoscience Section*, 59: 87-102.
- Holeplass, H., Singh, B.R., Lal, R. (2004) Carbon sequestration in soil aggregates under different crop rotations and nitrogen fertilization in an inceptisol in southeastern Norway. *Kluwer Academic Publishers, Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70, 167–177.
- Huang, P., Zhang, J., Xin, X., Zhu, A., Zhang, C., Ma, D., Zhu, Q., Yang, S., Wu, S., (2015.) Proton accumulation accelerated by heavy chemical nitrogen fertilization and its long-term impact on acidifying rate in a typical arable soil in the Huang-Huai-Hai Plain u *Journal of Integrative Agriculture* 14(1): 148-157.
- Juras, J. (1994): Some common features of probability distribution for precipitation. *Theoretical and Applied Climatology*, 49(2): 69-76.
- Juras, V. i Juras, J. (1987): Metode kategorizacije izvanrednih meteoroloških pojava (Methods of classification of extraordinary meteorological phenomena – abstract in English). *Zbornik radova: Treće jugoslavensko savjetovanje o elementarnim atmosferskim nepogodama – Opasne pojave na moru*. 1-8.
- Kendall, C., Silva, S.R., Stober, Q.J., Meyer, P. (1998). Mapping spatial variability in marsh redox conditions in the Florida everglades using biomass stable isotopic compositions. *EOS, Transactions of the American Geophysical Union*. 79: S88.
- Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I., Butorac, A., Gašpar, I. 2007. Influence of mineral nitrogen fertilization on corn grain yield and nitrogen leaching. *Cereal Research Communications*. 35, 2; 773-776.
- Mesić, M., Šimunić, I., Bašić, F., Vuković, I., Jurišić, A. 2008. Soil type influence on drainage discharge and yield of soybean. *Cereal Research Communications*. 36, Part 2 Suppl. 5; 1207-1210.
- Mesić, M., Brezinščak, L., Zgorelec, Ž., Perčin, A., Šestak, Ivana, Bilandžija, D., Trdenić, M., Lisac, H. 2016. The Application of Phosphogypsum in Agriculture. *ACS. Agriculturae conspectus scintificus*. 81, 1; 7-13.
- Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I., Zgorelec, Ž., Vuković, I., Sajko, K., Butorac, A. 2005. Utjecaj rastućih doza mineralnog dušika na njegovo ispiranje, *Izvješće, Agronomski fakultet*
- Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I., Zgorelec, Ž., Vuković, I., Sajko, K., Jurišić, A. 2006. Utjecaj rastućih doza mineralnog dušika na njegovo ispiranje, *Izvješće, Agronomski fakultet*.
- Mesic, M., Basic, F., Kistic, I., Butorac, A., Gaspar, I. (2007) Influence of nimeral nitrogen fertilization on corn grain yield and nitrogen leaching. *Cereal Research Communications*. 35:2, 773-776.
- Mesic, M., Bašic, F., Kistic, I., Zgorelec, Ž., Vukovic, I., Sajko, K., Jurišic, A. 2007-2012. Gnojidba dušikom prihvatljiva za okoliš, *Izvješće, Agronomski fakultet*.
- Mesic, M., Bogunović, I., Bilandžija, D., Perčin, A., Šestak, I., Zgorelec, Ž. 2013.-2014. Monitoring vode iz drenskih cijevi u 2013.-2014. godini, *Izvješće, Agronomski fakultet*

- Mesic, M., Galić, M., Bogunović, I., Perčin, A., Šestak, I., Zgorelec, Ž. 2015.-2018. Monitoring vode iz drenskih cijevi u 2015.-2018. godini, Izvješće, Agronomski fakultet.
- Nance, C.D., Gibson, L.R. i Karlen, D.L. (2007) Soil Profile Nitrate Response to Nitrogen Fertilization of Winter Triticum. *Soil Science Society of America Journal*. 71:4, 1343–1351.
- Németh, T. i Kádár, I. (1999) Studies on nitrate leaching and changes in the nitrogen balance during a long-term mineral fertilization experiment. *Növénytermelés*. 48:4 (377-385)
- Penzar, I., Penzar, B. (2000) *Agrometeorologija*. Zagreb, Školska knjiga.
- Šestak, I., Mesić, M., Zgorelec, Ž., Kisić, I., Bašić, F. 2014. Winter wheat agronomic traits and nitrate leaching under variable nitrogen fertilization. *Plant, Soil and Environment*. 60, 9; 394-400.
- Šestak, I., Mesić, M., Zgorelec, Ž., Perčin, A. 2018. Diffuse reflectance spectroscopy for field scale assessment of winter wheat yield. *Environmental Earth Sciences*. 77, 506.
- Vasilj, Đ. (2000): *Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu*. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb, Hrvatska. 320.
- Vitòria, L., Otero, N., Soler, A., Canals, À. (2004). Fertilizer Characterization: Isotopic Dana (N, S, O, C, and Sr). *Environmental Science & Technology*. 38: 3254-3262
- Vukadinović, V. i Lončarić, Z. (1998) *Ishrana bilja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet*.
- Vuković, I., Mesić, M., Bajić, M., Krtalić, A., Gold, H., Kisić, I., Bašić, F., Zgorelec, Ž., Sajko, K. 2007. Spatial Distribution of Ambrosia Weediness in Soybean at Different Rates of Nitrogen Fertilization, based on Digital Imagery Analysis. *ACS. Agriculturae conspectus scientificus*. 72, 1; 103-111.
- Vuković, I., Mesić, M., Zgorelec, Ž., Jurišić, A., Sajko, K. 2008. Nitrogen use efficiency in winter wheat. *Cereal Research Communications*. 36, Part 2 Suppl. 5; 1199-1202.
- Azem F., Malik K.A., Sajjad M.J. (1985): Transformation in soil and availability to plants of 15N applied as inorganic fertilizer and legume residues. *Plant and soil* 86: 3 – 13.
- Bensa A., Vidaček Ž., Bogunović M., Vrhovec D. (2008) Nitrogen Leaching in Crop Production. *Agroecology and Ecological Agriculture*, 43rd Croatian and 3rd International symposium on agriculture. *Book of Abstract* (20-21).
- Čoga L., Čustić M., Pecina M., Vršek I. (2003): Utjecaj razmaka drenova na količinu ispranog dušika. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 68(1), 2 – 8.
- EEA Report (European Environment Agency) (2012): *European waters — current status and future challenges – Synthesis*. Copenhagen, doi:10.2800/63931.
- Eurostat (2016): European Commission Dana Database [http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Farm\\_structure\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Farm_structure_statistics).
- Klačić Z., Petošić D., Čoga L. (1998): Nitrate leaching in different pipe drainage distances, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Supplement No.4 Vol. 63: 331 – 338.
- Jurišić A., Zgorelec Z., Šestaak I., Mesić M., Mikoč V. (2014): Nitrate-Nitrogen Content in Soil and Lysimeter Water under Different Nitrogen Fertilization Levels in Crop Production. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 79 (1): 45-50.
- Mesić M., Bašić F., Kisić I., Butorac A., Zgorelec Ž., Gašpar I., Vuković I., Sajko K. (2007): Rezultati znanstvenih istraživanja kao podloga za procjenu utjecaja poljoprivrede na onečišćenje vode dušikom. *Zbornik radova 42. Hrvatski i 2. Međunarodni simpozij agronoma*, 11-20, Opatija.
- Mesić M., Zgorelec Ž., Kisić, I., Butorac, A., Gašpar, I. (2009) Losses of NO<sub>3</sub>-N in drainpipe at different nitrogen fertilization levels. *Zbornik radova – Water policy 2009 – Water as a vulnerable and Exhaustible Resource*, Prag (234-237).
- Šimunić I., Tomić F., Mesić M., Kolak I. (2002): Nitrogen leaching from meliorated soil. *Die Bodenkultur* 53 (2) 73 – 81.

- Šimunić I., Cvetković D., Marić A.S., Tomić F., Jurišić A., Bubalo M., Filipović V., Zovko M. (2012): Utjecaj razmaka cijevi na drenažno istjecanje, ispiranje nitrata i prinos uljane repice, *Hrvatske vode*, 82, 189 – 200.
- Vidaček Ž., Sraka M., Čoga L., Mihelić A. (1999): Nitrates, Heavy Metals and Herbicides in Soil and Waters of Karašica-Vučica Catchment Area. *Agriculturea Conspectus Scientificus*, 64, 143 – 150.
- Zgorelec Ž. (2006) Magistarski rad, Utjecaj gnojidbe i biljnog pokrova na gubitke dušika s vodom iz tla, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije.
- Zovko M., Sraka M., Bile S., Kaluđerović I., Žnidarčić D. (2008) Nitrate and Ammonium Leaching in Open Field Tomato Cultivation under Different N Rates and Mulch Managements. *Agroecology and Ecological Agriculture*, 43rd Croatian and 3rd International symposium on agriculture. Book of Abstract (22-23)