

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

David JEKOVEC

ANALIZA DELOVANJA TROSILNIKA MINERALNIH GNOJIL

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**ANALYSIS OF THE OPERATION OF MINERAL FERTILIZERS
SPREADER**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na katedri za kmetijsko tehniko oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Meritve raztrosa mineralnih gnojil so bile opravljene v občini Šentjur v Dolgi Gori, sejanje in tehtanje gnojila pa v Kovorju v občini Tržič.

Študijska komisija oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala izr. prof. dr. Rajka Bernika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Rajko BERNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Rok MIHELIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela pod vodstvom mentorja izr. prof. dr. Rajka Bernika. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani različici.

David JEKOVEC

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 631.333 (043.2)
KG Kmetijski trosilniki/kmetijski stroji/mineralna gnojila/porazdelitev/raztros/meritve/
ISO5690/1
KK AGRIS N20
AV JEKOVEC, David
SA BERNIK, Rajko (mentor)
KZ SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI 2012
IN ANALIZA DELOVANJA TROSILNIKA MINERALNIH GNOJIL
TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP XIII, 42, 13 pregl., 50 sl., 10 vir.
IJ sl
JI sl / en
AI Analizirano je bilo delovanje trosilnika mineralnih gnojil z nihajno cevjo. Za poizkuse smo uporabili trosilnik Vicon Creina PS 502. Analizirali smo prečno in vzdolžno porazdelitev gnojila po površini v odvisnosti od vrste gnojila, granulacije gnojila, vozne hitrosti traktorja in vrtilne frekvence kardanske gredi. Teste smo opravili po navodilih mednarodnega standarda ISO 5690/1. Rezultati naših preizkusov so pokazali, da je za optimalno prečno in vzdolžno porazdelitev gnojila s trosilnikom z nihajno cevjo treba trositi z vrtilno frekvenco kardanske gredi 540 vrt./min. in jo znižati pri trošenju gnojil z granulacijo, večjo od 2 mm, na 415 vrt./min. Optimalna vozna hitrost trošenja je 8 km/h za vsa gnojila, s katerimi smo opravljali preizkus. Najboljše prekrivanje je 6 m delovne širine trosilnika. Dokazali smo tudi, da trosilnik z nihajno cevjo ni primeren za nanos prašnatih gnojil.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDK 631.333 (043.2)
CX Agricultural spreaders/agricultural machinery/fertilizers/distribution/dispersion/
measurements/ISO5690 / 1
CC AGRIS N20
AU JEKOVEC, David
AA BERNIK, Rajko (supervisor)
PP SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2012
TI ANALYSIS OF THE OPERATION OF MINERAL FERTILIZERS SPREADER
DT Graduation Thesis (University studies)
NO XIII, 42, p., 13 tab., 50 fig., 10 ref.
LA sl
AL sl / en
AB We analyzed the operation of mineral fertilizer spreader with Swing pipe. For the experiments we used the spreader of mineral fertilizers Vicon Creina PS 502. We investigated the transverse and longitudinal distribution of fertilizer over the surface, depending on the type of fertilizer, fertilizer granulation, the running speed of the tractor and the speed frequency of cardan shaft. Tests were conducted under the direction of the international standard ISO 5690 / 1. Tests results showed that the optimal transverse and longitudinal distribution of fertilizer with Swing pipe fertilize spreader is at 540 rpm speed frequency of cardan shaft, thus it is necessary to reduce to 415 rpm for fertilizers with granulation exceeding 2 mm. Optimal driving speed of tractor is 8 km / h for all fertilizers which we applied for the test. The best overlap is 6 m of spreader working width. We also found out that the spreader with Swing pipe is not suitable for application of powdery fertilizer.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	IX
Okrajšave in simboli	XII
Slovarček	XIII
1 UVOD	1
1.1 POVOD	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	2
1.3 CILJ	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 GNOJENJE	3
2.2 KAJ JE TROSILNIK MINERALNIH GNOJIL	3
2.2.1 Razdelitev trosilnikov mineralnih gnojil po konstrukciji	3
2.2.1.1 Širok trosilnik	3
2.2.1.2 Pnevmatški trosilnik	4
2.2.1.2.1 Prednosti in pomanjkljivosti pnevmatskih trosilnikov	5
2.2.1.3 Metalni trosilniki z eno metalno ploščo ali dvema metalnima ploščama	5
2.2.1.4 Metalni trosilniki z nihajno cevjo	6
2.2.1.5 Trosilniki s polžastim transporterjem	7
2.3 PRIMERJAVA RAZLIČNIH KONSTRUKCIJSKIH IZVEDB TROSILNIKOV MINERALNIH GNOJIL	8
2.4 VREDNOTENJE TROSILNIKOV MINERALNIH GNOJIL	8
3 MATERIAL IN METODE	9
3.1 STANDARD ISO 5690/1	9
3.1.1 Uvod standarda	9
3.1.2 Pogoji za meritve	9
3.1.2.1 Vpliv vozne hitrosti traktorja	9
3.1.2.2 Merilne posode	9
3.1.2.3 Postavitev posod za poizkus	9
3.1.2.4 Vpliv vetra	10
3.1.2.5 Vpliv hitrosti vrtenja kardanske gredi	10
3.1.2.6 Potrebna količina gnojila v zalogovniku trosilnika za testiranje	10
3.1.2.7 Količina iztresenega gnojila	10

3.1.2.8	Fizikalne lastnosti gnojila	10
3.2	OPIS LOKACIJE OPRAVLJANJA MERITEV	10
3.3	MERILNE POSODE IN POSTAVITEV	10
3.4	TEHTNICA	11
3.5	TRAKTOR	11
3.6	TROSILNIK Z NIHAJNO CEVJO	12
3.7	MERILNE POSODE	12
3.8	AREOMETER	12
3.9	SITA	13
3.11	IZVEDBA MERITVE	13
4	REZULTATI	15
4.1	REZULTATI MERITEV	15
4.1.1	Meritev 1	15
4.1.1.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 1	15
4.1.1.2	Rezultati meritve 1	15
4.1.1.3	Ugotovitve in zaključki meritve 1	19
4.1.2	Meritev 2	19
4.1.2.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 2	19
4.1.2.2	Rezultati meritve 2	19
4.1.2.3	Ugotovitve in zaključki meritve 2	22
4.1.3	Meritev 3	22
4.1.3.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 3	22
4.1.3.2	Rezultati meritve 3	22
4.1.3.3	Ugotovitve in zaključki meritve 3	24
4.1.4	Meritev 4	24
4.1.4.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 4	24
4.1.4.2	Rezultati meritve 4	25
4.1.4.3	Ugotovitve in zaključki meritve 4	27
4.1.5	Meritev 5	27
4.1.5.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 5	27
4.1.5.2	Rezultati meritve 5	27
4.1.5.3	Ugotovitve in zaključki meritve 5	29
4.1.6	Meritev 6	29
4.1.6.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 6	29
4.1.6.2	Rezultati meritve 6	29
4.1.6.3	Ugotovitve in zaključki meritve 6	31
4.1.7	Meritev 7	31
4.1.7.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 7	31
4.1.7.2	Rezultati meritve 7	31
4.1.7.3	Ugotovitve in zaključki meritve 7	33
4.1.8	Meritev 8	33
4.1.8.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 8	33
4.1.8.2	Rezultati meritve 8	33
4.1.8.3	Ugotovitve in zaključki meritve 8	35
4.1.9	Meritev 9	35

4.1.9.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 9	35
4.1.9.2	Rezultati meritve	35
4.1.9.3	Ugotovitve in zaključki meritve 9	37
4.1.10	Meritev 10	37
4.1.10.1	Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 10	37
4.1.10.2	Rezultati meritve 10	37
4.1.10.3	Ugotovitve in zaključki meritve 10	37
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	38
6	POVZETEK	40
7	VIRI	42
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Primerjava različnih konstrukcijskih izvedb trosilnikov mineralnih gnojil (preglednica: Bernik, 2005).	8
Preglednica 2: Vrednotenje trošenja mineralnega gnojila (Bernik, 2005)	8
Preglednica 3: Načrtovana zasnova poizkusov	
Preglednica 4: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 1	15
Preglednica 5: Analiza vzdolžne porazdelitve gnojila pri meritvi 1	16
Preglednica 6: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 2	19
Preglednica 7: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 3	22
Preglednica 8: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 4	25
Preglednica 9: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 5	27
Preglednica 10: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 6	29
Preglednica 11: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 7	31
Preglednica 12: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 8	33
Preglednica 13: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 9	35

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Sestava širokega trosilnika (Bernik, 2005)	4
Slika 2: Prikaz trošenja pri pnevmatskem trosilniku (Bernik, 2005)	4
Slika 3: Sestava pnevmatskega trosilnika z ločenim dovajanjem gnojila v trosilne cevi (Bernik, 2005)	5
Slika 4: Porazdelitev gnojila za trosilnikom z metalno ploščo (Bernik, 2005)	6
Slika 5: Vpliv položaja izstopne odprtine v zalogovniku pri trosilniku z metalno ploščo (Bernik, 2005)	6
Slika 6: Prikaz razlike med delovno širino in metalno širino trosilnika (Bernik, 2005)	6
Slika 7: Trosilnik mineralnih gnojil Vicon Creina PS 502 (Foto: Jekovec, 2011)	7
Slika 8: Trosilnik s polžastim transporterjem (Slika: Bernik, 2005).	7
Slika 9: Postavitev merilnih posod (Foto: Jekovec, 2011)	11
Slika 10: Analizna tehtnica Mettler (Foto: Jekovec, 2011)	11
Slika 11: Traktor Landini 75S s trosilnikom mineralnih gnojil Vicon Creina PS 502 (Foto: Jekovec, 2011)	11
Slika 12: Sestavni deli trosilnika mineralnih gnojil z nihajno cevjo (Foto: Jekovec)	12
Slika 13: Merilna posoda (Foto: Jekovec, 2011)	12
Slika 14: Areometer (Foto: Jekovec, 2011)	13
Slika 15: Sita (Foto: Jekovec, 2011)	13
Slika 16: Vožnja s traktorjem preko merilnih posod (Foto: Jekovec, 2011)	14
Slika 17: Porazdelitev gnojila sečnine pri vožnji hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.	15
Slika 18: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 1 in prekrivanju šestih merilnih posod	16
Slika 19: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 1 in prekrivanju petih merilnih posod	17

Slika 20:	Prečna razporeditev gnojila sečnine pri meritvi 1 in prekrivanju sedmih merilnih posod	17
Slika 21:	Prikaz prekrivanja merilnih posod	18
Slika 22:	Porazdelitev gnojila sečnine pri vozni hitrosti traktorja 12 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 600 vrt./min.	20
Slika 23:	Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 2 in prekrivanju sedmih merilnih posod	20
Slika 24:	Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 2 in prekrivanju šestih merilnih posod	21
Slika 25:	Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 2 in prekrivanju dveh merilnih posod	21
Slika 26:	Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 2 in prekrivanju šestih merilnih posod	21
Slika 27:	Porazdelitev gnojila sečnine pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min.	23
Slika 28:	Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 3 in prekrivanju šestih merilnih posod	23
Slika 29:	Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 3 pri navidezno zmanjšani metalni širini na 11 m in prekrivanju šestih merilnih posod	24
Slika 30:	Porazdelitev gnojila NPK 15 – 15 – 15 pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.	25
Slika 31:	Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 4 in prekrivanju osmih merilnih posod	26
Slika 32:	Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 4 in prekrivanju šestih merilnih posod	26
Slika 33:	Masa gnojila NPK pri prečni porazdelitvi gnojila pri meritvi 4, razvrščena po granulaciji	26
Slika 34:	Porazdelitev gnojila NPK 15 – 15 – 15 pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min.	27
Slika 35:	Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 5 in prekrivanju šestih merilnih posod	28

Slika 36:	Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 5 in prekrivanju osmih merilnih posod	28
Slika 37:	Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 5 pri navidezno zmanjšani metalni širini na 11 m in prekrivanju petih merilnih posod	29
Slika 38:	Porazdelitev gnojila NPK 15 – 15 – 15 pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min.	30
Slika 39:	Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 5 in prekrivanju šestih merilnih posod.	30
Slika 40:	Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 6 in prekrivanju petih merilnih posod	31
Slika 41:	Porazdelitev gnojila KAN pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.	32
Slika 42:	Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 7 in prekrivanju sedmih merilnih posod	32
Slika 43:	Masa gnojila KAN pri prečni porazdelitvi gnojila pri meritvi 7, razvrščena po granulaciji	33
Slika 44:	Porazdelitev gnojila KAN pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min.	34
Slika 45:	Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 8 in prekrivanju šestih merilnih posod	34
Slika 46:	Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 8 in prekrivanju osmih merilnih posod	35
Slika 47:	Porazdelitev gnojila KAN pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min.	36
Slika 48:	Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 9 in prekrivanju šestih merilnih posod	36
Slika 49:	Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 9 in prekrivanju petih merilnih posod	36
Slika 50:	Poizkus s prašnatim gnojilom	37

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

NPK – sestavljeno gnojilo z vsebnostjo dušika, fosforja in kalija

KAN – apnenčasti amonijev nitrat: dušikovo gnojilo z vsebnostjo 27 % dušika

Vrt./min. – vrtljajev v minuti

SLOVARČEK

sečnina – mineralno gnojilo s 46 % deležem dušika

ISO 5690/1 – mednarodni standard, ki natančno določa, kako testirati in ovrednotiti trosilnik mineralnih gnojil

NPK 15 – 15 – 15 – sestavljeno gnojilo z vsebnostjo 15 % dušika, 15 % fosfata (P_2O_5) in 15 % kalija (K_2O)

gnojilni odmerek – količina gnojila v kg/ha

1 UVOD

Gnojenje z mineralnimi gnojili je v kmetijstvu zelo pomembno za doseganje maksimalnih pridelkov in zato je v modernem kmetijstvu, kjer je cilj pridelati količinsko čim več pridelka na enoto površine, nujna uporaba mineralnih gnojil.

Liebigov zakon minimuma pravi, da je rast omejena z elementom, ki ga primanjkuje. Rast rastlin se je zaustavila, če je v sistemu zmanjkalo le enega samega elementa, čeprav je bilo vseh ostalih dovolj na razpolago. Torej je vedno kritičen element tisti, ki ga imamo v sistemu najmanj (Broke, 2002).

Največkrat je ta omejujoč dejavnik rasti rastlin dušik in zelo enostavno ga lahko dodamo z dušikovimi mineralnimi gnojili. Mineralna gnojila pa lahko učinkovito v biološkem, ekonomskem in ekološkem smislu raztrosimo le s kakovostno zasnovanim trosilnikom mineralnih gnojil, ki ima kar najbolj enakomeren prečni raztros po vsej delovni širini trosilnika. Za ilustracijo pogledajmo izračun: če želimo na hektar površine raztrositi 60 kg dušika v obliki sečnine, moramo razporediti 130 kg gnojila na 10000 m², kar pomeni čim enakomernejše razporediti 13 g gnojila na 1 m² površine. Za dobro razporeditev teh 13 g gnojila na 1 m² površine pa potrebujemo ustrezen trosilnik.

1.1 POVOD

Trosilniki mineralnih gnojil bi morali zagotoviti čim enakomernejši raztros po gnojeni površini, vendar so med posameznimi trosilniki velike razlike pri enakomernosti prečnega raztrosa.

Srečujemo se z vedno strožjimi predpisi, ki jih določa Uredba o varstvu voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov. Uredba določa mejne vrednosti letnega vnosa dušika v tla, ki ga lahko potrosimo v obliki živinskih in mineralnih gnojil, od 60 do 320 kg N/ha letno glede na vrsto rabe zemljišča in vrsto posevka (Uredba o varstvu ..., 2009).

Pomembna je tudi Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla, ki omejuje vnos dušika v tla na vodovarstvenih območjih v odvisnosti od vrste posevka na od 30 do 150 kg N/ha letno (Uredba o mejnih ..., 2005).

Upoštevati moramo tudi standard Evropske unije EN 13739 (prvi in drugi del), ki predpisuje okoljske zahteve in metode testiranja trosilnikov mineralnih gnojil z namenom zagotovitve čim višje kakovosti porazdelitve mineralnih gnojil. Zaradi ekonomskih razlogov in okoljevarstvenih predpisov bomo morali slovenski pridelovalci na tem področju narediti miselni preskok, saj vlagamo premalo za nakup kakovostnih priključkov za oskrbo rastlin (traktorski škropilniki, trosilniki mineralnih gnojil ipd.), s katerim lahko ob pravilnih nastavitvah zmanjšamo onesnaževanje okolja in zagotovimo izpolnjevanje vedno strožjih predpisov (Sagadin in Vajs, 2008).

Trošenju mineralnih gnojil je treba nameniti veliko pozornosti in količino, ki jo raztrosimo na teh površinah, zlasti gnojil, ki vsebujejo dušik, kar najboljše izkoristiti in s tem tudi zmanjšati izpiranje nitrata v podtalnico in ob manjših količinah mineralnih gnojil na hektar doseči zadovoljiv pridelek, kar pa lahko storimo zgolj z dobrim trosilnikom. Cena mineralnih gnojil v lastni ceni proizvodnje tudi ni zanemarljiva, zato je treba optimizirati gnojenje z mineralnimi gnojili in eden od pomembnejših dejavnikov je enakomeren prečni raztros gnojila. Proizvajalci kmetijskih strojev si zato prizadevajo, da bi imel trosilnik čim enakomernjši prečni raztros gnojila na veliki delovni širini.

V tujih strokovnih revijah se v člankih o gnojenju še posebej poudarja kakovost površinske porazdelitve gnojil. Tako na primer v Nemčiji velja, da je trosilnik mineralnih gnojil priključek, ki lahko na kmetiji privarčuje največ denarja. Na Nizozemskem država sofinancira testiranje trosilnikov mineralnih gnojil na vsaka 3 leta. V Avstriji so ugotovili, da se lahko pridelek žit poveča ob dobri porazdelitvi gnojila do 200 kg/ha ob enaki porabljeni količini čistega dušika. Enak pridelek lahko dosežemo tudi ob dobri porazdelitvi z 10 do 15 kg N/ha manj, kar ustreza eni vreči gnojila KAN/ha. Tako v kmetijsko visoko razvitih državah obstajajo podjetja z visoko kvalificiranim kadrom, ki opravlja testiranja in nastavitve trosilnikov pri pridelovalcih (Sagadin in Vajs, 2008).

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

V Sloveniji je v uporabi veliko trosilnikov mineralnih gnojil z nihalno cevjo. Ker menimo, da je za dober raztros gnojila z nihalno cevjo potrebno dobro poznavanje trosilnika, vrste gnojila, granulacije gnojila in nastavitve trošenja, kot so vrtilna frekvenca kardanske gredi in vozna hitrost traktorja, smo analizirali prečno in vzdolžno porazdelitev gnojila pri različnih nastavitvah trosilne naprave.

Predpostavljam, da bodo razlike pri porazdelitvi gnojila po površini pri različnih nastavitvah trosilnika in različnih vrstah gnojila velike.

1.3 CILJ

Prečna porazdelitev gnojila naj bi bila čim enakomernjša na vsej delovni širini trosilnika. Naš namen je po mednarodnem standardu ISO 5690/1 (1985) preizkusiti trosilnik mineralnih gnojil z nihalno cevjo Vicon Creina PS502 za različna gnojila pri različnih voznih hitrostih in različnih vrtilnih frekvencah kardanske gredi. S poskusom želimo ugotoviti natančnost prečne in vzdolžne porazdelitve gnojila pri trosilniku z nihalno cevjo in s tem ovrednotiti njegovo ustreznost ali neustreznost za uporabo pri določeni vrsti gnojila, vozni hitrosti in vrtilni frekvenci kardanske gredi.

2 PREGLED OBJAV

2.1 GNOJENJE

Gnojenje je zelo pomembno in ima velik vpliv na količino in kakovost kmetijske proizvodnje. Gnojila lahko dodajamo v obliki škropiva na list, temu rečemo foliarno gnojenje, ali pa v obliki organskih in mineralnih gnojil, ki jih rastline posredno ali neposredno sprejmejo preko koreninskega sistema. Organska gnojila vsebujejo malo ali nič rastlinam neposredno dostopnih hranil in morajo zato organske snovi razpasti v rastlinam dostopna hranila. Mineralna gnojila pa so v obliki rastlinam neposredno dostopnih soli (Leskošek, 1993).

2.2 KAJ JE TROSILNIK MINERALNIH GNOJIL

Trosilnik mineralnih gnojil je stroj, ki nam omogoča raztros mineralnih gnojil po kmetijskih površinah. Njegova naloga je, da čim bolj enakomerno raztroši gnojila v prečni in vzdolžni smeri trošenja. Nam omogoča spreminjanje gnojilnega odmerka na hektar površine, deluje na veliki delovni širini in je enostaven za uporabo.

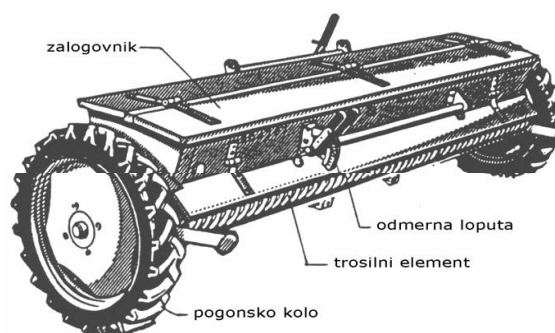
2.2.1 Razdelitev trosilnikov mineralnih gnojil po konstrukciji

Trosilnike mineralnih gnojil po konstrukciji delimo na:

- široki trosilnik,
- pnevmatske trosilnike,
- trosilnike z nihajno cevjo,
- trosilnike z eno metalno ploščo ali dvema metalnima ploščama.

2.2.1.1 Širok trosilnik

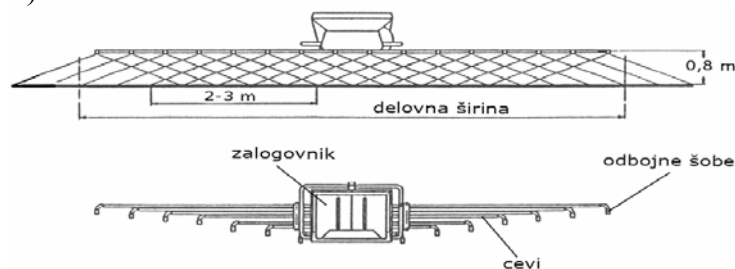
Prva konstrukcijska izvedba trosilnika mineralnih gnojil je bil široki trosilnik. Iz zalogovnika gnojilo odvajajo različne oblike grebal, s katerimi se je tudi uravnaval odmerek gnojenja. Gnojilo nato prosto pada na površino tal. Trosilnik je bil namenjen trošenju predvsem prašnatih gnojil. Vlekli so ga z vprežno živino, kasneje s traktorjem. Pogon trosilnih elementov je bil preko vozniških koles, s tem pa tudi zagotovljeno enakomerno trošenje v smeri gibanja in delovne širine trosilnika, ne glede na hitrost vleke trosilnika. Ne glede na tehnične prednosti točnosti razdeljevanja – trošenja mineralnega gnojila se široki trosilniki zaradi majhne delovne širine, do 3,5 m, in sočasno tudi transportne širine danes ne uporabljajo več (Bernik, 2005).



Slika 1: Sestava širokega trosilnika (Bernik, 2005)

2.2.1.2 Pnevmatški trosilnik

Pnevmatški trosilniki mineralnih gnojil trosijo gnojilo s pomočjo zračnega toka, ki ga ustvarja puhalo, gnano preko priključne gredi ali hidrostatičnega pogona (Slika 3). Za transport gnojila iz zalogovnika po celotni delovni širini trošenja se uporablja zračni tok. Ta gnojilo dovaja do odbojnih krožnikov, ki so nameščeni na ceveh v razmiku 1 do 3 m po celotni delovni širini trošenja, ki je od 12 do 15 m pri nošenih trosilnikih. Za delovne širine 24 m so konstrukcijske izvedbe z vlečenimi trosilniki z zalogovnikom do 4 m³. Vsaka odbojna šoba ima svojo dovodno cev za mineralno gnojilo. Zaradi velikega prekrivanja posameznih širin raztrosa iz odbojnih krožnikov je pri pnevmatičnih trosilnikih zelo enakomerna prečna porazdelitev gnojila (Slika 2). Posebno primerni so za raztros dušičnih gnojil, ki jih metalni trosilniki gnojil zaradi specifičnih lastnosti gnojila slabše trosijo. Uporabni so za zrnata gnojila in neprimerni za prašnate oblike gnojil. Pnevmatični trosilniki se ločijo po načinu dovajanja gnojila v trosilne cevi. Obstajajo izvedbe s centralnim dovajanjem in izvedbe z ločenim dovajanjem mineralnega gnojila v trosilne cevi (Bernik, 2005).

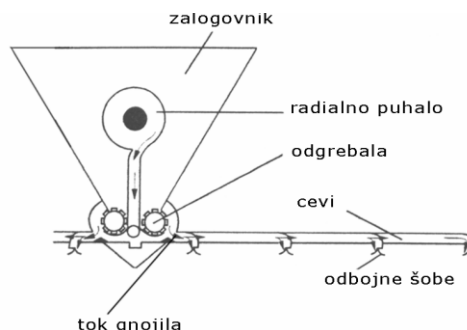


Slika 2: Prikaz trošenja pri pnevmatskem trosilniku (Bernik, 2005)

Pri pnevmatskem trosilniku je trosilna slika trapezne oblike s strmimi končnimi stranicami. Potrebna je majhna širina prekrivanja s točnim stikom gnojilnih širin (Slika 2). Glede na metalne trosilnike je pri pnevmatskih trosilnikih delovna širina trošenja točneje določena in s tem tudi vozne poti traktorja. Pri pnevmatskih trosilnikih so odstopanja od voznih poti nedopustna. Delovne in metalne širine, prekrivanje in vozne poti so vedno v povezavi s konstrukcijsko izvedbo trosilne naprave. Čim bolj se slika trošenja približa kvadratni obliki, tem manjša so prekrivanja in delovna širina se približuje metalni širini (Bernik, 2005).

Pnevmatški trosilniki se razlikujejo po načinu dovajanja mineralnega gnojila v transportne cevi, ki vodijo gnojilo do odbojnih plošč, ki so nameščene na koncih transportnih cevi. Pri

ločenem dovajanju gnojila v cevi ima vsaka cev svoje grebalo za gnojilo (slika 3). Pri centralnem dovajanju pa se gnojilo razdeli v odbojni glavi, na kateri so nameščene dovajalne cevi, ki vodijo do odbojnih pločevin, nameščenih na koncu cevi (Bernik, 2005).



Slika 3: Sestava pnevmatskega trosilnika z ločenim dovajanjem gnojila v trosilne cevi (Bernik, 2005)

2.2.1.2.1 Prednosti in pomanjkljivosti pnevmatskih trosilnikov

Prednosti in slabosti pnevmatskih trosilnikov povzemamo po Berniku (2005) in Jan E. T. Svenson (1990).

Prednosti:

- Zmanjšan vpliv zunanjih dejavnikov, kot je veter.
- Vrsta gnojila in njegove fizikalne lastnosti, kot so oblika, velikost, enakost, trdnost delcev gnojila, nimajo vpliva na prečno porazdelitev.

Slabosti:

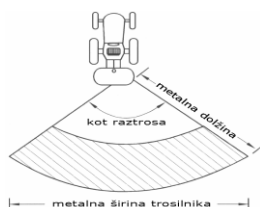
- Visoka nakupna cena.
- Potrebna večja natančnost pri načrtovanju in sledenju vozni poti med trošenjem gnojila.

2.2.1.3 Metalni trosilniki z eno metalno ploščo ali dvema metalnima ploščama

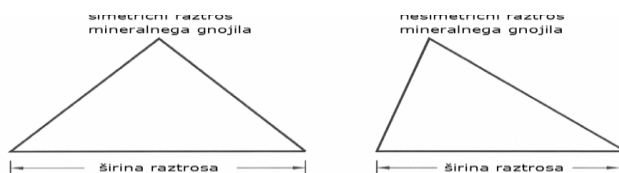
Metalni trosilniki imajo eno ali dve vodoravno postavljeni vrteči plošči, na katerih so nameščena trosila. Mineralno gnojilo izteka iz zalogovnika stožčaste oblike v prostem toku v bližino središča rotirajoče plošče, kjer ga zajamejo trosila. Plošča ima obodno hitrost od 15 m/s do 30 m/s. Od obodne hitrosti plošče in od mase delcev mineralnega gnojila je odvisna dolžina meta mineralnega gnojila. Površina, po kateri se raztrosi gnojilo, ima obliko izseka kolobarja širine od 15 do 50 m. Pri metalnih trosilnikih z eno ploščo mora biti kot raztrosa simetričen glede na smer vožnje trosilnika. Na simetričnost kota raztrosa vpliva položaj namestitve izstopne odprtine iz zalogovnika mineralnega gnojila. Pogled od zgoraj na trosilnik pokaže, da mora biti izstopna odprtina zunaj središča vrtenja metalne plošče. S spreminjanjem mesta dotoka mineralnega gnojila na vrtečo – metalno ploščo se spreminja tudi slika trošenja (Slika 5). Simetrija raztrosa pa ni vedno odvisna samo od nastavitve trosilnika in vrste mineralnega gnojila, ampak tudi od fizikalnih lastnosti gnojila, ki se spreminjajo z vsebnostjo vode v gnojilu. Mineralno gnojilo vsrkava vodo iz okolice – ozračja, s tem pa se spreminjata sipkost gnojila in koeficient trenja med metalno ploščo in gnojilom, ki zapušča ploščo. Zaradi zahteve po enakomerni porazdelitvi gnojila po površini in sočasno trapezne oblike slike trošenja gnojila je v nasprotni smeri gnojenja

potrebno prekrivanje metalnih širin samo po njihovih stranicah (Slika 6). V primeru da je trikotna slika trošenja, se mora površina gnojenja prekriti dvakrat, da se zagotovi enakomerna porazdelitev gnojila po površini oziroma je delovna širina $\frac{1}{2}$ manjša kot metalna širina. vzdolžna enakomernost raztrosa pa je odvisna od enakomerne hitrosti vožnje trosilnika in enakosti granulata mineralnega gnojila glede na gostoto in fizikalne oblike (Bernik, 2005).

Pri metalnem trosilniku z dvema ploščama se plošči vrtita v nasprotnih smereh. Vsaka od plošč ustvarja za trosilnikom nesimetrični kot trošenja. Trosilnik z dvema ploščama je zaradi začetne nesimetričnosti kota trošenja manj občutljiv za spremenljive fizikalne lastnosti gnojila. S točno nastavitvijo parametrov trošenja gnojila se doseže skupen simetričen raztros gnojila. Primerni so za tretje dognojevanje pšenice, med klasenjem in cvetenjem, ko je pšenica visoka več kot 1 m. Konstrukcijskih izvedb metalnih trosilnikov za pozno dognojevanje pšenice je več. Uporabljajo se različne metalne plošče, dvig trosilnika, če to dopušča pogon kardanske gredi ali enostavno samo nagib trosilnika (Bernik, 2005).



Slika 4: Porazdelitev gnojila za trosilnikom z metalno ploščo (Bernik, 2005)



Slika 5: Vpliv položaja izstopne odprtine v zalogovniku pri trosilniku z metalno ploščo (Bernik, 2005)

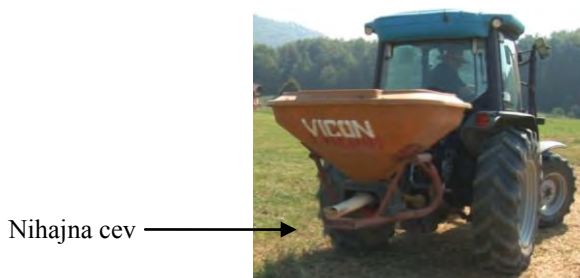


Slika 6: Prikaz razlike med delovno širino in metalno širino trosilnika (Bernik, 2005)

2.2.1.4 Metalni trosilniki z nihajno cevjo

Pri nihajnem trosilniku je namesto metalnih plošč nameščena nihajna cev (slika 7), ki niha levo in desno ter prečno razmetava mineralno gnojilo. Frekvenca nihanja je odvisna od

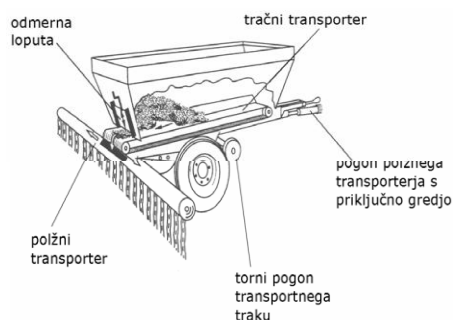
vrtilne hitrosti priključne gredi. Kot raztrosa gnojila je nastavljen in je manjši kot pri metalnih trosilnikih. Tudi metalna širina je manjša, vendar nastavljiva s frekvenco nihanja nihalne cevi ter odvisna od velikosti delcev mineralnega gnojila. Enostavno nastavljiva relativno majhna metalna širina omogoča uporabo trosilnika za gnojenje v sadovnjakih, vinogradih in vrstah. Prekrivanje metalnih širin pa je manjše kot pri metalnih trosilnikih, ker so bočne stranice raztrosa strmejšše. Pri vseh konstrukcijskih izvedbah nošenih metalnih trosilnikov se pretočna količina mineralnega gnojila, kg/s, uravnava z velikostjo odprtine, skozi katero izteka gnojilo na dnu zalogovnika na metalno ploščo ali v nihajno cev. Za enakomerno prečno porazdelitev gnojila je potrebna konstantna vrtilna frekvenca priključne gredi, za vzdolžno porazdelitev v smeri vožnje pa konstantna hitrost vožnje trosilnika. Enakomernost porazdelitve gnojila po gnojeni površini, vključno s prekrivanji metalnih širin, je velik ekonomski in ekološki zahtevek pri uporabi strojev za gnojenje z mineralnimi gnojili (Bernik 2005).



Slika 7: Trosilnik mineralnih gnojil Vicon Creina PS 502 (Foto: Jekovec, 2011)

2.2.1.5 Trosilniki s polžastim transporterjem

Pri trosilnikih s polžastim transporterjem mineralnega gnojila niso potrebna prekrivanja delovnih širin trošenja. V nasprotju z metalnimi in pnevmatičnimi trosilniki je trosilna slika kvadratne oblike. Polžasti trosilnik razdeljuje mineralno gnojilo skozi odprtine, ki se nahajajo v enakem razmiku na celotni delovni širini trošenja. Enakomernost gnojilnega odmerka je dosežena s spreminjanjem velikosti odprtin po celotni širini trošenja. Z oddaljenostjo od zalogovnika se mora odprtina povečevati. Velikost odprtin je nastavljiva za vsako vrsto mineralnega gnojila. Trosilnik je posebno primeren za prašnata gnojila. Na odprtine na transportnem polžu se lahko namestijo cevi, ki se vlečejo po zemljišču in točno gnojijo v vrste (Bernik 2005).



Slika 8: Trosilnik s polžastim transporterjem (Bernik, 2005)

2.3 PRIMERJAVA RAZLIČNIH KONSTRUKCIJSKIH IZVEDB TROSILNIKOV MINERALNIH GNOJIL

Trosilniki mineralnih gnojil različnih konstrukcijskih izvedb se razlikujejo v delovni širini, uporabi delne delovne širine, odnašanju prašnatega gnojila, prečni in vzdolžni porazdelitvi gnojila, nakupni ceni, zato si pogledjmo primerjave v preglednici 1.

Preglednica 1: Primerjava različnih konstrukcijskih izvedb trosilnikov mineralnih gnojil (Bernik, 2005)

	Trosilnik z vrtečimi ploščami	Trosilnik z nihajno cevjo	Pnevmatski trosilnik	Trosilnik s polžastim transporterjem
Največja delovna širina s prekrivanjem	24 m	12 m	24 m	12 m
Uporaba delne delovne širine	nemogoče	nemogoče	možno	½ delovne širine
Odnašanje prašnatega gnojila	zelo velika	velika	neuporaben za prašnata gnojila	zelo malo
Prečna in vzdolžna porazdelitev gnojila	odvisno od vetra	odvisno od vetra	zelo dobra	zadovoljivo za prašnata gnojila; odvisno od vetra
Vloženi kapital v stroj	majhen	majhen	velik	velik

2.4 VREDNOTENJE TROSILNIKOV MINERALNIH GNOJIL

Pri vrednotenju trosilnikov mineralnih gnojil je pomemben podatek enakomernost prečnega raztrosa gnojila, posebno pri mineralnih gnojilih, ki vsebujejo dušik, in pri metalnih širinah nad 12 m. Pomembne so razlike pri vrednotenju konstrukcijsko različnih trosilnikov, kot so: metalni ali pnevmatski trosilniki. Pri metalnih trosilnikih je kakovost raztrosa odvisna od številnih vplivov. Zunanji vpliv je veter, ki vpliva na prečno in vzdolžno porazdelitev gnojila. Sočasno pa na raztros pri metalnih trosilnikih vplivajo predvsem vrsta gnojila in njihove fizikalne lastnosti, kot so: oblika, velikost, trdnost delcev gnojila. Pri pnevmatičnih trosilnikih ni naštetih vplivov na prečno porazdelitev gnojila. Njihovo delovanje glede kakovosti gnojenja je odvisno od nastavitve gnojilnega odmerka – kg/ha in konstantne vozne hitrosti. Sprememba hitrosti tudi ne vpliva na odmerek, če je ta povečana ali zmanjšana zaradi spremembe vrtilne frekvence v isti prestavni stopnji menjalnika. Sočasno s povečanjem vozne hitrosti se poveča tudi vrtilna frekvenca priključne gredi, ki poganja puhalo, pri tem pa se poveča tudi gnojilni odmerek. Pri metalnih trosilnikih je pri vsaki zamenjavi vrste mineralnega gnojila treba ponovno naravnati trosilnik za določeno širino trošenja in gnojilnega odmerka. Merilo za kakovosten prečni raztros je variacijski koeficient – VK. Manjša je vrednost VK, enakomernejša je prečna porazdelitev gnojila po površini. Trosilnik ni primeren za uporabo, če je VK večji kot 15 %. Običajno je VK med 5 in 10 % (Bernik 2005).

Preglednica 2: Vrednotenje trošenja mineralnega gnojila (Bernik 2005)

Koeficient variacije	Ocena kakovosti trošenja gnojila
VK = 5 %	zelo dobro
VK = 5 do 10 %	dobro
VK = 10 do 15 %	slabo
VK > 15 %	zelo slabo

3 MATERIAL IN METODE

3.1 STANDARD ISO 5690/1

Meritve, ki smo jih opravili, so bile opravljene po navodilih in zahtevah standarda ISO 5690/1. Standard je pripravil Technical Committee ISO/TC 23, Tractors and machinery for agriculture and forestry.

3.1.1 Uvod standarda

Namen tega dela standarda ISO 5690 je uskladiti testiranje trosilnikov mineralnih gnojil za testiranje na celotni metalni širini trosilnika. Prvi del standarda določa spremenljive pogoje laboratorijskega testiranja in drugi del daje napotke o pogojih za poizkus na preizkusnem polju. Pri poizkusu smo se želeli čim bolj približati standardu, vendar pri nekaterih stvareh smo bili primorani narediti kompromise in prilagoditi nekatere stvari našim zmožnostim in željam (ISO 5690/1.1985).

3.1.2 Pogoji za meritve

3.1.2.1 Vpliv vozne hitrosti traktorja

Standard za vožnjo preko merilnih posod predvideva vozno hitrost 8 km/h ali 15 km/h in z maksimalno možno hitrostjo, ki jo dovoljuje proizvajalec trosilnika. Pri testiranju vpliva vozne hitrosti na razporeditev gnojila pa je hitrost poljubna. Za naše poizkuse smo izbrali 8 km/h in 12 km/h (ISO 5690/1, 1985).

3.1.2.2 Merilne posode

Standard zahteva posode dimenzij 1000 mm x 250 mm x 150 mm. Posode zahtevanih dimenzij smo izdelali iz kartona (ISO 5690/1, 1985).

3.1.2.3 Postavitev posod za poizkus

Posode se po standardu za testiranje vzdolžne porazdelitve gnojila postavi v pet vrst na vsej metalni širini in tudi med kolotekom traktorja in testira z eno vzdolžno vožnjo preko merilnih posod. Pri testiranju prečne porazdelitve gnojila pa se jih postavi v eni vrsti po vsej metalni širini. Pri naših poizkusih smo postavili posode v dve vrsti na vsej delovni širini trosilnika in tudi med kolotekom traktorja. Tako smo za testiranje prečne razporeditve gnojila s štirimi vožnjami preko posod in nato tehtanje zbranega gnojila v posodah dobili natančne podatke za prečno porazdelitev gnojila. Pri testiranju vzdolžne porazdelitve gnojila smo imeli posode v dveh vrstah in po vsaki vožnji preko merilnih posod smo zbrali gnojilo iz vrste A in B ločeno ter tehtali in primerjali odstopanja v vzdolžni porazdelitvi gnojila (ISO 5690/1, 1985).

3.1.2.4 Vpliv vetra

Hitrost vetra med poizkusi ne sme preseči hitrosti 7 m/s. Za optimalne teste pa ne sme presegati hitrosti 2 m/s med poizkusom (ISO 5690/1, 1985).

3.1.2.5 Vpliv hitrosti vrtenja kardanske gredi

Vrtilna frekvenca kardanske gredi mora biti v mejah, ki jih je določil proizvajalec. Za trosilnik Vicon Creina PS 502 je referenčna vrtilna frekvenca 540 vrt./min., zato smo za naše poizkuse izbrali vrtilne frekvence kardanske gredi 540 vrt./min., 600 vrt./min., 300 vrt./min. in 415 vrt./min. (ISO 5690/1, 1985).

3.1.2.6 Potrebna količina gnojila v zalogovniku trosilnika za testiranje

Zalogovnik napolnimo do polovice, vendar masa gnojila v zalogovniku ne sme presegati 2 toni (ISO 5690/1, 1985).

3.1.2.7 Količina iztresenega gnojila

Načrtovani odmerki so naslednji (ISO 5690/1, 1985):

Za prašnata gnojila: 600 kg/ha in najmanjše in največje količine, ki se jih trenutno uporablja v kmetijski praksi.

Za zrnata gnojila: 400 kg/ha in najmanjše in največje količine, ki se jih trenutno uporablja v kmetijski praksi.

Kristalinična gnojila: 150 kg/ha in najmanjše in največje količine, ki se jih trenutno uporablja v kmetijski praksi.

3.1.2.8 Fizikalne lastnosti gnojila

Granulacija gnojila, nasipna teža gnojila in vsebnost vlage. Pri našem poizkusu nismo merili vsebnosti vlage, uporabili smo gnojilo, kupljeno v trgovini isti dan, kot smo ga uporabili, in je zato vsebnost vlage tovarniško določena in bolj ali manj konstantna za vse uporabnike, ki gnojilo kupijo zapakirano in nato uporabijo brez skladiščenja pri odprti embalaži (ISO 5690/1, 1985).

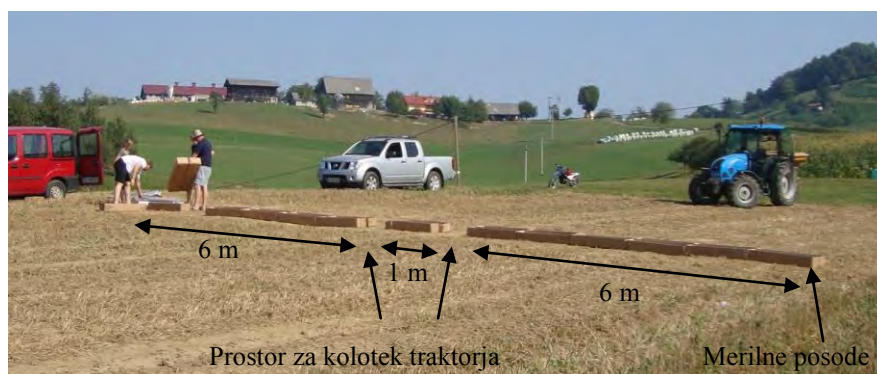
3.2 OPIS LOKACIJE OPRAVLJANJA MERITEV

Poizkuse smo opravljali v vasi Dolga Gora, kjer smo izbrali njivo v ravnini brez posevka.

3.3 MERILNE POSODE IN POSTAVITEV

Posode dimenzij 1000 mm x 250 mm x 150 mm za zbiranje gnojila smo postavili v dve vrsti, postavljene tesno eno ob drugo, kjer sta bili dve posodi med kolotekom traktorja in

na vsaki strani traktorja dvakrat po šest posod. Tako smo dobili možnost analize izmeta gnojila na štirinajstih metrih širine raztrosa.



Slika 9: Postavitev merilnih posod (Foto: Jekovec, 2011)

3.4 TEHTNICA

Tehtanje sem opravil z mehanično analizno tehtnico švicarskega proizvajalca Mettler z natančnostjo 0,001 g



Slika 10: Analizna tehtnica Mettler (Foto: Jekovec, 2011)

3.5 TRAKTOR

Za pogon in nošnjo trosilnika mineralnih gnojil pri poizkusu smo uporabili traktor znamke LANDINI tip DLCL/BB ALPINE 75.

Tehnični podatki traktorja (priročnik..., 2004):

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| - Leto izdelave: 2005 | - Kolotek: 1500 mm |
| - Imenska moč: 56 kW | - Razdalja osi: 2162 mm |
| - Masa: 3050 kg | - Razdalja od tal: 414 mm |
| - Razdalja od tal: 414 mm | - Dolžina traktorja: 4020 mm |

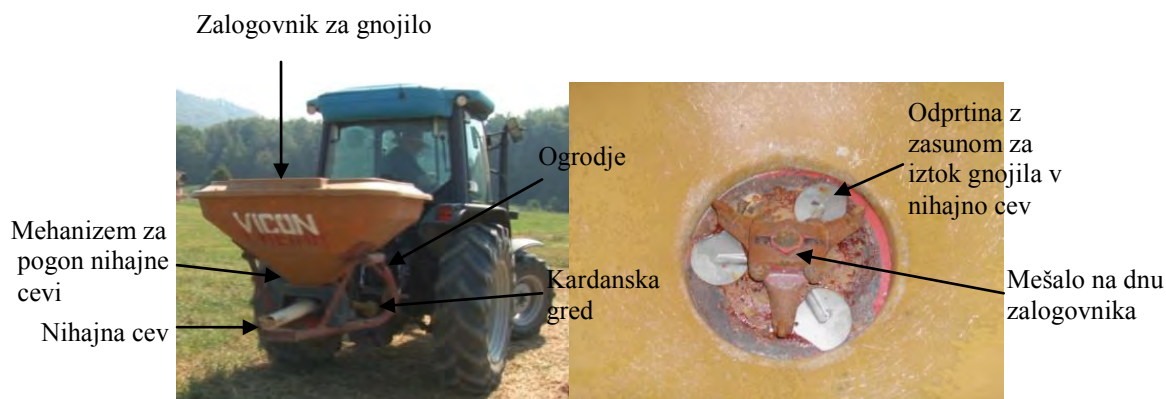
Trosilnik mineralnih
gnojil Vicon Creina
PS 502



Slika 11: Traktor Landini 75S s trosilnikom mineralnih gnojil Vicon Creina PS 502 (Foto: Jekovec, 2011)

3.6 TROSILNIK Z NIHAJNO CEVJO

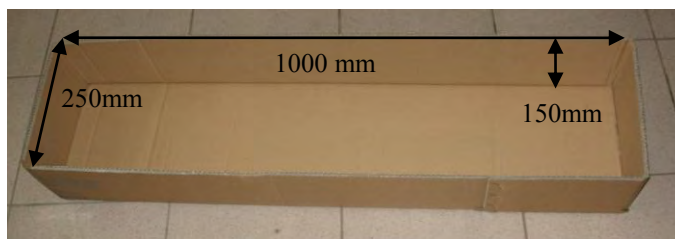
Za analizo delovanja trosilnika mineralnih gnojil smo izbrali trosilnik z nihajno cevjo Vicon Creina tip PS 502. Trosilnik je gnan preko kardanske gredi traktorja, sestavljen iz: ogrodja, ki se priključi na tritočkovni hidravlični sistem, kardanske gredi, zalogovnika za mineralno gnojilo, mešala, nameščenega na dnu zalogovnika, ki razbija strnjeno gnojilo in preprečuje strjevanje gnojila, mehanizma za pogon nihajne cevi, ročice za odpiranje in zapiranje odprtin za uravnavanje dotoka gnojila, nihajne cevi.



Slika 12: Sestavni deli trosilnika mineralnih gnojil z nihajno cevjo (Foto: Jekovec)

3.7 MERILNE POSODE

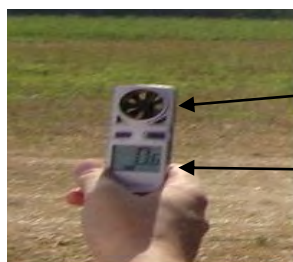
Posode so bile izdelane iz kartonskih škatel po standardu ISO 5690/1, in sicer na dimenzije dolžine 1000 mm, širine 250 mm in višine 150 mm.



Slika 13: Merilna posoda (Foto: Jekovec, 2011)

3.8 AREOMETER

Z areometrom smo merili hitrost in smer vetra z natančnostjo 0,1 m/s. Meritev potega tako, da napravo usmerimo proti smeri vetra in odčitamo trenutno hitrost vetra. Smer vetra dobimo tako, da napravo obračamo proti vetru.



Rotor, preko katerega naprava meri hitrost vetra

Zaslon, na katerem odčitamo hitrost vetra

Slika 14: Areometer (Foto: Jekovec, 2011)

3.9 SITA

Uporabili smo sita, ki ločujejo granulacije za NPK, večje od 4 mm, večje od 3 mm in večje od 2 mm. Za KAN pa sita, ki ločujejo granulacije, večje od 2 mm, večje od 1,5 mm in večje od 1 mm.



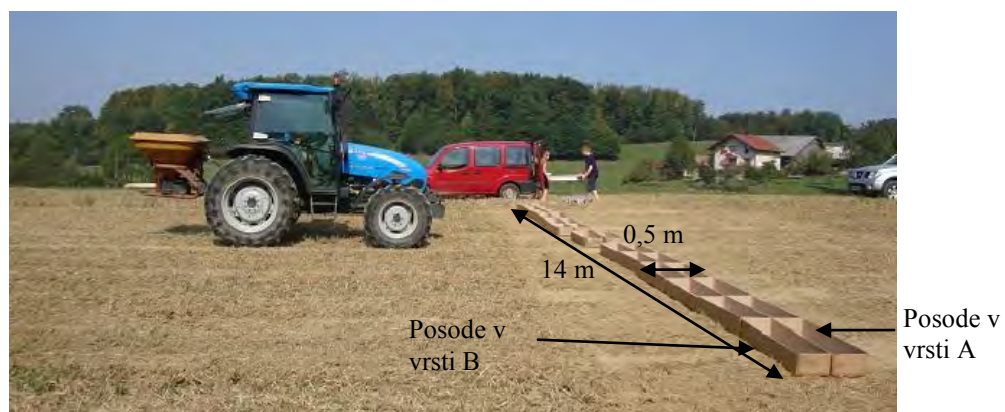
Slika 15: Sita (Foto: Jekovec, 2011)

3.10 IZVEDBA MERITVE

Trosilnik Vicon Creina PS 502, katerega delovanje smo analizirali, smo priklopili na tritočkovni sistem traktorja, ki je služil za pogon trosilnika, in se odpravili na mesto poizkusa. Za mesto poizkusa smo izbrali parcelo v ravnini, na kateri ni bilo nobenega posevka. Glede na vrsto poizkusa smo izbrali tudi, koliko bomo imeli odprt zasun za iztok gnojila. Potem smo razporedili 26 posod v dveh vrstah tesno skupaj. V vsaki vrsti smo imeli 13 merilnih posod. Sledila je vožnja brez gnojila v zalogovniku na poizkusnem terenu, tako da smo določali izbrano hitrost, prestavno razmerje traktorja in vrtilno frekvenco kardanske gredi, s katerimi smo želeli preizkusiti delovanje trosilnika v posameznem poizkusu. Sledilo je polnjenje zalogovnika v trosilniku z izbranim gnojilom in nato vožnja traktorja proti razporejenim posodam, tako da smo imeli že pred razporejenimi merilnimi posodami konstantno vozno hitrost, konstantno vrtilno frekvenco kardanske gredi in odprto loputo trosilnika za iztok gnojila v nihajno cev trosilnika. Za vsak posamezen poizkus smo opravili štiri vožnje. Med vožnjo preko merilnih posod je gnojilo iz trosilnika padalo v merilne posode. Iz vsake posode smo izbrali gnojilo v plastični lonček in ga vstavili v škatlo po vrstnem redu, kot so si sledile posode pri poizkusu. Po končanem poizkusu smo povili škatlo z lončki z elastično folijo in tako preprečili kontaminacijo vzorcev z drugimi nečistočami in vezavo ali izgubo vlage v gnojilu. Ko smo opravili poizkuse na terenu, smo se odpravili na tehtanje gnojila, zbranega v lončkih, in ločevanje gnojila s siti po granulaciji ter zapisovanje in analiziranje dobljenih podatkov s pomočjo učbenika Uporabna statistika (Košmelj, 2001) in programa Microsoft Excel.

Preglednica 3: Načrtovana zasnova poizkusov

Poizkus št.	Vrsta gnojila	Vrtilna frekvenca kardanske gredi	Vozna hitrost traktorja	Predvideno prekrivanje delovne širine	Predviden odmerek gnojila	Predvidena delovna širina trosilnika
1	sečnina	540 vrt./min.	8 km/h	6 m	400 kg/ha	12 m
2	sečnina	600 vrt./min.	12 km/h	6 m	400 kg/ha	12 m
3	sečnina	300 vrt./min.	8 km/h	6 m	400 kg/ha	12 m
4	NPK	540 vrt./min.	8 km/h	6 m	300 kg /ha	12 m
5	NPK	300 vrt./min.	8 km/h	6 m	300 kg/ha	12 m
6	NPK	415 vrt./min.	8 km/h	6 m	300 kg/ha	12 m
7	KAN	540 vrt./min.	8 km/h	6 m	400 kg/ha	12 m
8	KAN	300 vrt./min.	8 km/h	6 m	400 kg/ha	12 m
9	KAN	415 vrt./min.	8 km/h	6 m	400 kg/ha	12 m
10	apno	540 vrt./min.	8 km/h	brez	250 kg/ha	10 m



Slika 16: Vožnja s traktorjem preko merilnih posod (Foto: Jekovec, 2011)

4 REZULTATI

4.1 REZULTATI MERITEV

4.1.1 Meritev 1

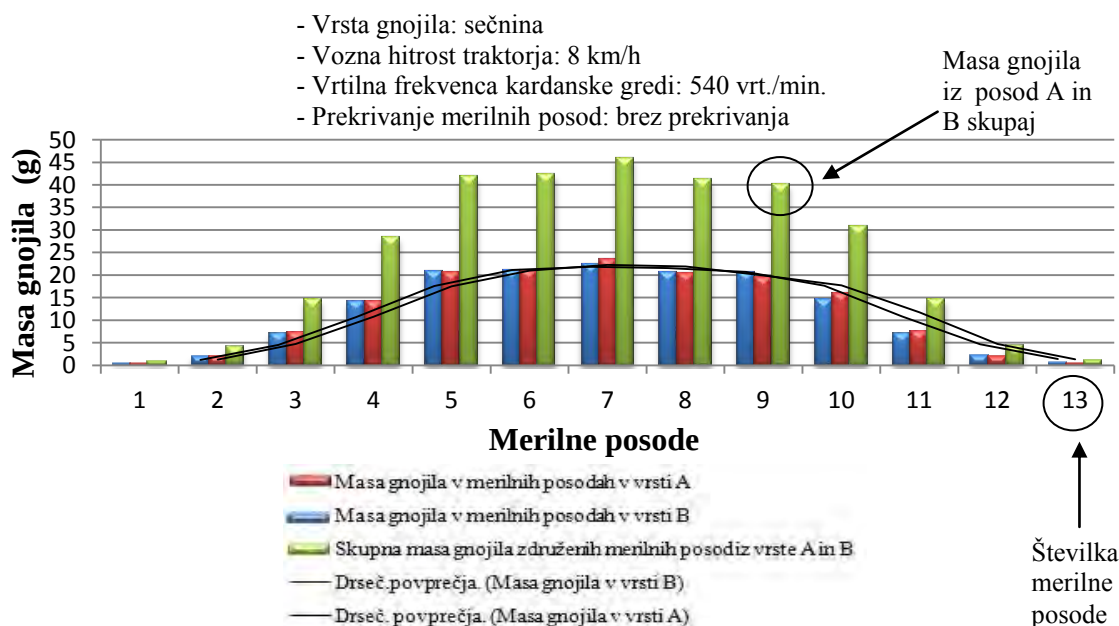
4.1.1.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 1

Hitrost vetra med opravljanjem meritve 1 je bila 0,6 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili sečnino. Traktor se je vozil s hitrostjo 8 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.

4.1.1.2 Rezultati meritev 1

Preglednica 4: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 1

posoda št	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
masa gnojila v merilnih posodah v vrsti A (g)	0,510	1,948	7,186	14,215	20,932	21,268	22,394	20,756	20,678	14,622	7,118	2,210	0,638	
masa gnojila v merilnih posodah v vrsti B (g)	0,498	2,108	7,328	14,222	20,816	21,122	23,436	20,438	19,426	16,088	7,508	2,052	0,578	
Skupaj gnojila (g)	1,008	4,056	14,514	28,437	41,748	42,390	45,830	41,194	40,104	30,710	14,626	4,262	1,216	
Odstopanje pri vzdolžni razporeditvi gnojila v %	2,410	7,590	1,938	0,049	0,557	0,691	4,446	1,556	6,445	9,112	5,194	7,700	10,381	4,467



Slika 17: Porazdelitev gnojila sečnine pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.

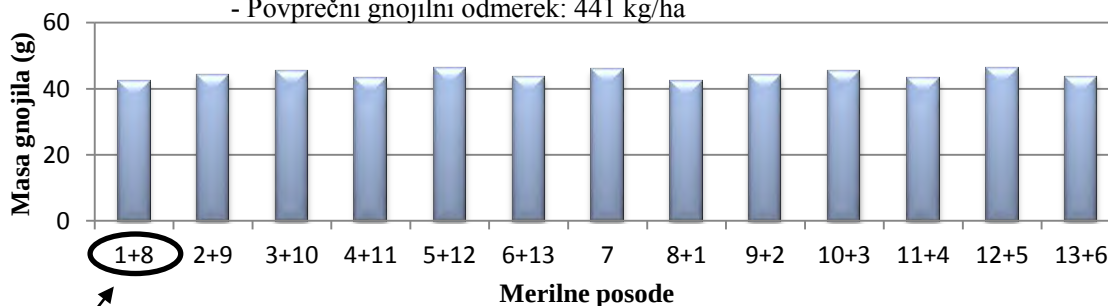
Na sliki 17 vidimo, da trosilnik pri vrtilni frekvenci 540 vrt./min. kardanske gredi in vozni hitrosti 8 km/h raztrosi gnojilo sečnino v obliki parabole. Iz slike 17 in preglednice 3 je razvidno, da je vzdolžna porazdelitev gnojila enakomerna, in sicer s koeficientom variacije od 0,05 % do 10,4 % in v povprečju znaša 4,5 %.

Preglednica 5: Analiza vzdolžne porazdelitve gnojila pri meritvi 1

Posode št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
A	0,129	0,515	1,861	3,491	5,211	5,279	5,901	5,142	4,817	4,009	1,911	0,538	0,149	
B	0,126	0,481	1,77	3,572	5,141	5,311	5,548	5,16	5,094	3,65	1,758	0,541	0,141	
KV (%)	2,381	7,069	5,141	2,268	1,362	0,603	6,363	0,349	5,438	9,836	8,703	0,555	5,674	4,288
A	0,117	0,532	1,812	3,763	5,237	5,285	5,852	5,095	4,916	3,916	1,867	0,482	0,147	
B	0,133	0,499	1,843	3,612	5,262	5,357	5,623	5,201	5,233	3,701	1,876	0,566	0,162	
KV (%)	12,030	6,613	1,682	4,181	0,475	1,344	4,073	2,038	6,058	5,809	0,480	14,841	9,259	5,299
A	0,131	0,542	1,839	3,527	5,217	5,297	5,861	5,101	4,862	4,109	1,886	0,531	0,15	
B	0,121	0,494	1,783	3,54	5,337	5,211	5,574	5,176	5,152	3,673	1,688	0,562	0,179	
KV (%)	8,264	9,717	3,141	0,367	2,248	1,650	5,149	1,449	5,629	11,870	11,730	5,516	16,201	6,379
A	0,121	0,519	1,816	3,441	5,151	5,261	5,822	5,1	4,831	4,054	1,844	0,501	0,132	
B	0,13	0,474	1,79	3,491	5,192	5,389	5,649	5,219	5,199	3,598	1,796	0,541	0,156	
KV (%)	6,923	9,494	1,453	1,432	0,790	2,375	3,062	2,280	7,078	12,674	2,673	7,394	15,385	5,616
Povprečni KV (%)														5,395

Iz preglednice 4 je razvidno, da je vzdolžna razporeditev gnojila, to je v smeri vožnje traktorja po površini, ustrezna in znaša v povprečju pri enem hodu preko merilnih posod med 4,3 % in 6,4 %. V povprečju pri vseh hodih skupaj pa 5,4 %, kar je dobro. Prav tako vidimo na preglednici, da se koeficient variacije vzdolžne porazdelitve gnojila povečuje, bolj ko se oddaljujemo od sredine merilnih posod. Prav tako opazimo, da če združimo vse posode A in vse posode B in primerjamo koeficient variacije, dobimo nekoliko boljši rezultat, in sicer 4,5 % namesto 5,4 %. Zato je v nadaljevanju koeficiente variacije za vzdolžno razporeditev, ki jo dobimo iz štirih voženj preko posod v vrsti A in vrsti B, brez vmesnih tehtanj smiselno povečati za eno odstotno točko.

- Vrsta gnojila: sečnina
- Vozna hitrost traktorja: 8 km/h
- Vrtilna frekvenca kardanske gredi: 540 vrt./min.
- Prekrivanje merilnih posod: 6
- Koeficient variacije prečne porazdelitve gnojila: 3 %
- Povprečni gnojilni odmerek: 441 kg/ha

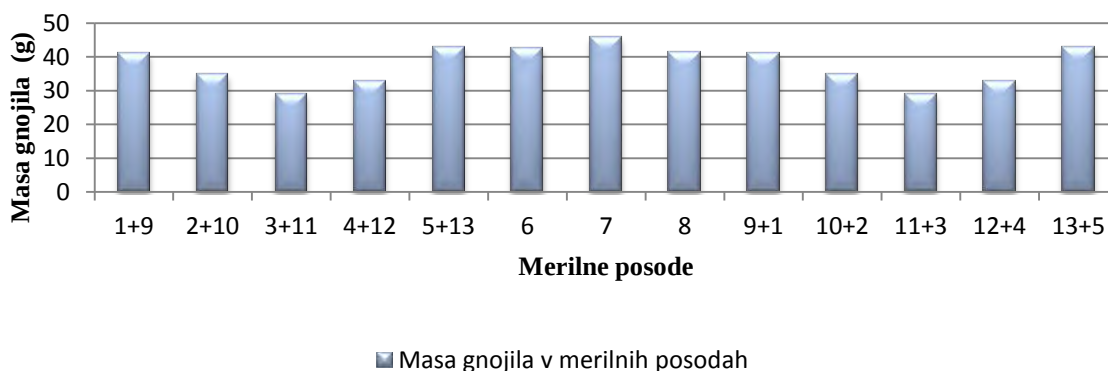


Skupna masa gnojila v 1. in 8. posodi

Slika 18: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 1 in prekrivanju šestih merilnih posod

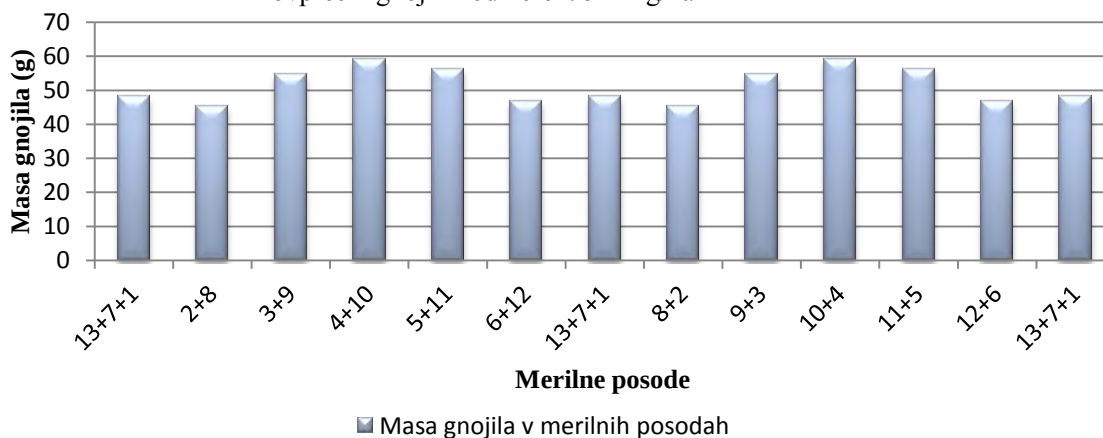
Na sliki 18 vidimo, da je pri prekrivanju šestih merilnih posod (slika 21), kar je ekvivalentno 6 metrom, koeficient variacije le 2,98 %, kar ustreza oceni zelo dobro. Delovna širina pri takšnem optimalnem prekrivanju je $6 \text{ m} + C \cdot r \text{ m}$ kolesa traktorja + 0,5 m (1/2) posode št. 7, kar skupaj znaša 7 metrov.

- Vrsta gnojila: sečnina
- Vozna hitrost traktorja: 8 km/h
- Vrtilna frekvenca kardanske gredi: 540 vrt./min.
- Prekrivanje merilnih posod: 5
- Koeficient variacije prečne porazdelitve gnojila: 14,6 %
- Povprečni gnojilni odmerek: 378 kg/ha



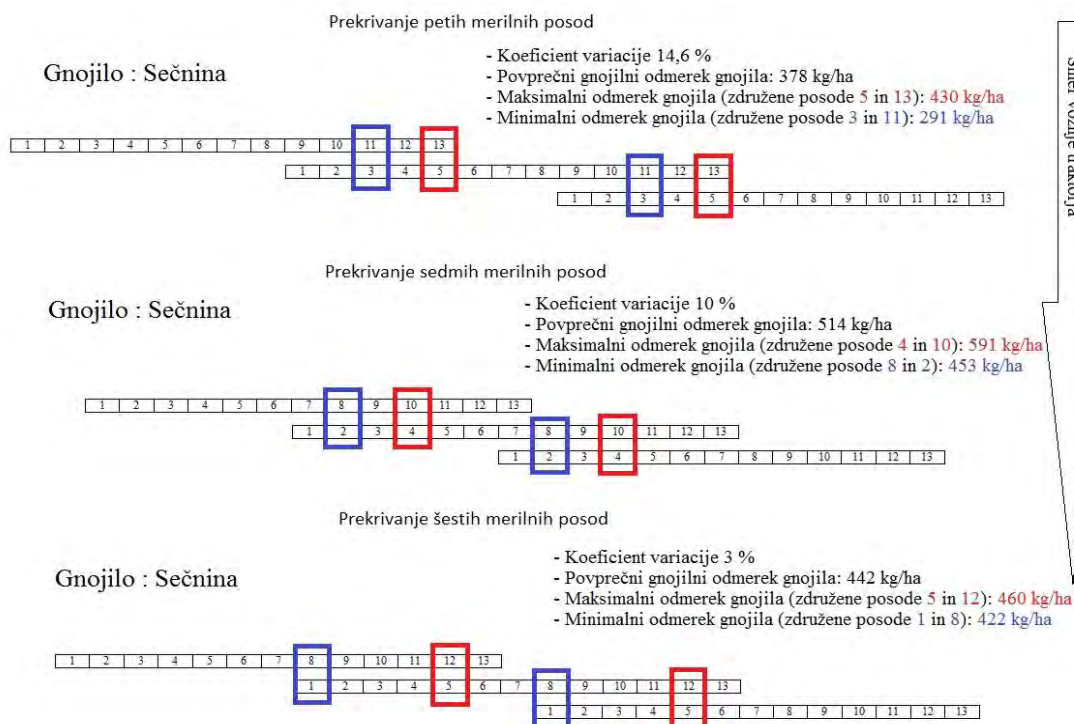
Slika 19: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 1 in prekrivanju petih merilnih posod

- Vrsta gnojila: sečnina
- Vozna hitrost traktorja: 8 km/h
- Vrtilna frekvenca kardanske gredi: 540 vrt./min.
- Prekrivanje merilnih posod: 7
- Koeficient variacije prečne porazdelitve gnojila: 10 %
- Povprečni gnojilni odmerek: 514 kg/ha



Slika 20: Prečna razporeditev gnojila sečnine pri meritvi 1 in prekrivanju sedmih merilnih posod

Na sliki 18, 19 in 20 vidimo, da pri zmoti v prekrivanju zgolj za eno posodo, kar je ekvivalentno zgolj enemu metru metalne širine trosilnika, dobimo namesto koeficienta variacije 3 % (slika 18) pri prekrivanju šestih merilnih posod, kar ustreza oceni zelo dobro, koeficient variacije 14,6 % (slika 19) pri prekrivanju petih merilnih posod, kar ustreza oceni slabo. Pri prekrivanju sedmih merilnih posod dobimo koeficient variacije 10 % (slika 20), kar ustreza oceni dobro. Tako imamo pri enem poizkusu lahko zaradi napačnega prekrivanja oceno slabo, pri optimalnem prekrivanju merilnih posod pa oceno zelo dobro pri istem poizkusu z istim trosilnikom.



Slika 21: Prikaz prekrivanja merilnih posod

Na sliki 21 vidimo, da je nihanje v količini gnojila pri prečnem raztrosu veliko. Za ilustracijo pogledajmo nekatere podatke, ki govorijo o tem, kako pomemben je kakovosten prečni raztros gnojila. Pri prekrivanju petih merilnih posod imamo v posodi 3 in 11 odmerek gnojila 291 kg/ha, kar je pri sečnini (46 % dušika) ekvivalentno 134 kg dušika. Hkrati pa pri združenih merilnih posodah 5 in 13 potrosimo kar 430 kg/ha gnojila, kar je pri sečnini ekvivalentno 198 kg dušika. Razlika med 134 kg/ha in 198 kg/ha je 64 kg/ha dušika. To pomeni, da na površini, kjer je dušika najmanj, je tega manj za 48 % od površine, kjer je dušika največ.

Pri prekrivanju sedmih merilnih posod imamo v posodi 2 in 8 odmerek gnojila 453 kg/ha, kar je pri sečnini (46 % dušika) ekvivalentno 208 kg/ha dušika. Pri posodi številka 4 in 10 potrosimo 591 kg/ha gnojila, kar ustreza pri sečnini 272 kg/ha dušika. Razlika med 208 kg/ha in 272 kg/ha dušika je 64 kg/ha dušika. To pomeni, da na površini, kjer je dušika najmanj, je tega manj za 31 % od površine, kjer je dušika največ.

Če zgrešimo od idealnega prekrivanja, v tem primeru je to 6 posod (6 m) zgolj za 1 m, imamo lahko razlike v odmerku na hektar pri prekrivanju sedmih posod (7 m) na enem delu površine 272 kg/ha dušika in na drugem delu površine pri prekrivanju petih posod (5 m) 134 kg/ha dušika, kjer je razlika 134 kg/ha dušika, oziroma na mestu, kjer je dušika največ, ga je več kot dvakrat več od mesta, kjer ga je najmanj. To pomeni, da na površini, kjer je dušika najmanj, je tega manj za 103 % od površine, kjer je dušika največ.

Načrtovani odmerek je bil povprečen odmerek pri prekrivanju šestih posod, kar ustreza 442 kg/ha gnojila in v primeru uporabe sečnine to ustreza 203 kg/ha dušika. Pri načrtovanem odmerku približno 200 kg/ha dušika se lahko torej ob zelo dobri prečni porazdelitvi gnojila, ki v optimalnem prekrivanju pomeni koeficient variacije manj kot 3 %, pri napačnem prekrivanju za 1 m pokažejo zelo velike razlike v navideznem hektarskem odmerku. Kot je razvidno iz slike 21, odstopajo od 134 kg/ha do 272 kg/ha dušika, kar pomeni, da so nihanja v količini velika in bomo imeli na nekaterih delih preveč dušika in posledično problem s preveliko količino dušika, kot je poleganje žit, onesnaževanje podtalnice, ekonomska izguba ipd. Na drugih mestih pa bomo imeli opravljanje s pomanjkanjem dušika, ki bi ga rastline lahko uporabile za rast in razvoj, kar se posledično pokaže v manjšem in manj kakovostnem pridelku. Zato je bistveno imeti enakomeren prečni in vzdolžni nanos gnojila po površini.

4.1.1.3 Ugotovitve in zaključki meritve 1

Kot vidimo na sliki 21, je izjemnega pomena dobro načrtovanje vozni poti glede na trosilnik, njegove lastnosti in nastavitve, pri katerih ga uporabljamo. Pomembno je tudi gnojilo, ki ga bomo uporabljali, saj so pri enakih nastavitvah trosilnika različne trosilne slike glede na vrsto gnojila. Iz poznavanja trosilnika in načrtovanja gnojenja moramo tudi upoštevati, koliko metalne širine trosilnika prekrivamo pri vsakem delovnem hodu na gnojeno površini.

Pri načrtovanem odmerku približno 200 kg/ha dušika lahko ob zelo dobri trosilni sliki, ki v optimalnem prekrivanju pomeni koeficient variacije manj kot 3 %, pri napačnem prekrivanju za 1 m vseeno dobimo zelo velike razlike v navideznem hektarskem odmerku. Kot je razvidno iz slike 21, so razlike od 134 kg/ha do 272 kg/ha dušika. Pri vzdolžni razporeditvi gnojila pa se je trosilnik izkazal za ustreznega, saj koeficient variacije vzdolžne porazdelitve gnojila znaša med 4,3 % in 6,4 %.

4.1.2 Meritev 2

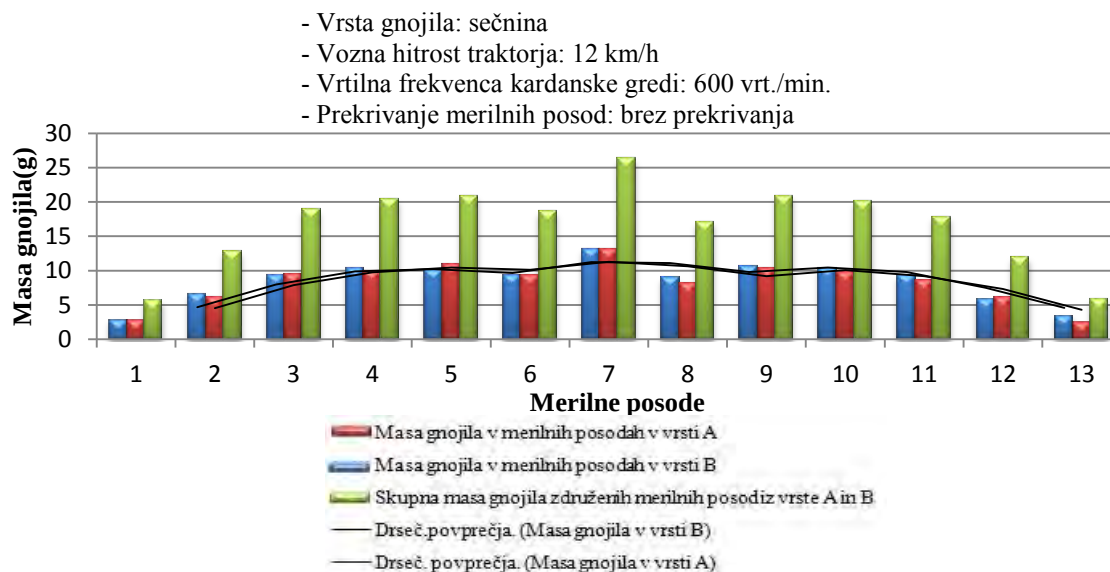
4.1.2.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 2

Hitrost vetra med opravljanjem meritev 2 je bila 0,8 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili sečnino. Traktor se je vozil s hitrostjo 12 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 600 vrt./min..

4.1.2.2 Rezultati meritev 2

Preglednica 6: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 2

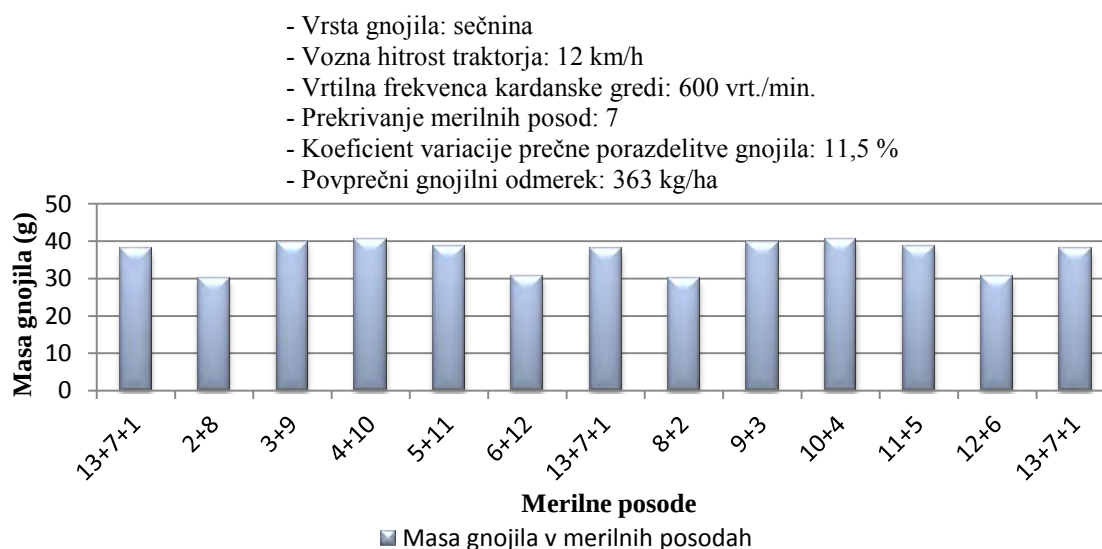
posoda št	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
masa gnojila v merilnih posodah v vrsti A	2,792	6,558	9,366	10,414	10,016	9,31	13,176	9,016	10,576	10,332	9,29	5,762	3,422	
masa gnojila v merilnih posodah v vrsti B	2,776	6,222	9,504	9,986	10,862	9,35	13,172	8,09	10,282	9,822	8,528	6,128	2,492	
Skupaj gnojila(g)	5,568	12,78	18,87	20,4	20,878	18,66	26,348	17,106	20,858	20,154	17,82	11,89	5,914	
Vzdolžno odstopanje v porazdelitvi gnojila v %	0,576	5,400	1,452	4,286	7,789	0,428	0,030	11,446	2,859	5,192	8,935	5,973	37,319	7,053



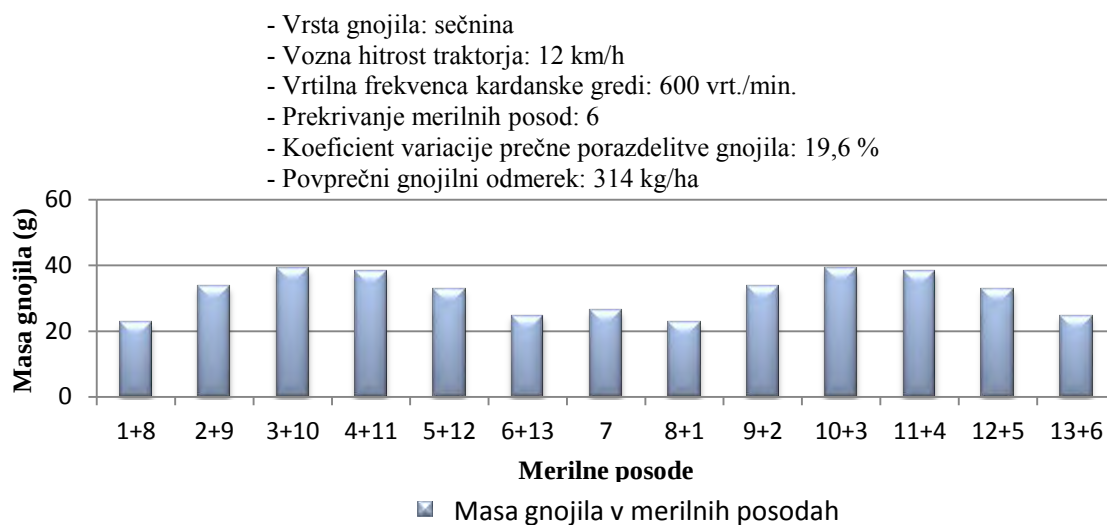
Slika 22: Porazdelitev gnojila sečnine pri vozni hitrosti traktorja 12 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 600 vrt./min.

V primerjavi s poizkusom pri manjši vozni hitrosti, to je 8 km/h, in manjšo vrtilno frekvenco kardanske gredi, to je 540 vrt./min., se pri vozni hitrosti 12 km/h in vrtilni frekvenci

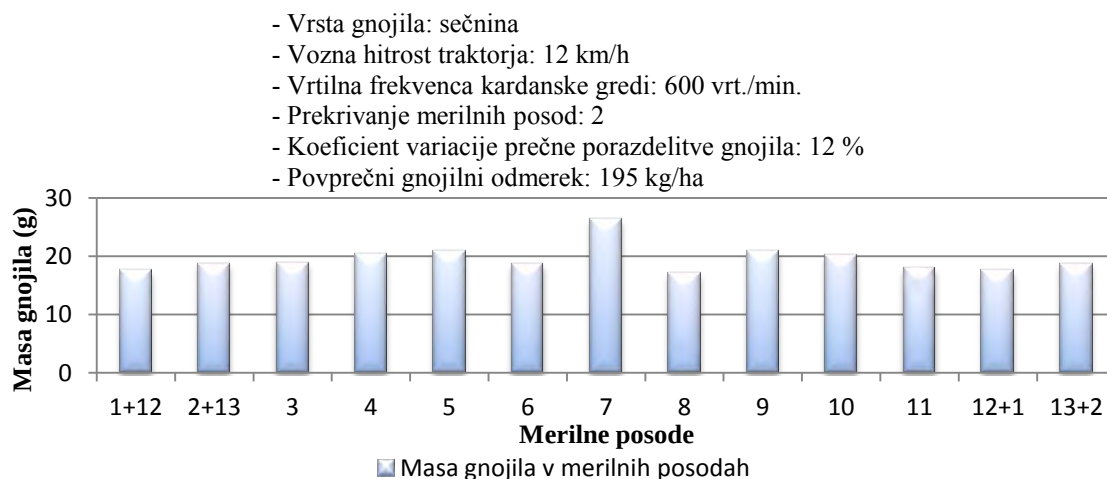
600 vrt./min. kardanske gredi poveča širina raztrosa. Razlika v vzdolžni porazdelitvi je podobna. Trosilna slika preide iz oblike parabole v obliko triglava. Iz slike 22 in preglednice 5 je razvidno, da je koeficient vzdolžne porazdelitve gnojila med 0,03 % in 37,3 %. V povprečju pa znaša 7,1 %, vendar koeficient variacije, večji od 10 %, dobimo zgolj pri enem podatku, in sicer pri skrajnem koncu metalne širine v posodi 13, kar v gramih ne predstavlja velikega odstopanja. Gre za 0,93 g in lahko rečemo, da je vzdolžna porazdelitev gnojila dokaj enakomerna.



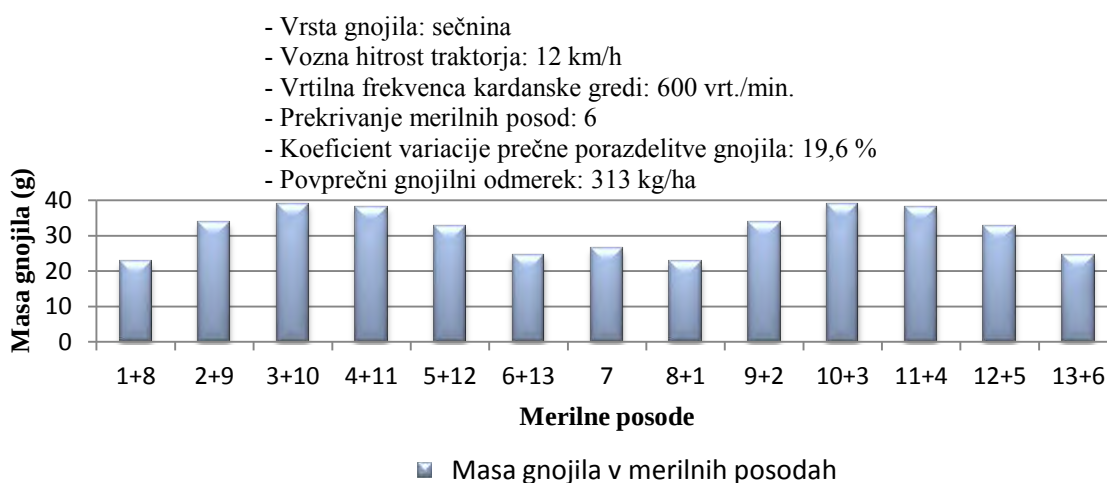
Slika 23: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 2 in prekrivanju sedmih merilnih posod



Slika 24: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 2 in prekrivanju šestih merilnih posod



Slika 25: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 2 in prekrivanju dveh merilnih posod



Slika 26: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 2 in prekrivanju šestih merilnih posod

4.1.2.3 Ugotovitve in zaključki meritve 2

Pri preizkusu, kjer smo vozili z vozno hitrostjo 12 km/h, in pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 600 vrt./min. smo dobili trosilno sliko v obliki triglava in dokazali, da se pri večji vrtilni frekvenci kardanske gredi poveča širina izmeta gnojila in posledično je potrebno večje ali veliko manjše prekrivanje, da se koeficient variacije prečne porazdelitve gnojila še dodatno ne poveča. V našem primeru smo dobili optimalno prekrivanje za omenjen poizkus pri prekrivanju sedmih merilnih posod, kjer je koeficient variacije znašal 11,5 %, kar ustreza oceni slabo, pri prekrivanju šestih merilnih posod pa že 19,6 %, kar ustreza oceni zelo slabo. Podobno prečno porazdelitev smo dobili pri prekrivanju dveh merilnih posod (KV 12 %). Znatno boljšo prečno porazdelitev gnojila dobimo pri vozni hitrosti 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min. in s prekrivanjem šestih merilnih posod. Za primerjavo vzemimo, da vozimo z 8 km/h in pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min. in prekrivamo šest posod, potem pa zgolj spremenimo vozno hitrost in povečamo frekvenco vrtenja kardanske gredi, da bi opravili delo hitreje, in koeficient variacije se poveča iz 2,9 % na 19,6 % in iz ocene prečne porazdelitve zelo dobro takoj dobimo oceno zelo slabo. Pomislili bi, da se pri večji vozni hitrosti vedno poveča delovna širina trosilnika. Če želimo boljšo prečno porazdelitev (KV 11,5 %), se v praksi zmanjša delovna širina, saj moramo namesto šestih prekrivati sedem merilnih posod. Podobne rezultate dobimo s prekrivanjem dveh merilnih posod (KV 12 %), a to je še vedno veliko slabše kot koeficient variacije 3 %, ki ga lahko dosežemo z istim trosilnikom.

4.1.3 Meritev 3

4.1.3.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 3

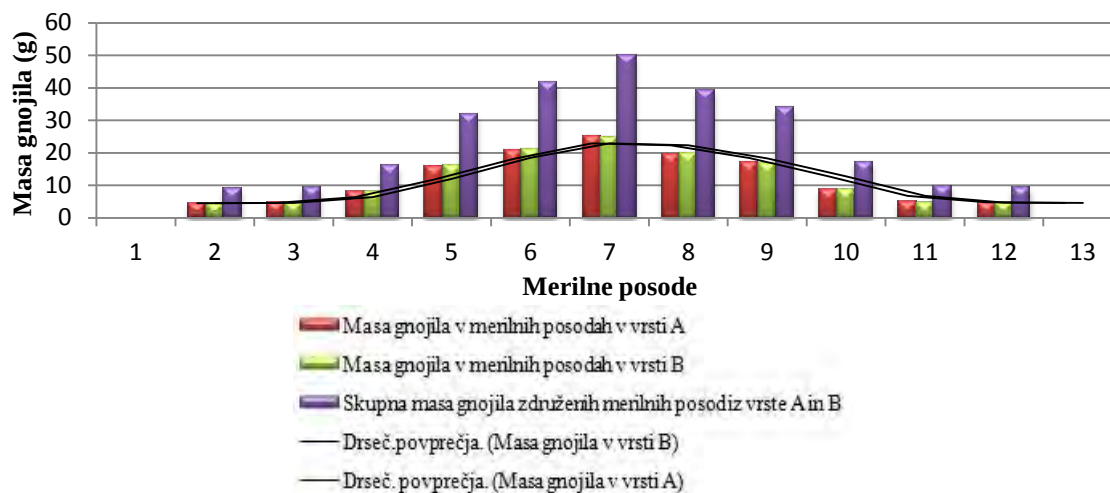
Hitrost vetra med opravljanjem meritve 1 je bila 0,5 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili sečnino. Traktor se je vozil s hitrostjo 8 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min.

4.1.3.2 Rezultati meritev 3

Preglednica 7: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 3

posoda št	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
Masa gnojila v merilnih posodah v vrsti A (g)		4,499	4,66	7,993	15,543	20,725	25,133	19,631	17,055	8,487	5,011	4,609		
Masa gnojila v merilnih posodah v vrsti B (g)		4,501	4,732	7,954	16,086	20,981	24,881	19,785	16,836	8,697	4,827	4,59		
Skupaj gnojila (g)		9	9,392	15,947	31,629	41,706	50,014	39,416	33,891	17,184	9,838	9,199		
Odstopanje pri vzdolžni razporeditvi gnojila v %		0,044	1,522	0,4903	3,3756	1,2202	1,0128	0,7784	1,3008	2,4146	3,812	0,4139		1,4895

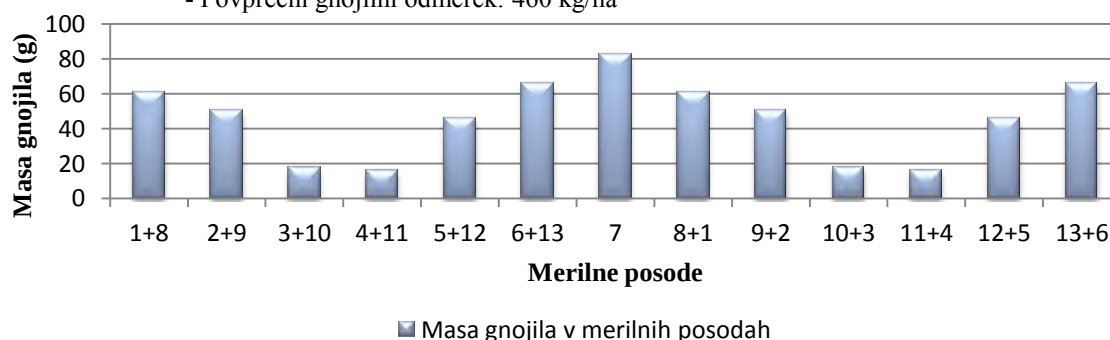
- Vrsta gnojila: sečnina
- Vozna hitrost traktorja: 8 km/h
- Vrtilna frekvenca kardanske gredi: 300 vrt./min.
- Prekrivanje merilnih posod: brez prekrivanja



Slika 27: Porazdelitev gnojila sečnine pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min.

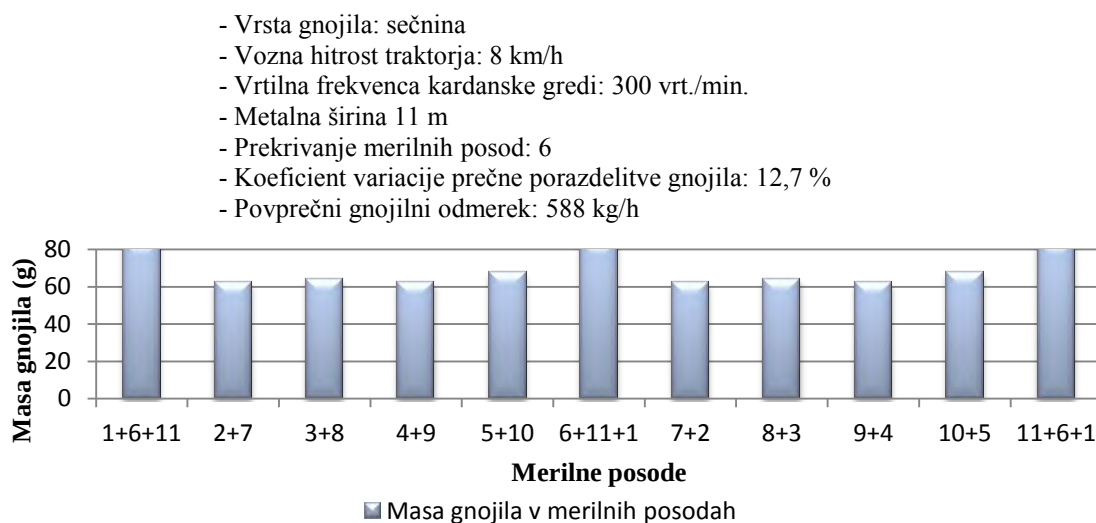
Pri zmanjšanju vrtilne frekvence kardanske gredi iz 540 vrt./min. na 300 vrt./min. pri vozni hitrosti 8 km/h opazimo zmanjšanje širine raztrosa gnojila in trosilno sliko v obliki parabole. Iz grafikona in preglednice je razvidno, da je koeficient variacije vzdolžne razporeditve gnojila med 0,04 % in 3,8 %, v povprečju 1,5 %, kar je zelo zadovoljivo.

- Vrsta gnojila: sečnina
- Vozna hitrost traktorja: 8 km/h
- Vrtilna frekvenca kardanske gredi: 300 vrt./min.
- Prekrivanje merilnih posod: 6
- Koeficient variacije prečne porazdelitve gnojila: 46,5 %
- Povprečni gnojilni odmerek: 460 kg/ha



Slika 28: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 3 in prekrivanju šestih merilnih posod

Če gnojimo površino pri 8 km/h in 540 vrtljajih v minuti in zmanjšamo vrtljaje kardanske gredi in predpostavimo, da je širina raztrosa enaka, prekrivamo še vedno šest posod, potem dobimo zelo neenakomerno prečno porazdelitev gnojila in koeficient variacije 46,5 %, kar je zelo slabo oziroma nesprejemljivo.



Slika 29: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 3 pri navidezno zmanjšani metalni širini na 11 m in prekrivanju šestih merilnih posod

Če vemo, da širina raztrosa pri zmanjšanju vrtilne frekvence kardanske gredi na 300 vrt./min. ni 13 m, ampak zgolj 11 m, in prekrivamo šest merilnih posod dobimo koeficient variacije prečne porazdelitve gnojila 12,7 %, kar še vedno ni najboljše, še vedno pa mnogo boljše kot koeficient variacije 46,5 %, kot ga dobimo pri prekrivanju šestih posod, če vzamemo metalno širino 13 m.

4.1.3.3 Ugotovitve in zaključki meritve 3

Da dobimo kolikor toliko zadovoljivo prečno porazdelitev gnojila (KV manj kot 15 %), še vedno pa razmeroma nezadovoljivo, moramo vzeti za širino raztrosa dva metra manj, to je enajst metrov in prekrivati šest merilnih posod. V tem primeru znaša koeficient variacije 12,7 % in pri enakih nastavitvah trosilnika se močno poveča gnojilni odmerek na površino v primerjavi z meritvijo pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min. in vozni hitrosti 8 km/h. Zato je najbolje trositi sečnino pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min. in vozni hitrosti 8 km/h.

4.1.4 Meritev 4

4.1.4.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 4

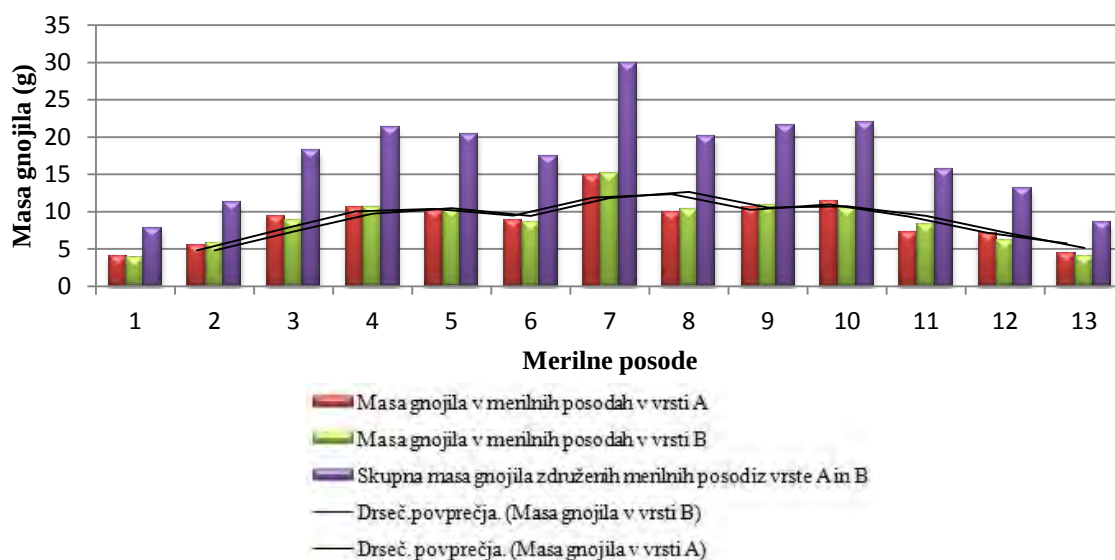
Hitrost vetra med opravljanjem meritve 4 je bila 0,4 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili mineralno gnojilo NPK 15 – 15 – 15. Traktor je vozil s hitrostjo 8 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.

4.1.4.2 Rezultati meritev 4

Preglednica 8: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 4

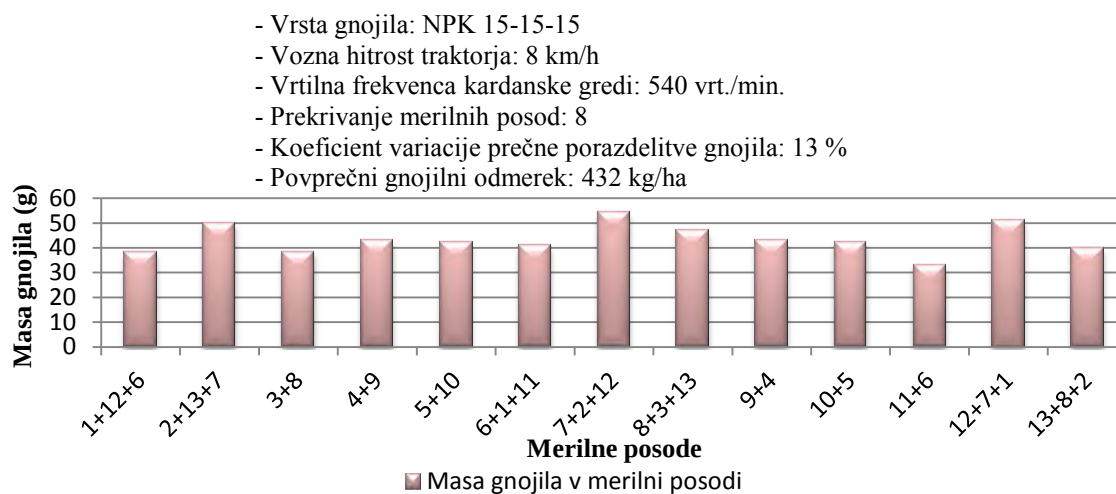
Posoda št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti A (g)	4,042	5,51	9,394	10,684	10,084	8,862	14,864	9,824	10,622	11,36	7,324	7,016	4,43	
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti B (g)	3,782	5,768	8,844	10,618	10,268	8,564	15,084	10,218	10,892	10,546	8,276	6,112	4,116	
Skupaj (g)	7,824	11,278	18,238	21,302	20,352	17,426	29,948	20,042	21,514	21,906	15,6	13,128	8,546	
Vzdolžno odstopanje v razporeditvi gnojila (%)	6,875	4,473	6,219	0,622	1,792	3,480	1,458	3,856	2,479	7,719	11,503	14,791	7,629	5,607

- Vrsta gnojila: NPK 15 - 15-15
- Vozna hitrost traktorja: 8 km/h
- Vrtilna frekvenca kardanske gredi: 540 vrt./min.
- Prekrivanje merilnih posod: brez prekrivanja
- Koeficient prečne porazdelitve gnojila: 16,3%

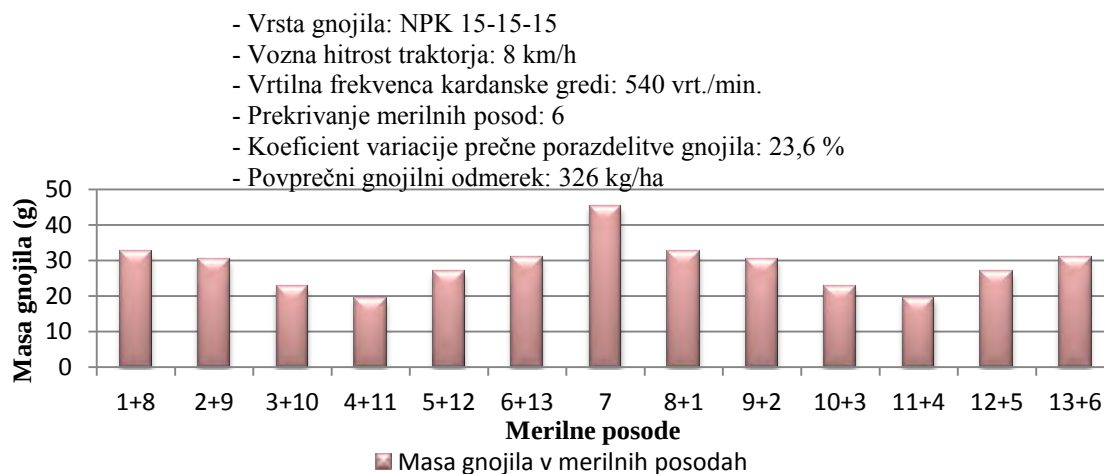


Slika 30: Porazdelitev gnojila NPK 15 – 15 – 15 pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.

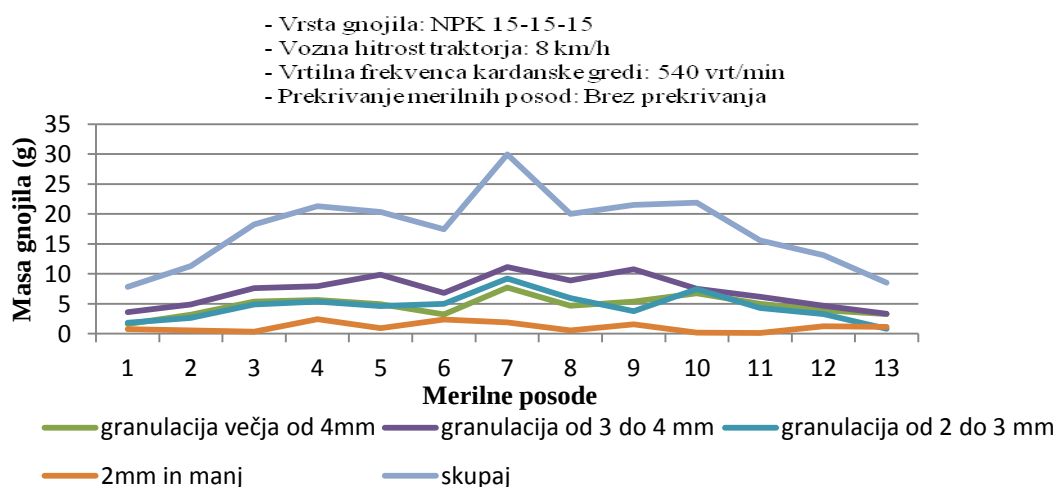
Koeficient variacije prečne porazdelitve gnojila brez prekrivanja merilnih posod znaša 16,3 %, kar ustreza oceni zelo slabo. Iz grafikona je razvidno, da je koeficient variacije vzdolžne razporeditve gnojila med 0,6 % in 14,8 %, v povprečju pa 5,6 %. Kar je dobro. Oblika trosilne slike je v obliki triglava.



Slika 31: Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 4 in prekrivanju osmih merilnih posod



Slika 32: Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 4 in prekrivanju šestih merilnih posod



Slika 33: Masa gnojila NPK pri prečni porazdelitvi gnojila pri meritvi 4, razvrščena po granulaciji

4.1.4.3 Ugotovitve in zaključki meritve 4

Zanimivo je, da pri enakih nastavitvah trosilnika ta raztrosi gnojilo NPK v obliki triglava in ne v obliki parabole, kot raztrosi sečnino, in da najboljšo prečno porazdelitev dobimo, če prekrivamo osem posod, vendar koeficient variacije še vedno znaša 13 %. Zanimivo pa je, če ne prekrivamo nobenega metra metalne širine, ne dobimo veliko slabšega koeficienta variacije, to je 16,3 %. Trosilna slika v obliki triglava je posledica večje granulacije gnojila NPK 15 – 15 – 15 za razliko od sečnine, ki ima majhno granulacijo, saj večje kroglice gnojila letijo dlje od majhnih pri enaki izstopni hitrosti granul iz nihajne cevi.

4.1.5 Meritev 5

4.1.5.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 5

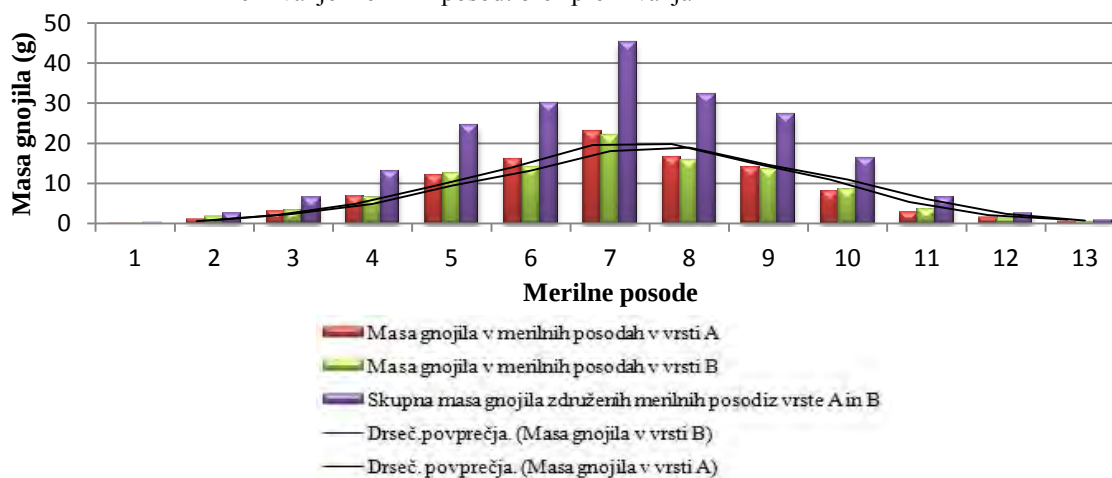
Hitrost vetra med opravljanjem meritev 5 je bila 0,7 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili mineralno gnojilo NPK 15 – 15 – 15. Traktor se je vozil s hitrostjo 8 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min.

4.1.5.2 Rezultati meritev 5

Preglednica 9: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 5

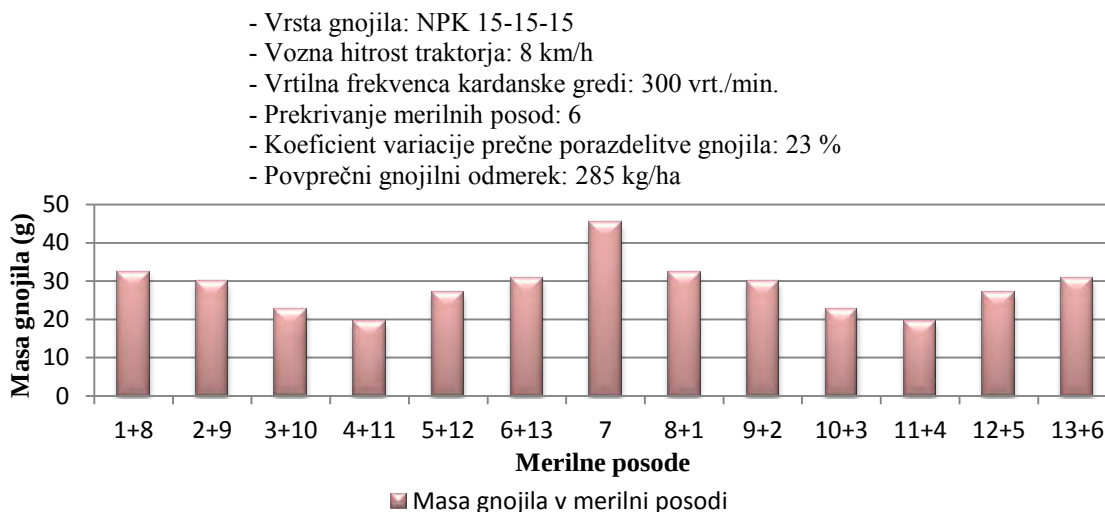
Posoda št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti A (g)	0,082	1,056	3,146	6,58	12,088	16,03	23,078	16,462	13,934	7,91	2,82	1,39	0,448	
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti B (g)	0,056	1,544	3,262	6,422	12,342	13,958	22,122	15,742	13,442	8,392	3,692	1,148	0,35	
Skupaj gnojila (g)	0,138	2,6	6,408	13,002	24,43	29,988	45,2	32,204	27,376	16,3	6,512	2,538	0,798	
Odstopanje pri vzdolžni razporeditvi gnojila v %	46,429	31,606	3,556	2,460	2,058	14,845	4,321	4,574	3,660	5,744	23,619	21,080	28,000	14,765

- Vrsta gnojila: NPK 15-15-15
- Vozna hitrost traktorja: 8 km/h
- Vrtilna frekvenca kardanske gredi: 300 vrt./min.
- Prekrivanje merilnih posod: brez prekrivanja

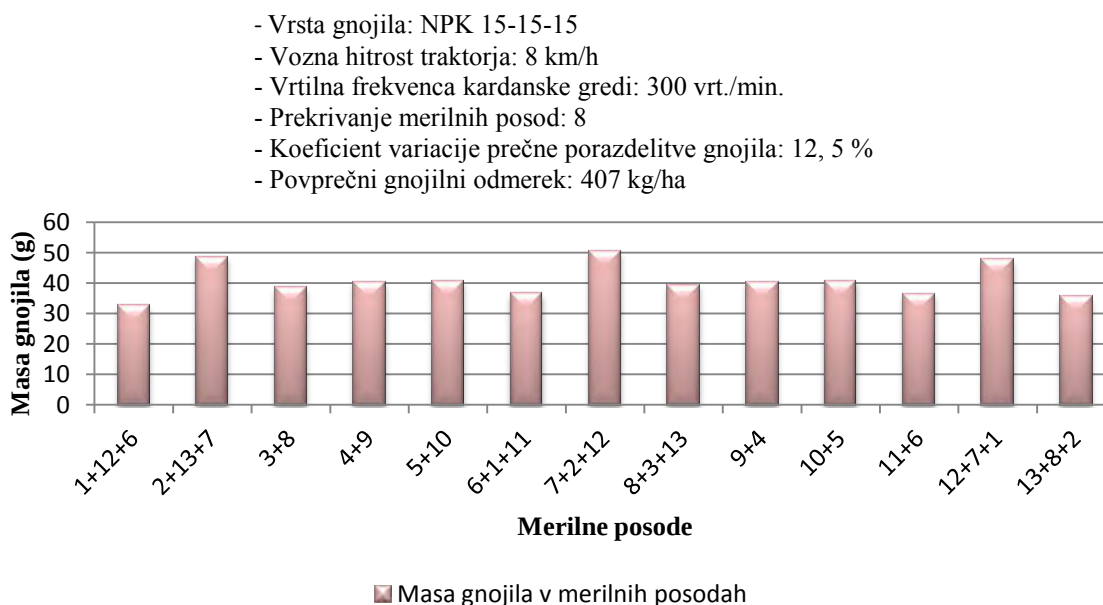


Slika 34: Porazdelitev gnojila NPK 15 – 15 – 15 pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min.

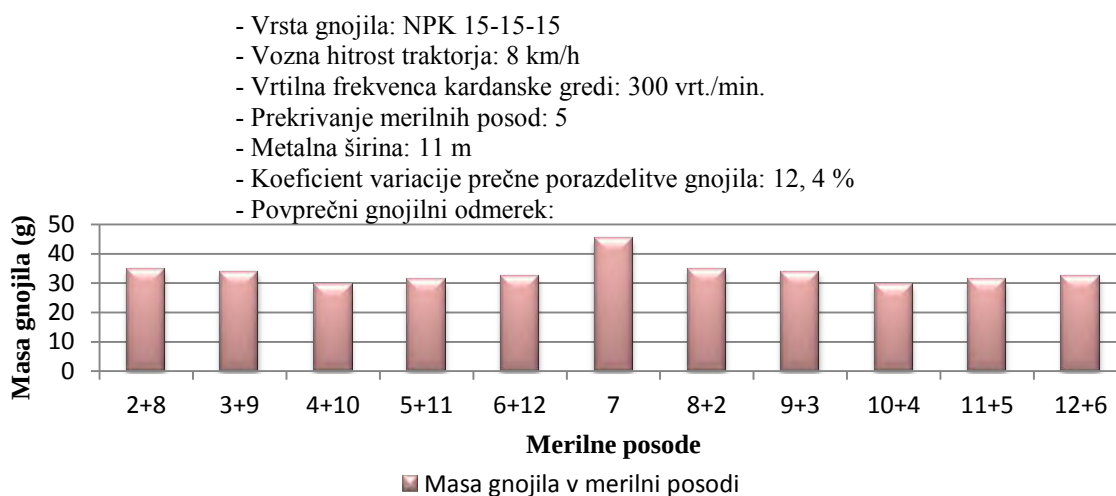
Iz slike 34 in preglednice 8 je razvidno, da koeficient variacije vzdolžne porazdelitve gnojila med 2,1 % in 46,4 % v povprečju znaša 14,8 %, kar ni dobro. Trosilna slika prečne porazdelitve gnojila je v obliki parabole. Metalna širina trosilnika pa se zmanjša v primerjavi z vrtilno frekvenco kardanske gredi pri 540 vrt./min.



Slika 35: Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 5 in prekrivanju šestih merilnih posod



Slika 36: Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 5 in prekrivanju osmih merilnih posod



Slika 37: Prečna porazdelitev gnojila sečnine pri meritvi 5 pri navidezno zmanjšani metalni širini na 11 m in prekrivanju petih merilnih posod

4.1.5.3 Ugotovitve in zaključki meritve 5

Pri trošenju gnojila NPK 15 – 15 – 15 z vozno hitrostjo 8 km/h in z vrtilno frekvenco kardanske gredi 300 vrt./min. smo ugotovili, da je trosilna slika v obliki parabole in je optimalno prekrivanje pri osmih posodah, kjer koeficient variacije znaša 12,5 %, kar ni najboljše. Pri prekrivanju šestih posod pa znaša koeficient variacije kar 23 %, kar ustreza oceni zelo slabo. Če vzamemo za širino izmeta 11 m namesto 13 m, dobimo pri prekrivanju petih posod koeficient variacije 12,4 %, kar ni dosti bolje od koeficienta variacije 12,5 %, ki ga dobimo, če vzamemo za širino raztrosa 13 m, saj je kljub temu slab. Vzdolžna porazdelitev gnojila je neenakomerna, saj koeficient variacije vzdolžne razporeditve v povprečju znaša 14,8 %, saj večja in neenakomerna granulacija gnojila in nepravilne oblike gnojila pri majhni vrtilni hitrosti kardanske gredi in posledično večji odmerek gnojila na enoto površine povzročijo večja odstopanja pri vzdolžni porazdelitvi.

4.1.6 Meritev 6

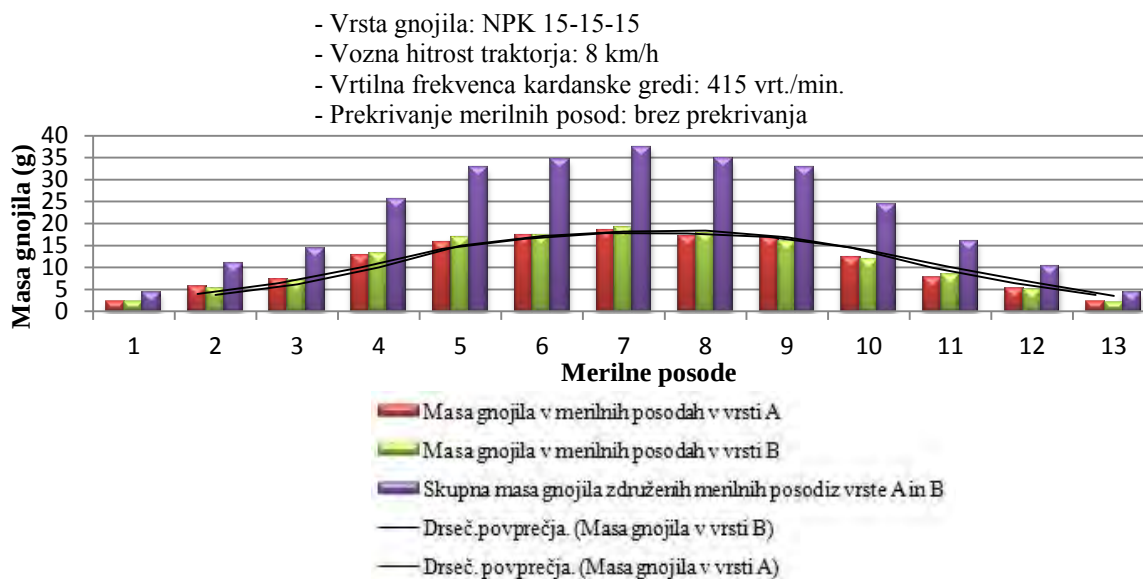
4.1.6.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 6

Hitrost vetra med opravljanjem meritve 6 je bila 0,5 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili mineralno gnojilo NPK 15 – 15 – 15. Traktor se je vozil s hitrostjo 8 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min.

4.1.6.2 Rezultati meritev 6

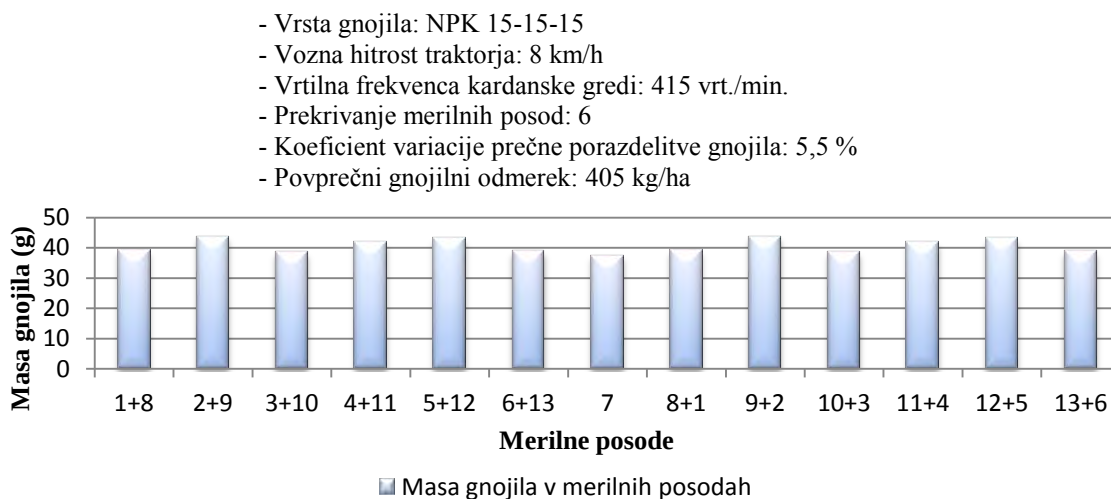
Preglednica 10: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 6

Posoda št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti A (g)	2,25	5,65	7,28	12,664	15,844	17,17	18,394	17,012	16,816	12,31	7,576	5,264	2,264	
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti B (g)	2,086	5,344	7	13,008	16,932	17,344	18,976	17,754	15,926	11,864	8,332	5,026	2,064	
Skupaj gnojila (g)	4,336	10,99	14,28	25,672	32,776	34,514	37,37	34,766	32,742	24,174	15,91	10,29	4,328	
Odstopanje pri vzdolžni razporeditvi gnojila v %	7,862	5,726	4,000	2,645	6,426	1,003	3,067	4,179	5,588	3,759	9,073	4,735	9,690	5,212

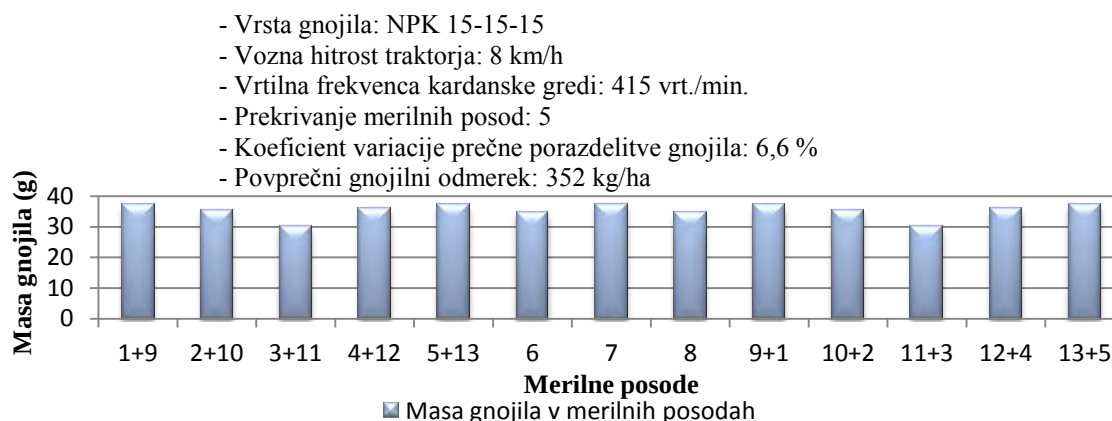


Slika 38: Porazdelitev gnojila NPK 15 – 15 – 15 pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min.

Iz slike 38 in preglednice 9 je razvidno, da je koeficient variacije vzdolžne porazdelitve gnojila med 1 % in 9,7 %, v povprečju pa znaša 5,2 %, kar je zelo dobro. Trosilna slika je v obliki parabole.



Slika 39: Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 6 in prekrivanju šestih merilnih posod



Slika 40: Prečna porazdelitev gnojila NPK pri meritvi 6 in prekrivanju petih merilnih posod

4.1.6.3 Ugotovitve in zaključki meritve 6

Pri večji granulaciji gnojila dobimo veliko boljše prečno porazdelitev gnojila pri manjši vrtilni frekvenci kardanske gredi (manj kot 540 vrt./min. in več kot 300 vrt./min.). V našem primeru je bila porazdelitev najboljša pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min., trosilna slika je bila v obliki parabole za razliko od raztrosa pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min., kjer je bila trosilna slika v obliki triglava. Dober koeficient variacije prečne porazdelitve dobimo pri prekrivanju petih posod (KV 6,6 %), najboljši pa pri prekrivanju šestih posod (KV 5,5 %). Prav tako se koeficient vzdolžne porazdelitve gnojila močno izboljša pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min. (KV 5,2 %) v primerjavi z vrtilno frekvenco kardanske gredi 300 vrt./min. (KV 22,1 %) in je nekoliko boljši tudi od poizkusa pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min. (KV 5,6 %). Iz tega sledi, da je raztros gnojila NPK 15 – 15 – 15 s trosilnikom mineralnih gnojil z nihajno cevjo najustrežnejši pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilno frekvenco kardanske gredi 415 vrt./min.

4.1.7 Meritev 7

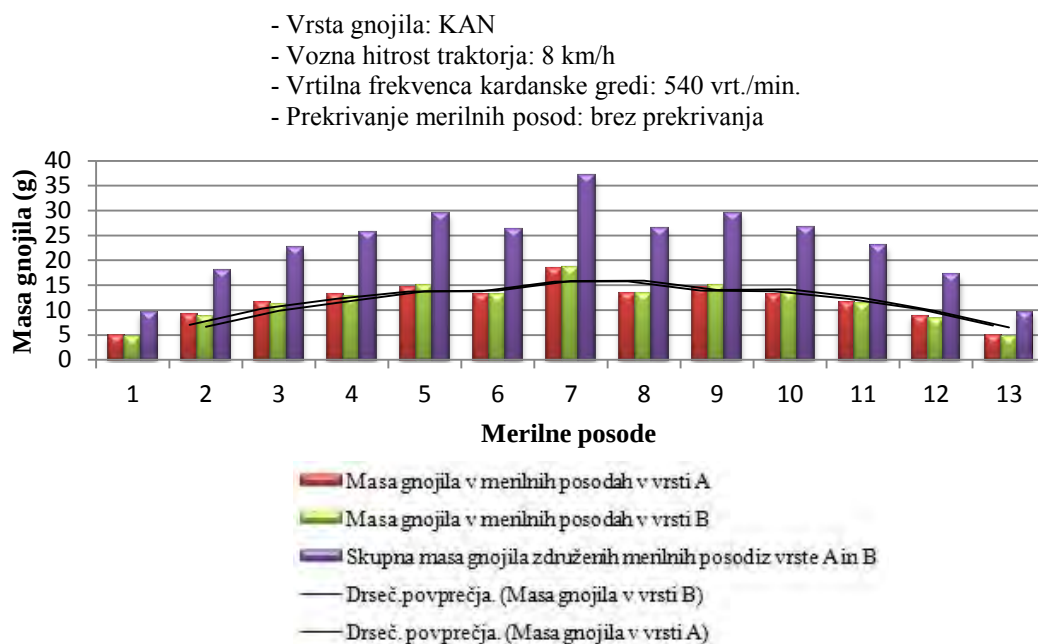
4.1.7.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritev 7

Hitrost vetra med opravljanjem meritve 7 je bila 0,6 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili gnojilo KAN z vsebnostjo dušika 27 %. Traktor se je vozil s hitrostjo 8 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.

4.1.7.2 Rezultati meritev 7

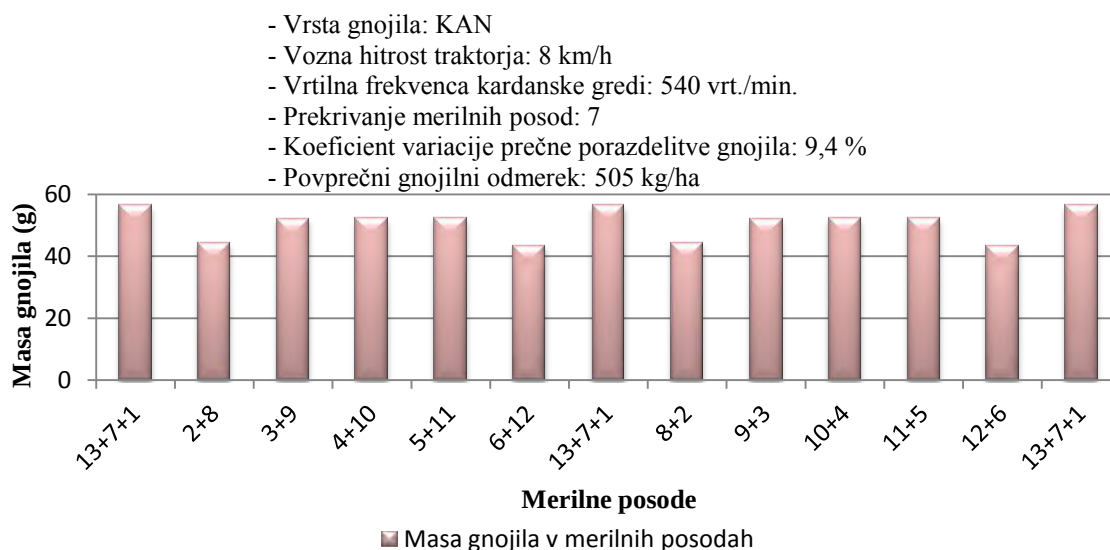
Preglednica 11: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 7

Posoda št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti A (g)	4,856	9,214	11,474	13	14,504	13,124	18,314	13,222	14,56	13,064	11,498	8,878	4,902	
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti B (g)	4,664	8,658	11,084	12,664	14,89	12,976	18,678	13,18	14,902	13,448	11,372	8,27	4,76	
Skupaj gnojila (g)	9,52	17,872	22,558	25,664	29,394	26,1	36,992	26,402	29,462	26,512	22,87	17,148	9,662	
Odstopanje pri vzdolžni razporeditvi gnojila v %	4,117	6,422	3,519	2,653	2,592	1,141	1,949	0,319	2,295	2,855	1,108	7,352	2,983	3,023

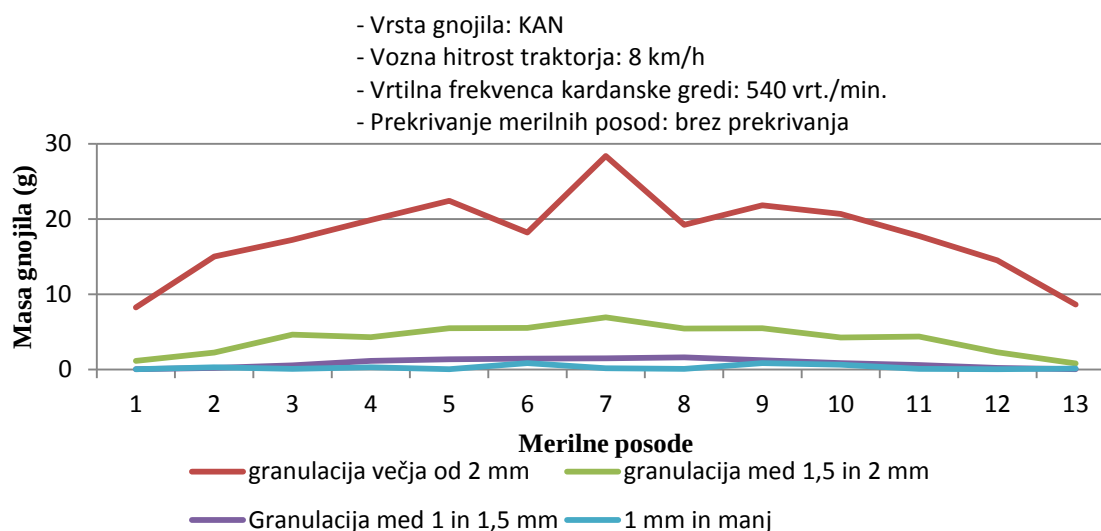


Slika 41: Porazdelitev gnojila KAN pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.

Pri raztrosu gnojila KAN smo ugotovili, da pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min. raztrosi gnojilo v obliki triglava, podobno kot pri NPK 15 – 15 – 15, kar je posledica večje granulacije mineralnega gnojila. Iz slike 41 in preglednice 10 je razvidno, da je koeficient variacije vzdolžne porazdelitve gnojila med 0,3 % in 7,4 %, v povprečju pa 3 %, kar je zelo dobro.



Slika 42: Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 7 in prekrivanju sedmih merilnih posod



Slika 43: Masa gnojila KAN pri prečni porazdelitvi gnojila pri meritvi 7, razvrščena po granulaciji

Iz slike 43 je razvidno, da gnojilo, katerega granule so večje od 2 mm, naredi trosilno sliko v obliki triglava, medtem ko granule med 1,5 mm in 2 mm že kažejo trosilno sliko bolj v obliki parabole. Pri gnojilu z granulacijo med 1 mm in 1,5 mm dobimo trosilno sliko v obliki parabole.

4.1.7.3 Ugotovitve in zaključki meritve 7

Ugotovili smo, da granule gnojila, večje od 2 mm, napravijo trosilno sliko prečne porazdelitve gnojila v obliki triglava in da se pri granulaciji med 1,5 mm in 2 mm že kaže težnja po obliki trosilne slike v obliki parabole, pri granulaciji med 1 mm in 1,5 mm pa je trosilna slika že v obliki parabole. Za ustrezen prečni raztros gnojila s prekrivanjem je nujno, da dobimo trosilno sliko v obliki parabole ali trapeza.

4.1.8 Meritev 8

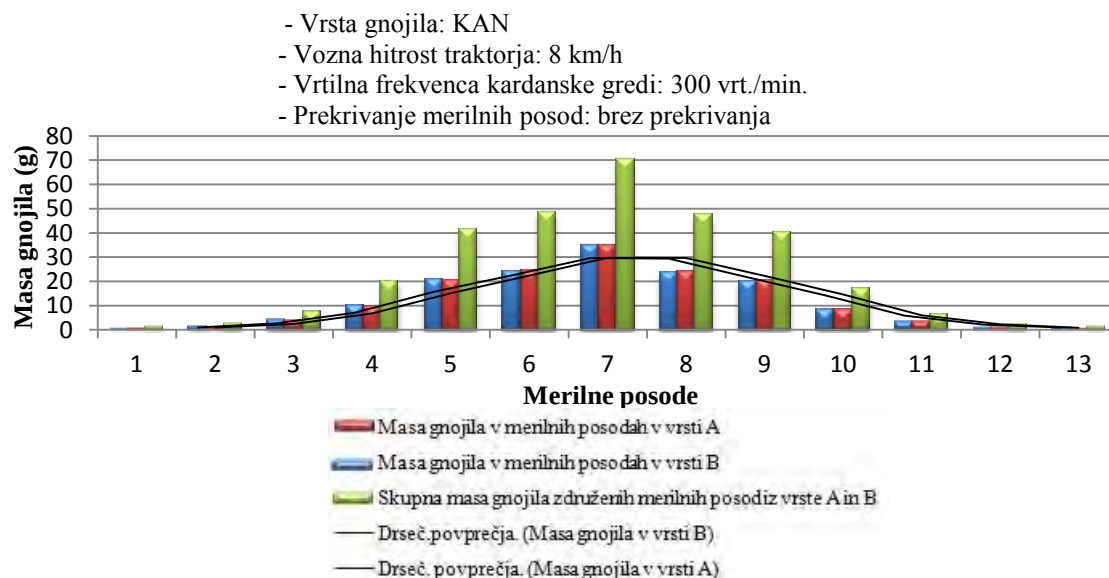
4.1.8.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritev 8

Hitrost vetra med opravljanjem meritev 8 je bila 0,5 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili gnojilo KAN z vsebnostjo dušika 27 %. Traktor se je vozil s hitrostjo 8 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min.

4.1.8.2 Rezultati meritev 8

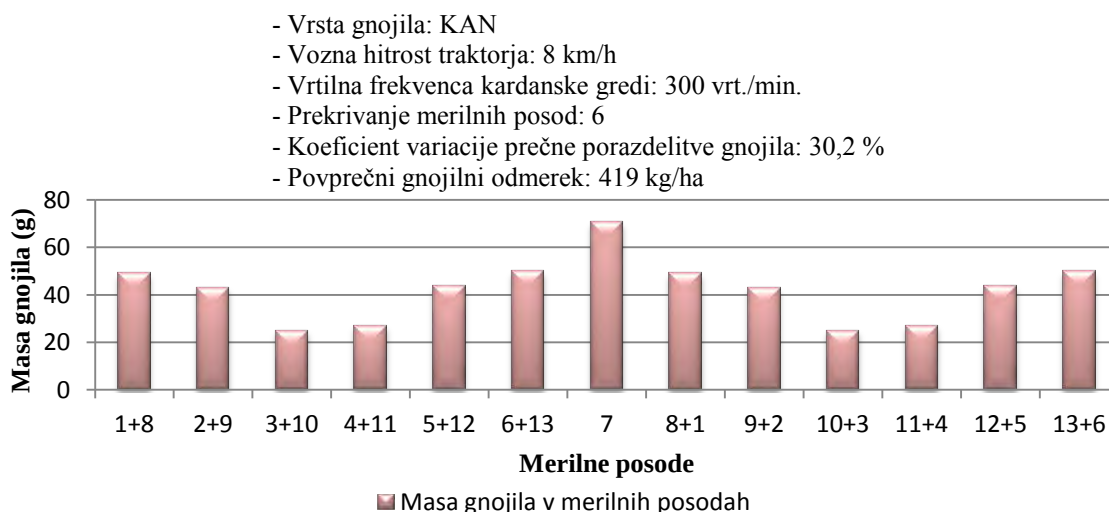
Preglednica 12: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 8

Posoda št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti A (g)	0,536	1,53	3,986	10,242	20,944	24,044	35,146	23,668	19,86	8,466	3,28	1,04	0,822	
Masa gnojila v merilni posodi v vrsti B (g)	0,748	1,17	3,692	9,902	20,372	24,394	35,26	23,904	20,488	8,638	3,418	1,192	0,54	
Skupaj gnojila (g)	1,284	2,7	7,678	20,144	41,316	48,438	70,406	47,572	40,348	17,104	6,698	2,232	1,362	
Odstopanje pri vzdolžni porazdelitvi gnojila v %	28,342	30,769	7,963	3,434	2,808	1,435	0,323	0,987	3,065	1,991	4,037	12,752	52,222	11,548

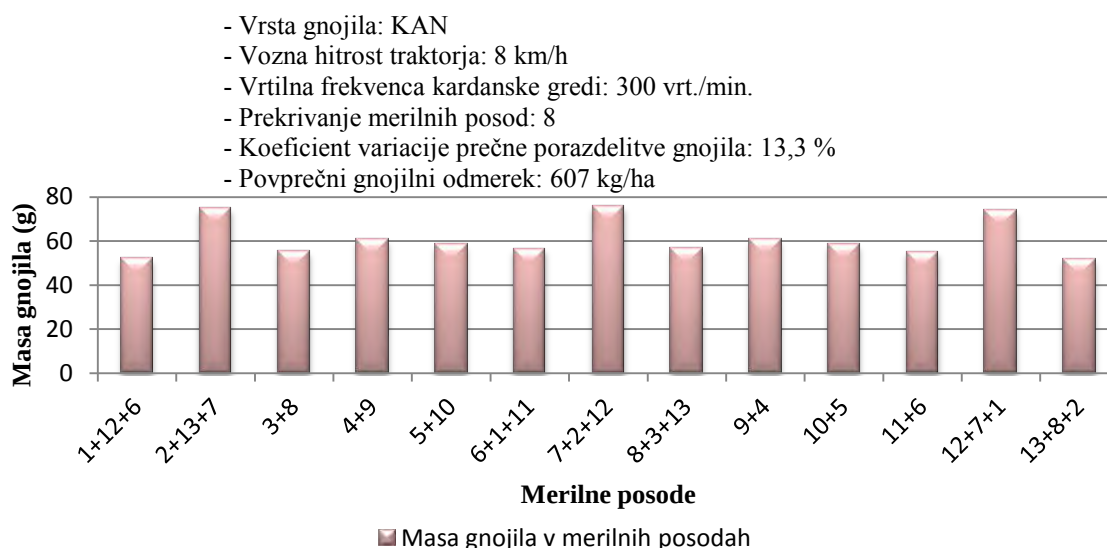


Slika 44: Porazdelitev gnojila KAN pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min.

Iz slike 44 in preglednice 11 je razvidno, da je oblika trosilne slike prečne porazdelitve gnojila v obliki parabole in da se hitro zmanjšuje količina gnojila od sredine proti robu trošenja. Koeficient vzdolžne porazdelitve gnojila je med 0,3 % in 52,2 %. Povprečni koeficient variacije znaša 11,5 %.



Slika 45: Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 8 in prekrivanju šestih merilnih posod



Slika 46: Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 8 in prekrivanju osmih merilnih posod

4.1.8.3 Ugotovitve in zaključki meritve 8

Pri vozni hitrosti 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min. smo dobili trosilno sliko v obliki parabole in najmanjši koeficient variacije prečne porazdelitve gnojila pri prekrivanju osmih posod, in sicer 13,3 %, kar ustreza oceni slabo. Povprečni koeficient vzdolžne porazdelitve gnojila je znašal 11,5 %, kar je posledica večjega koeficienta variacije pri posodah številka 1, 2 in 13, vendar gre pri teh posodah na skrajnih koncih merilnih posod za majhna absolutna odstopanja. Močno se je povečal gnojilni odmerek na hektar v primerjavi s trošenjem pri večjih vrtilnih frekvencah kardanske gredi.

4.1.9 Meritev 9

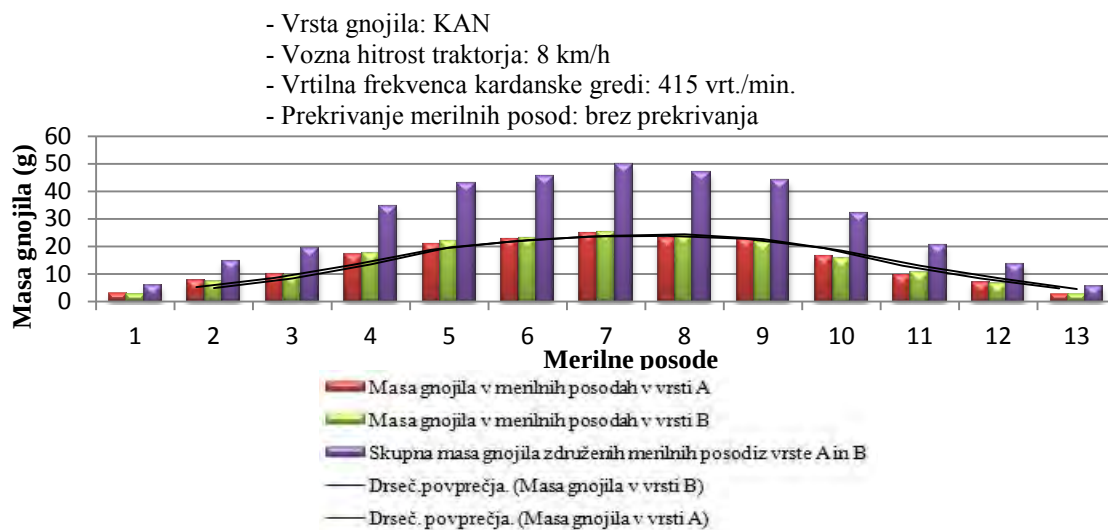
4.1.9.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritve 9

Hitrost vetra med opravljanjem meritev 9 je bila 0,7 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili gnojilo KAN z vsebnostjo dušika 27 %. Traktor se je vozil s hitrostjo 8 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min.

4.1.9.2 Rezultati meritev 9

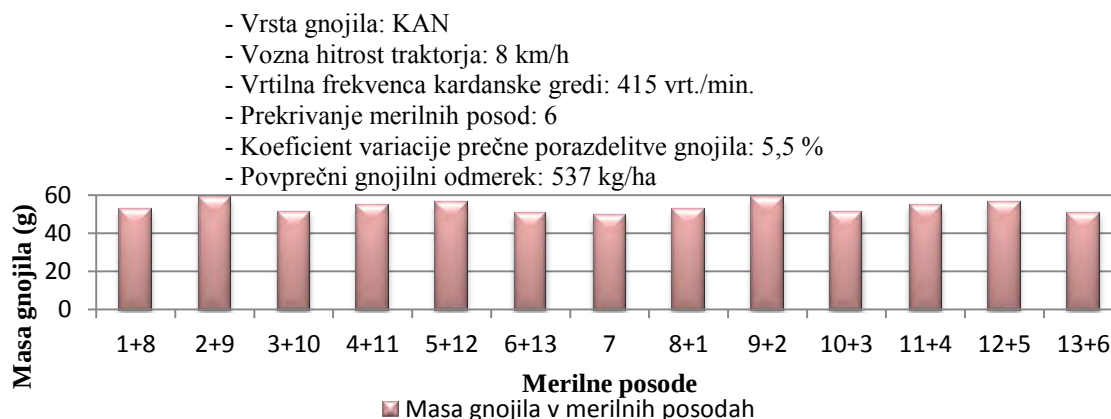
Preglednica 13: Masa gnojila v posamezni merilni posodi in odstopanje v vzdolžni porazdelitvi gnojila med vrstama A in B, pri meritvi 9

Posoda št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Povprečje
Masa gnojila v merilnih posodah v vrsti A (g)	2,9475	7,5145	9,828	16,843	20,81	22,664	24,648	22,966	22,533	16,249	9,7965	6,8958	2,7038	
Masa gnojila v merilnih posodah v vrsti B (g)	2,7744	7,161	9,5809	17,431	21,952	22,721	25,048	23,79	21,5	15,566	10,589	6,416	2,7245	
Skupaj gnojila (g)	5,7219	14,675	19,409	34,274	42,762	45,385	49,696	46,757	44,034	31,815	20,385	13,312	5,4283	
Odstopanje pri vzdolžni porazdelitvi gnojila v %	6,240	4,937	2,579	3,371	5,206	0,248	1,598	3,464	4,806	4,392	7,480	7,479	0,758	4,043

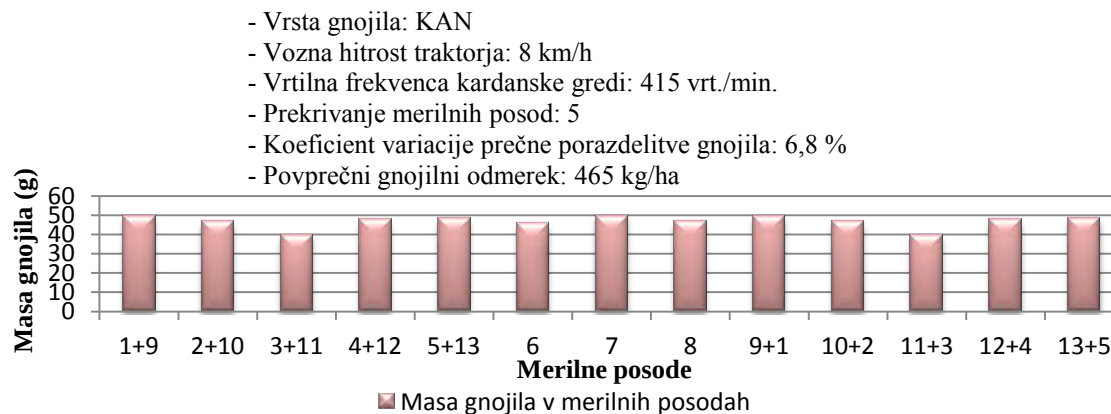


Slika 47: Porazdelitev gnojila KAN pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min.

Iz grafa je razvidno, da je koeficient variacije vzdolžne porazdelitve gnojila med 0,3 % in 7,5 %, v povprečju pa 4 %, kar je zelo dobro. Trosilna slika prečne porazdelitve gnojila je v obliki parabole.



Slika 48: Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 9 in prekrivanju šestih merilnih posod



Slika 49: Prečna porazdelitev gnojila KAN pri meritvi 9 in prekrivanju petih merilnih posod

4.1.9.3 Ugotovitve in zaključki meritve 9

Ugotovili smo, da je prečni raztros gnojila KAN 27 % pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min. dober, saj je pri prekrivanju šestih merilnih posod koeficient variacije znašal 5,5 %. Zadovoljiv koeficient variacije prečne razporeditve je tudi pri prekrivanju petih posod, in sicer 6,8 %.

4.1.10 Meritev 10

4.1.10.1 Razmere in pogoji med opravljanjem meritev 10

Hitrost vetra med opravljanjem meritev 10 je bila 0,8 m/s z leve smeri pod kotom 90 stopinj glede na smer vožnje. Za poskus smo uporabili apno. Traktor se je vozil s hitrostjo 8 km/h pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min.

4.1.10.2 Rezultati meritev 10



Slika 50: Na sliki poizkus s prašnatim gnojilom

4.1.10.3 Ugotovitve in zaključki meritve 10

Pri poizkusu z apnom smo ugotovili, da trosilnik ni primeren za nanos prašnatih gnojil na površino, saj je bilo na površini, ki smo jo želeli poapniti, zelo malo apna in mnogo ga je bilo v zraku in na drugih okoliških površinah, ki jih nismo želeli apniti.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Vse meritve so pokazale, da je trosilnik mineralnih gnojil Vicon Creina PS502 lahko zelo ustrezen stroj za raztros gnojila, vendar je potrebno dobro načrtovanje gnojenja in voznih poti že pri setvi na njivi glede na to, katero gnojilo bomo uporabili za dognojevanje z mineralnimi gnojili. Potrebno je poznavanje delovanja stroja in gnojila, ki ga bomo trosili, da nastavimo trosilnik glede na vrsto gnojila, želen odmerek gnojila, širino izmeta, in izbrati ustrezno vozno hitrost in vrtilno frekvenco kardanske gredi. Trosilnik pa ni primeren za nanos prašnatih gnojil na površino.

Najmanjši koeficienti variacije prečne porazdelitvi gnojila, ki smo jih dobili pri poizkusih, znašajo za sečnino 3 %, za NPK (15 – 15 – 15) 5,6 % in za KAN (27 %) 5,5 %, kar je vse zelo ustrezno in zato lahko rečemo, da je z omenjenim trosilnikom možna zelo dobra prečna distribucija mineralnega gnojila, vendar je za takšne rezultate potrebno veliko načrtovanja in meritev pred trošenjem in pozornosti in natančnosti pri trošenju.

Granulacija gnojila vpliva na obliko trosilne slike, saj trosilno sliko v obliki parabole pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min. dobimo pri gnojilu z granulacijami do 1,5 mm. Granulacija gnojila nad 2 mm pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 540 vrt./min. naredi trosilno sliko v obliki triglava in je zato pri takšnih granulacijah gnojil treba zmanjšati vrtilno frekvenco kardanske gredi. Pri našem poizkusu je bila optimalna vrtilna frekvenca kardanske gredi 415 vrt./min., da smo dobili ustrezno obliko trosilne slike v obliki parabole, pri kateri smo s prekrivanjem dobili ustrezen koeficient variacije raztrosa (KV 5,5 % do 5,6 %).

Pri vozni hitrosti 8 km/h smo dobili ustrezne rezultate pri prilagojeni vrtilni frekvenci kardanske gredi vrsti gnojila, pri večjih voznih hitrostih, to je 12 km/h, in vrtilni frekvenci kardanske gredi 600 vrt./min. se je povečala širina izmeta gnojila in zmanjšal hektarski odmerek gnojila. Prav tako se ni dalo s prekrivanjem dobiti ustrezno majhnega koeficienta variacije prečne porazdelitve.

Z vožnjo traktorja 8 km/h in vrtilno frekvenco kardanske gredi 300 vrt./min. smo dobili sicer trosilno sliko v obliki parabole, vendar s prekrivanjem nismo uspeli dobiti dobre prečne porazdelitve gnojila in majhnega koeficienta variacije prečne porazdelitve gnojila. Najmanjše vrednosti koeficienta variacije pri vrtilni frekvenci kardanske gredi 300 vrt./min. smo dobili za NPK 12,4 %, za KAN 13,3 % in za sečnino 12,7 %, kar ni najboljše.

Pri vzdolžni porazdelitvi gnojila se je trosilnik Vicon Creina PS502 izkazal za ustreznega, saj so povprečni koeficienti variacije vzdolžne porazdelitve gnojila znašali za sečnino 5,4 %, za NPK 5,2 % in za KAN 4 % pri tisti vozni hitrosti in vrtilni frekvenci kardanske gredi, kjer je bila tudi prečna porazdelitev gnojila ustrezna.

Proizvajalci danes na trgu že ponujajo sodobne trosilnike mineralnih gnojil, pri katerih so delovne širine velike, vendar se moramo vprašati, ali je mogoče na velikih delovnih širinah (večjih od 30 m) zagotoviti koeficient variacije prečnega razdeljevanja gnojila pod 10 %. Pri novejših trosilnikih nam ni treba biti pozoren na prekrivanje delovne širine trosilnika,

saj s pomočjo sistema GPS zaznava, kje smo gnojilo že nanegli in kje ne. Prav tako je elektronsko reguliran gnojilni odmerek in ga lahko med vožnjo enostavno spreminjamo. Sodobni trosilniki s pomočjo senzorjev, ki zaznavajo količino klorofila v rastlinah, sami spreminjajo odmerek gnojila glede na potrebe rastlin. Novi sistemi s trošenjem na mejnih območjih oziroma robovih njive nam prav tako omogočajo dobro porazdelitev gnojila na robovih parcel. Omenjeni sodobni sistemi so dragi in si jih na majhnih in srednje velikih kmetijah ni mogoče privoščiti, vendar nam takšni trosilniki lahko prihranijo veliko denarja, zato je smiselno, da se majhne in srednje velike kmetije združujejo v različne strojne krožke in tako povečajo prihodke in zmanjšujejo stroške tudi s sodobnimi trosilniki mineralnih gnojil.

6 POVZETEK

Za izboljšanje rodovitnosti kmetijskih zemljišč je gnojenje z mineralnimi gnojili eden izmed najučinkovitejših ukrepov in za doseganje visokih hektarskih donosov nujen ukrep. Za dobro porazdelitev gnojila po površini pa potrebujemo ustrezen stroj, s katerim lahko zagotovimo kakovostno trošenje.

Za analizo delovanja trosilnika Vicon Creina PS502 sem se odločil, ker so v Sloveniji takšni trosilniki z nihalno cevjo precej pogosti in ker jih izdelujemo v Sloveniji. Namen je bil analizirati delovanje trosilnika z nihalno cevjo in ugotoviti, ali je s tem trosilnikom mogoče kakovostno razporediti različna gnojila po površini in pod katerimi pogoji. Analizo delovanja smo opravljali po navodilih ISO standarda 5690/1. Za meritve smo uporabili trosilnik Vicon Creina PS502, traktor Landini 75, mehansko analizo tehniko Mettler, posode dimenzij 1000 mm x 250 mm x 150 mm, sita različnih perforacij, areometer, mineralna gnojila KAN 27 %, NPK 15 – 15 – 15, 46 % sečnino in raven teren. Posode smo postavili eno zraven druge v dve vrsti na dolžini 13 m in z vnaprej določenimi nastavitvami trosilnika in traktorja peljali preko posod z vnaprej določeno konstantno hitrostjo in frekvenco vrtenja kardanske gredi. Pri tem je gnojilo padalo v posode, iz katerih smo gnojilo zbrali v lončke in jih stekali na tehtnici na mg natančno. Tako smo dobili podatke o raztrosu gnojila po površini, ki smo jih uporabili za analizo delovanja trosilnika.

Rezultati so pokazali, da trosilnik Vicon Creina PS 502 zelo enakomerno raztrosi gnojilo po površini, če vnaprej načrtujemo gnojenje z mineralnimi gnojili in prilagodimo vozne poti vrsti gnojila, ki ga bomo uporabljali na posevkih, glede na delovno širino trosilnika, ki je lahko različna pri nastavitvah, ki omogočajo raztros gnojila z majhnim koeficientom variacije prečne porazdelitve. Trosilnik pa ni primeren za nanos prašnatih gnojil.

Optimalno trošenje gnojila sečnine je pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilne frekvence kardanske gredi 540 vrt./min. Prekrivamo 6 m in delovna širina pri teh nastavitvah znaša 7 m. Pod temi pogoji dosežemo koeficient variacije prečne razporeditve gnojila 3 %.

Optimalno trošenje gnojila NPK 15 – 15 – 15 je pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min. Prekrivamo 6 m metalne širine in delovna širina pri teh nastavitvah znaša 7 m. Pod temi pogoji dosežemo koeficient variacije prečne porazdelitve gnojila 5,6 %.

Optimalno trošenje gnojila KAN 27 % je pri vozni hitrosti traktorja 8 km/h in vrtilni frekvenci kardanske gredi 415 vrt./min. Prekrivamo 6 m in delovna širina pri teh nastavitvah znaša 7 m. Pod temi pogoji dosežemo koeficient variacije prečne razporeditve gnojila 5,5 %. Kot vidimo, lahko NPK 15 – 15 – 15, KAN 27 % in sečnino trosimo pri zgoraj navedenih pogojih, vse s prekrivanjem 6 m pri isti delovni širini, to je 7 m.

Dokazali pa smo tudi, da zgolj ustrezen stroj ni dovolj za dobro razporeditev gnojila, ampak je potrebno tudi skrbno načrtovanje prekrivanja pri trošenju, poznavanje gnojila in njegovih fizikalnih lastnosti, zlasti granulacije. Treba je izbrati tudi primerno vozno hitrost in vrtilno frekvenco kardanske gredi glede na vrsto gnojila oziroma granulacijo. Če kateri koli izmed teh pogojev ni izpolnjen, se kakovost raztrosa močno poslabša in iz potencialno ustreznega trosilnika dobimo popolnoma neustrezno razporeditev gnojila po površini, kar

pa se kaže v onesnaževanju okolja zlasti podtalnice, kakovostno in količinsko neustreznem pridelku in ekonomsko potratnem kmetovanju, saj kupljena gnojila izkoristimo slabo, pogosto pa tudi v škodo končnemu pridelku.

7 VIRI

- Bernik R. 2005. Tehnika v kmetijstvu: obdelava tal, setev, gnojenje. Ljubljana, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 138 str.
- ISO 5690/1. 1985. Equipment for distributing fertilizers – Test methods – Part 1: Full width fertilizer distributors: 13 str.
- Košmelj K. 2001 Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 249 str.
- Leskošek M. 1993. Gnojenje, Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 197 str.
- Priročnik za uporabo in vzdrževanje traktorja Landini alpine 65,75,85. Izdaja št. 3681. 2004. Italija, Landini: 172 str.
- Sagadin M. in Vajs S. 2008. Nastavitev in preizkus trosilnikov mineralnih gnojil, Kmetovalec, 3: 10 – 12
- Svenson J. E. T 1990. Pneumatic fertilizer spreaders. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering: 63 str.
- Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov, Ur. l. RS. št. 113/09
- Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla, Ur. l. RS. št. 84/05
- Broke W. H. 2002. Justus von Liebig: The Chemical Gatekeeper. Cambridge, University Press: 396 str.

ZAHVALA

Za pomoč, strokovne nasvete in potrpežljivost pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju, prof. dr. Rajku Berniku.

Zahvaljujem se recenzentu in članu komisije za zagovor, doc. dr. Roku Miheliču in predsedniku komisije, prof. dr. Francu Batiču.

Iskreno se zahvaljujem staršem, da so mi omogočili študij, me spodbujali, podpirali in pomagali v času študija. Diploma naj jim bo v zahvalo in ponos.

Zahvaljujem se sestri Katji za njen prispevek in pomoč v času študija.

Za podporo, pomoč in spodbudo se zahvaljujem starim staršem - tatu Petru in mami Hildi ter vsem drugim sorodnikom, ki so mi stali ob strani.

Za pomoč pri izvedbi poizkusov se zahvaljujem družini Jug.

Zahvala gre tudi vsem prijateljicam in prijateljem, ki so mi bili v oporo v času študija.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

David JEKOVEC

**ANALIZA DELOVANJA TROSILNIKA
MINERALNIH GNOJIL**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2012