

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Marija V. Gavrilović

UTICAJ FIZIČKIH OSOBINA
MINERALNIH ĐUBRIVA NA KVALITET
RADA CENTRIFUGALNIH RASIPAČA I
ENERGETSKI BILANS
BILJNE PROIZVODNJE

Doktorska disertacija

Beograd, 2016.

UNIVERSITY OF BELGARDE
FACULTY OF AGRICULTURE

Marija V. Gavrilović

**INFLUENCE OF PHYSICAL PROPERTIES
OF MINERAL FERTILIZERS
ON THE CENTRIFUGAL SPREADERS
WORKING QUALITY AND ENERGY
BALANCE OF THE PLANT PRODUCTION**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016.

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Mentor: _____
dr Aleksandra Dimitrijević, docent
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Članovi komisije:

dr Zoran Mileusnić, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Rajko Miodragović, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Milivoj Radojičin, docent
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet

dr Radojka Maletić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Izražavam veliku zahvalnost svima koji su mi pružili pomoć i podršku tokom izrade doktorske disertacije:

- Na prvom mestu mom suprugu Đorđu, deci Kostu i Ognjenu, mojim i suprugovim roditeljima, na bezgraničnom razumevanju, toleranciji i podršci u svakom smislu;
- Mentoru dr Aleksandri Dimitrijević na stručnoj pomoći i uspešnom vođenju pri izradi disertacije, kao i savetima i tehničkoj podršci;
- Članovima komisije, posebno prof. dr Zoranu Mileusniću za sve sugestije i predloge, koji su mi pomogli da rad uspešno privedem kraju;
- Prof. dr Radojki Maletić na pomoći prilikom statističke obrade podataka;
- Prof. dr Milanu Đeviću, na entuzijazmu i poverenju koje je imao u mene;
- Dr Sveti Rakiću, Višem Naučnom Saradniku, na nesebičnoj pomoći u novim naučnim saznanjima, koja mi je omogućio tokom izrade doktorske disertacije.

UTICAJ FIZIČKIH OSOBINA MINERALNIH ĐUBRIVA NA KVALITET RADA CENTRIFUGALNIH RASIPAČA I ENERGETSKI BILANS BILJNE PROIZVODNJE

REZIME

Savremena poljoprivredna proizvodnja se ne može zamisliti bez primene đubriva, posebno sa aspekta boljeg korišćenja biološkog potencijala rodosti biljaka koje čovek uzgaja. U protivnom, prinosi bi se značajno smanjivali, bez obzira na primenu svih drugih agrotehničkih mera, kao što su obrada zemljišta, zaštita i nega useva, navodnjavanje...

Rad predstavlja rezultat višegodišnjeg ispitivanja ravnomernosti distribucije mineralnih đubriva pomoću centrifugalnih rasipača, kao i zavisnosti energetskog bilansa biljne proizvodnje od karakteristika primenjivanih đubriva. Program istraživanja obuhvatio je praćenje tri različita rasipača u radu sa četiri tipa mineralnih đubriva. Cilj istraživanja disertacije je bio određivanje fizičko – mehaničkih osobina različitih mineralnih đubriva, koja se koriste u biljnoj proizvodnji i analiza njihovog uticaja na kvalitet aplikacije. Istraživanje je takođe imalo za cilj utvrđivanje razlike u kvalitetu aplikacije u slučaju korišćenja različitih tipova granuliranih mineralnih đubriva i da se za svako korišćeno mineralno đubrivo odredi energetski bilans njegove primene kao i energetski bilans celokupnog ciklusa biljne proizvodnje.

Poljskim ogledima i eksploativnim praćenjem u tri sezone utvrđeni su pokazatelji kvaliteta rada tehničko – tehnoloških sistema za distribuciju granuliranih mineralnih đubriva:

- Prosečne vrednosti koeficijenta varijacije prilikom rasipanja mineralnih đubriva najniže su za MAP (od 6,70 % do 12,16 %). Sledi NPK (od 10,55 % do 16,15 %), Urea (od 11,06 % do 16,64 %) i KAN (od 12,49 % do 20,18 %).
- Norme rasipanja najpribližnije zadatim postignute su u toku rasipanja MAP-a (bez obzira na korišćeni rasipač). U slučaju Uree su najveća odstupanja od zadatih normi.

Dobijeni rezultati tokom ispitivanja fizičko – mehaničkih osobina primenjivanih mineralnih đubriva pokazuju da đubriva koja imaju najveći procenat granula prečnika

između 3,3 mm i 4,75 mm imaju najveće uglove trenja i nasipanja, kao i dobru otpornost prema lomu granule.

Dobijeni rezultati tokom ispitivanja energetskog bilansa proizvodnje šest ratarskih kultura tokom tri proizvodne sezone pokazuju da je šećerna repa najveći potrošač energije u proizvodnji i takav trend je prisutan iz sezone u sezonu. Najmanje energetskih inputa je utrošeno u proizvodnji soje, slede semenski suncokret i ječam, a kukuruz i pšenica su na vrhu po energetskoj potrošnji (iza šećerne repe).

Optimizacijom putem metode linearnog programiranja ustanovljeno je da najveći procenat obradivog zemljišta sa potrošnjom energije koja je utvrđena, treba da bude pod žitaricama. Setva suncokreta i šećerne repe sa takvom potrošnjom energije se svodi na optimalnu površinu, kako bi se ispoštovao plodored. Drugo rešenje je promena potrošnje energije za ove dve kulture, što bi povećalo i njihov udeo u optimalnom modelu ratarske proizvodnje.

Rezultati analize ukazuju na to da je intenzivna biljna proizvodnja nezamisliva bez primene mineralnih đubriva. Da bi ona bila opravdana, kako u ekonomskom, tako i u energetskom smislu, mora se kombinovati izbalansirana fertilizacija sa savremenim tehničko – tehnološkim sistemima, uz redovne hemijske analize zemljišta i rad na proizvodnji đubriva što boljih karakteristika.

Ključne reči: mineralna đubriva, fizičke osobine, centrifugalni rasipači, ravnomernost distribucije, energetski input, energetski output, energetski bilans, optimizacija.

Nučna oblast: Biotehničke nauke

Uža naučna oblast: Poljoprivredna tehnika

UDC: 631.82:631.333.5:66.012.3 (043.3)

INFLUENCE OF PHYSICAL PROPERTIES OF MINERAL FERTILIZER ON THE CENTRIFUGAL SPREADERS WORKING QUALITY AND ENERGY BALANCE OF THE PLANT PRODUCTION

SUMMARY

Modern agricultural production can not be imagined without the use of fertilizers, particularly in terms of better utilization of plants biological yield potential. Otherwise, yields would be significantly decreased, despite the use of all other agricultural practices such as tillage, protection and care of crops, irrigation ...

This work is the result of three-years experiment on testing the uniformity of mineral fertilizers distribution of by using centrifugal spreaders. The work also gives the results on correlation of the energy balance of crop production and the characteristics of applied fertilizers. The research program included the monitoring of three different spreaders in application of four different types of mineral fertilizers. The aim of the research within this thesis was to determine the physical - mechanical properties of various mineral fertilizers, which are used in crop production and analysis of their impact on the quality of applications. The study was also aimed at determining the differences in the quality of applications in the case of using different types of granular fertilizers and to determine the energy balance of its application, as well as the energy balance of the entire cycle of crop production.

Field testing and exploitation monitoring in three seasons provided the indicators of the quality of technical - technological systems for the distribution of granulated mineral fertilizers:

- Average value of the coefficient of variation in distribution of fertilizers are the lowest for MAP (from 6.70% to 12.16%), NPK follows (from 10.55% to 16.15%), urea (from 11.06% to 16.64%) and KAN (from 12.49% to 20.18%).

- Standards scattering closest default were achieved during the dissipation of the MAP (regardless of fertilizer used). In the case of urea are the largest deviation from the set norms.

Results of tests obtained during the physical - mechanical properties of applied mineral fertilizers show that the fertilizers that have the highest percentage of granules with a diameter between 3.3 mm and 4.75 mm have a maximum angle of friction and ballast, as well as good resistance to breakage granules.

The results obtained during the examination of the energy balance of production of six field crops during the three production seasons shows that sugar beet is largest consumer of energy in production and such a trend is present from season to season. At least the energy inputs consumed in the production of soybeans, sunflower seed followed and barley also. Corn and wheat are the pinnacle of energy consumption (after sugar beet).

Optimization by linear programming methods was found that the highest percentage of arable land with energy consumption that is determined, should be under cereals. The sowing of sunflower and sugar beet with such power consumption is reduced to an optimal surface, to comply with crop rotation. Another solution is to change the energy consumption of these two cultures, which would increase their share of the optimal model of agricultural production.

Results of the analysis indicate that the intensive crop production is unthinkable without the use of mineral fertilizers. Order to be justified, both in economic and in terms of energy, it must be balanced fertilization combined with modern technical - technological systems, in addition to regular chemical analyzes of soil and work on production of fertilizers with the best possible performance.

Key words: fertilizers, physical properties, centrifugal spreaders, distribution uniformity, energy input, energy output, energy balance, optimization.

Scientific field: Biotechnical sciences

Filed of research: Agricultural engineering

UDC: 631.82:631.333.5:66.012.3 (043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1 Značaj đubrenja.....	1
1.2 Uticaj đubriva na zemljište i vode.....	2
1.3 Đubrenje i otpornost biljaka prema bolestima i štetočinama	3
1.4 Uticaj đubrenja na prinose poljoprivrednih kultura	3
1.5 Tehnički aspekti aplikacije mineralnih đubriva.....	3
1.6 Mineralna đubriva i energetska produktivnost poljoprivredne proizvodnje	4
1.7 Proizvodnja, promet i potrošnja đubriva u Srbiji.....	4
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	6
3. PREDMET I PROGRAM ISTRAŽIVANJA	13
4. NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA.....	14
5. OSNOVNE HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	15
6. MATERIJAL I METOD	16
6.1 Osnovni podaci o gazdinstvu	16
6.2 Mineralna đubriva	16
6.3 Tehnički sistemi aplikacije	17
6.4 Ispitivanje ravnomernosti aplikacije	19
6.5 Preračunavanje potrebnog preklapanja prohoda.....	20
6.6 Tehnički opis laboratorijske opreme	21
6.7 Energetski pokazatelji proizvodnje	23
6.8 Statistička obrada podataka	24
6.9 Optimizacija biljne proizvodnje linearnim programiranjem	27
7. REZULTATI I DISKUSIJA.....	29
7.1 Tehnologija gajenja ratarskih kultura.....	29
7.1.1 Tehnologija gajenja kukuruza.....	29
7.1.2 Tehnologija gajenja suncokreta	29
7.1.3 Tehnologija gajenja šećerne repe	30
7.1.4 Tehnologija gajenja soje	30
7.1.5 Tehnologija gajenja ozime pšenice	31

7.1.6 Tehologija gajenja ozimog ječma	31
7.2 Distribucija đubriva.....	32
7.2.1 Kretanja čestica mineralnih đubriva.....	33
7.2.2 Ispitivanje ravnomernosti aplikacije	44
7.2.2.1 Ravnomernost aplikacije mineralnog đubriva UREA.....	47
7.2.2.2 Fizičko-mehaničke osobine granula mineralnog đubriva UREA	57
7.2.2.3 Ravnomernost aplikacije mineralnog đubriva KAN	63
7.2.2.4 Fizičko-mehaničke osobine mineralnog đubriva KAN.....	74
7.2.2.5 Ravnomernost aplikacije mineralnog đubriva NPK.....	77
7.2.2.6 Fizičko-mehaničke osobine mineralnog đubriva NPK.....	87
7.2.2.7 Ravnomernost aplikacije mineralnog đubriva MAP	91
7.2.2.8 Fizičko-mehaničke osobine mineralnog đubriva MAP	101
7.2.3 Statistička analiza dobijenih rezultata	105
7.2.3.1 Ravnomernost aplikacije	105
7.2.3.2 Granulacija mineralnih đubriva.....	108
7.2.3.3 Ugao trenja mineralnih đubriva	112
7.2.3.4 Statički i dinamički ugao nasipanja.....	114
7.2.3.5 Čvrstoća granule.....	116
7.3 Energetski pokazatelji biljne proizvodnje	119
7.3.1 Energetski bilans proizvodnje kukuruza	123
7.3.2 Energetski bilans proizvodnje semenskog suncokreta	125
7.3.3 Energetski bilans proizvodnje šećerne repe.....	128
7.3.4 Energetski bilans proizvodnje soje.....	131
7.3.5 Energetski bilans proizvodnje ozime pšenice	134
7.3.6 Energetski bilans proizvodnje ozimog ječma	137
7.3.7 Uporedni rezultati analize energetskog bilansa za šest kultura	140
7.3.8 Utrošak energije pri transportu, manipulaciji i aplikaciji mineralnih đubriva.....	142
7.3.9 Statistička analiza dobijenih rezultata	146
7.4 Optimizacija biljne proizvodnje i aplikacije mineralnih đubriva	152
7.4.1 Optimizacija biljne proizvodnje.....	152
7.4.2 Optimizacija aplikacije mineralnih đubriva.....	158
7.4.2.1 Optimizacija aplikacije mineralnog đubriva UREA	158

7.4.2.2 Optimizacija aplikacije mineralnog đubriva KAN.....	160
7.4.2.3 Optimizacija aplikacije mineralnog đubriva NPK	161
7.4.2.4 Optimizacija aplikacije mineralnog đubriva MAP.....	163
8. ZAKLJUČCI.....	166
9. LITERATURA	170
10. BIOGRAFIJA	181
11. PRILOZI.....	182

1. UVOD

1.1 Značaj đubrenja

Savremena poljoprivredna proizvodnja ne može se zamisliti bez primene đubriva, posebno sa aspekta boljeg korišćenja biološkog potencijala rodnosti biljaka koje čovek uzgaja. U protivnom, prinosi bi se značajno smanjivali, bez obzira na primenu svih drugih agrotehničkih mera, kao što su obrada zemljišta, zaštita i nega useva, navodnjavanje...

Za značaj primene đubriva u ishrani biljaka znalo se od davnina. Još su stari Rimljani zapažali pozitivan uticaj životinjskog izmeta na rast i razvoj biljaka. Pored toga, uočili su i da neke mineralne materije, kao što su kreč ili pepeo, takođe imaju slično dejstvo. Po nekim zapisima, u faraonskom Egiptu su primenjivali zelenišno đubrenje i time unapređivali poljoprivrednu proizvodnju.

Smatra se da azotna đubriva imaju najveće dejstvo na formiranje prinosa biljaka (McCosh, 1984). U ranijim istraživanjima pominje se i, tzv. „zakon minimuma“ po kome „elemenat koji u potpunosti nedostaje ili se nalazi u nedovoljnoj količini, sprečava druga hranivljiva jedinjenja da proizvedu svoj efekat, odnosno, prinos zavisi od onog neophodnog elementa koji je u „minimumu“ (Brock, 2002).

Eksploatacija i primena đubriva počela je u prvoj polovini devetnaestog veka, ali značajnija proizvodnja i primena u svetu počela je posle Drugog svetskog rata. Između 1961. i 2011. godine svetska populacija je porasla sa 3,1 na 6,8 milijardi ljudi. U istom periodu, globalna proizvodnja hrane porasla je sa 900 na 2 500 Mt, dok je sa povećanjem učešća đubriva u biljnoj proizvodnji poraslo sa 30 na preko 150 Mt (FAO i IFA, 2012).

U dosadašnjoj poljoprivrednoj praksi fertilizaciona vrednost đubriva je ocenjivana samo na osnovu njihovog uticaja na povećanje prinosa biljnih kultura i eventualno na njihov kvalitet. Međutim, sa napretkom svih privrednih grana, pa i poljoprivrede, sve se više analizira aspekt utroška energije u proizvodnje đubriva u odnosu na energiju koja je sadržana u povećanom prinosu organske materije gajenih

biljaka. Takođe, izuzetna pažnja se poklanja i ostalim procesima u radu sa đubrivima, kao što su njihov transport, skladištenje i manipulacija, što takođe utiče na krajnji energetski bilans proizvodnje. Pored ovoga, analizira se i ukupan utrošak energije u biljnoj proizvodnji. U ukupnom utrošku energije udeo mineralnih đubriva može dostići i 50 %. Ovo predstavlja još jedan od ključnih razloga da se đubrenju, kao agrotehničkoj meri, posveti dodatna pažnja i da se teži njegovoj racionalizaciji, a sve u cilju ekonomski isplative i ekološki opravdane proizvodnje.

Misija poljoprivrede je nešto složenija od puke proizvodnje poljoprivrednih proizvoda. Održivi poljoprivredni razvoj sve više se fokusira na održavanje kvaliteta ljudskog zdravlja, prateći ciljeve zdravog i produktivnog ljudskog životnog veka, a sve u kontekstu rastuće ljudske populacije. Proizvodnja dovoljnih količina hrane i industrijskih biljnih sirovina, kako za postojeću populaciju, tako i za generacije koje dolaze, predstavlja jedan od najvažnijih zadataka društva.

1.2 Uticaj đubriva na zemljište i vode

Primena mineralnih đubriva u biljnoj proizvodnji ima izuzetno veliki uticaj na stabilnost prinosa i kvalitet biljaka i veoma je važno svake godine nadoknađivati makro i mikroelemente neophodne za rast i razvoj biljaka. Vrlo često se ovom procesu pristupa bez prethodno izvršenih hemijskih analiza zemljišta, što izaziva negativne posledice kako na samo zemljište, tako i na sastav površinskih i podzemnih voda. Navedene posledice nastaju prvenstveno usled prekomerne upotrebe mineralnih đubriva, posebno onih visoko koncentrovanih. Čest je slučaj da se aplikacija obavlja nestručno, sa bespotrebno visokim količinama đubriva, a da se time ne postiže očekivano visok prinos. Kada se primenjuju đubriva sa visokim sadržajem lako mobilnih formi osnovnih i sekundarnih elemenata dolazi do degradacionih procesa i smanjenja plodnosti zemljišta.

Đubrivo koje usev ne iskoristi dospeva u životnu sredinu kroz zemljište u podzemne i površinske vode, gde izaziva najveće štete. Zagađenje vodotokova nitratima je najšire rasprostranjeno i dostiže vrlo visoke koncentracije u mnogim zemljama sveta.

1.3 Ďubrenje i otpornost biljaka prema bolestima i štetočinama

Ďubriva imaju još jednu važnu ulogu u životu biljaka, a to je da podstiču njihov metabolizam i upućuju ga u određenom pravcu. Taj pravac u kom je usmeren promet određenih materija povećava otpornost biljnih organizama. U ovome prednjače fosforna i kalijumova Ďubriva, koja ubrzavaju sazrevanje biljaka, a samim tim omogućavaju da one odole napadima određenih grupa insekata. Mineralna hraniva povećavaju i sposobnost fermentacije određenih materija u biljkama, a time se poboljšava njihova otpornost na bolesti koje izazivaju virusi i gljive.

1.4 Uticaj Ďubrenja na prinose poljoprivrednih kultura

Jedan od najboljih pokazatelja uspešnosti biljne proizvodnje jeste stabilnost prinosa gajenih kultura. Cilj nije postići maksimalne prinose uz upotrebu prekomerne količine mineralnih Ďubriva, što ima negativne posledice kako po ekologiju, tako i po ekonomičnost i energetska efikasnost proizvodnje biljnih kultura, već je cilj postići optimalan prinos, ekonomski najisplativiji, a istovremeno i zaštititi životnu sredinu. Potrebno je imati u vidu da na povećanje prinosa najveći uticaj imaju samo prve upotrebene količine mineralnih Ďubriva i da je svaka dalja jedinica hraniva manje uspešna.

1.5 Tehnički aspekti aplikacije mineralnih Ďubriva

Upotreba mineralnih Ďubriva u savremenoj biljnoj proizvodnji je nezaobilazan segment, koji u velikoj meri utiče na krajnje efekte procesa. Sama proizvodnja Ďubriva zahteva velika energetska ulaganja, što dalje utiče i na tržišnu cenu proizvoda. Iz tog razloga je jako važno da se operacija aplikacije obavi što efikasnije i preciznije. Izbor tehničko-tehnoloških sistema je stoga od krucijalnog značaja za uspešnost ovog dela proizvodnje, a naročito ga aktuelizuju i sve strožiji propisi o zaštiti životne sredine.

U Evropi se primena granuliranih Ďubriva uglavnom vrši pomoću centrifugalnih rasipača. Uprkos mehaničkoj jednostavnosti ovih mašina, kvalitet raspodele zavisi od mnogo parametara, uključujući svojstva granula i karakteristike mašina. Shodno tome,

zbog teškoća u podešavanju rasipača, velike razlike u kvalitetu distribucije pružaju neiscrpu osnovu za eksperimentalno posmatranje na terenu. Brojne studije su pokazale neujednačenost u distribuciji đubriva, kada je poprečna raspodela u pitanju. Performanse distributora, a samim tim i ujednačenost rasipanja duž radnog zahvata rasipača zavise u velikoj meri od fizičko-mehaničkih osobina đubriva. Uticaj fizičko-mehaničkih svojstva na kretanje đubriva u uređaju za distribuciju i kroz vazduh tema je koja se sve više nameće.

1.6 Mineralna đubriva i energetska produktivnost poljoprivredne proizvodnje

Energetska efikasnost poljoprivredne proizvodnje postala je veoma važna u procesu analize njene uspešnosti. Ranije se analizirala samo energija dobijena preko prinosa, a danas se posmatra odnos energije koja je uložena u proizvodnju i energije koja je dobijena, po njenom završetku, u vidu prinosa. Najveći procenat u uloženoj energiji zauzimaju mineralna đubriva i đubrenje. Proizvodnja, skladištenje, transport i aplikacija, su delovi procesa kroz koji prolaze mineralna đubriva i svaki za sebe odnosi određeni deo energije. To naravno nije razlog da se ova agrotehnička mera ukine, jer biljkama obezbeđuje makro i mikroelemente neophodne za njihov rast i razvoj, već se mora težiti njenoj racionalizaciji, kako bi proizvodnja bila energetska što efikasnija.

1.7 Proizvodnja, promet i potrošnja đubriva u Srbiji

U Srbiji je za prvih osam meseci 2013. godine proizvedeno 509.906 tona mineralnih đubriva. Ovakva proizvodnja veća je za 3,32 % u odnosu na isto vreme 2012. godine. I pored rasta proizvodnje to nije dovoljno da se podmiri domaća potrošnja mineralnih đubriva, pa se ono u značajnoj meri i uvozi. Statistički podaci pokazuju koja su hraniva i u kolikoj meri uvožena u proteklih nekoliko godina (Statistički godišnjak Republike Srbije). U periodu od 2010. do 2012. godine prosečno je uvezeno 394 714,63 t mineralnih đubriva, u vrednosti od 157 839 100 USD. U uvozu su najzastupljenija bila azotna đubriva i njihove mešavine, kao i urea, ali i đubriva sa azotom fosforom i kalijumom i kalijum – hlorid.

Srbiji je, dugoročno, za povećanje prinosa svih kultura u agraru, godišnje potrebno oko 1,5 - 2 miliona tona mineralnih đubriva. Ipak, Srbija je po potrošnji mineralnih đubriva od 80 do 120 kg/ha obradivog zemljišta na poslednjem mestu među zemljama regiona i ispod proseka Evropske unije. Kada se posmatra potrošnja svih vrsta đubriva, Srbija trenutno troši oko 800 000 tona, a ima potencijala da koristi 600 000 tona azotnog đubriva i 900 000 tona NPK đubriva. Jedan od uzroka niske potrošnje đubriva u Srbiji svakako jeste ekonomska kriza, ali je u tom segmentu izuzetno značajna i uloga i podrška države, ali i nepostojanje povoljnih i lako dostupnih izvora finansiranja poljoprivredne proizvodnje.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Džamić i Stevanović (2000) ističu značaj mineralnih đubriva navodeći da genetski potencijal rodosti biljaka može doći do punog izražaja samo u uslovima optimalne ishrane. Iz tog razloga, mineralna đubriva danas predstavljaju nezamenljivo sredstvo u povećanju prinosa gajenih biljaka. Prosečno učešće primene mineralnih đubriva u povećanju prinosa gajenih biljaka iznosi između 50 i 60 % (Frick et al., 2011; Dawson and Hilton, 2011). U većini slučajeva neopravdano se koriste velike količine đubriva, što samo do određene tačke utiče na povećanje prinosa. Autori navode sve aspekte upotrebe mineralnih đubriva i prezentuju istraživanja u kojim je dokazana potreba za korišćenjem đubriva, ali se podvlači da ona mora biti obavljena pod strogim nadzorom stručnih lica, sa prethodno izvršenim hemijskim analizama zemljišta. Danas se sve više insistira na ekološkim aspektima proizvodnje, pa su i oni bitan činilac i imaju veliki uticaj na planiranje i sam tok procesa gajenja biljnih kultura (Mandal et al., 2002; Zentner et al., 2011; Kovačević et al., 2012). Autori daju i kratak osvrt na energetske efikasnost biljne proizvodnje, gde je još jednom potvrđeno da su đubriva i đubrenje veliki potrošači energije, ali uz pravilnu upotrebu ista obezbeđuju i visoke energetske outpute. Osim toga, đubriva su činilac koji obezbeđuje stabilnost prinosa gajenih biljaka, što ima izuzetan značaj za dugoročna planiranja i buduća ulaganja u proizvodnju i privredu (Malnou et al., 2008; Basso et al., 2013).

Jevtić et al. (1986) navode da je efektivno iskorišćavanje mineralnih đubriva moguće samo pri strogom pridržavanju tehnologije njihove aplikacije, uzimajući u obzir potrebe biljaka i agrohemijska svojstva zemljišta. Oni ukazuju na to da svaka biljna kultura ima strogo određene potrebe za pojedinim elementima i da i o tome treba voditi računa pri izboru biljke i njene sorte. Takođe, dat je kompletan pregled potrebe određenih kultura prema hranivima i da samo praćenje ovih pokazatelja, zajedno sa hemijskim sastavom zemljišta omogućava uravnoteženu ishranu.

Mićić et al. (1997) takođe navode koliko je važna aplikacija mineralnih đubriva za poboljšanje poljoprivredne proizvodnje, kao i u kojoj meri fizičko - mehaničke osobine istih utiču na kvalitet aplikacije. Dat je osvrt i na uticaj korišćenja mineralnih đubriva na energetske, ekonomski i ekološki aspekt proizvodnje.

Stewart (2002) i Scheufler (2010) navode da su problemi vezani za aplikaciju mineralnih đubriva njihovo neracionalno korišćenje, slabo organizovane stručne službe, visoki troškovi aplikacije, neadekvatno povezivanje proizvođača hemijskih sredstava, distributera i potrošača, odnosno poljoprivrednih proizvođača. Postoji veliki broj zainteresovanih u čitavom procesu, njihove potrebe nisu usklađene, a najveće negativne posledice su u poslednjoj karici, odnosno kod korisnika mineralnih đubriva. Dugotrajnost ovog procesa dovela je do pojave monopola određenih proizvođača, što utiče na povećanje cene koštanja đubriva, a u vreme ekonomske krize, kada svakako slabi kupovna moć korisnika, sve to utiče na smanjenu potrošnju. Ovo dalje vodi i smanjenju prinosa i ugrožava stabilnost proizvodnje (Roberts, 2008; Ryan, 2008).

Hofstee i Huisman (1990) su napravili pregled, a Hofstee (1992, 1995) ga je zatim upotpunio i dodao još neke detalje listi fizičko - mehaničkih osobina mineralnih đubriva, koje utiču na način skladištenja, na manipulaciju i aplikaciju đubriva. Mineralna đubriva prolaze kroz čitav niz procesa dok ne dospeju na parcelu i svaki od tih procesa treba pažljivo pratiti i uticati na svaki i naočigled najmanje važan faktor, kako bi se povećala efikasnost.

Kada je reč o uticaju karakteristika đubriva na kvalitet aplikacije, Đević (1992) daje obrazloženje u kojoj meri pojedine osobine utiču na ravnomernost rasipanja i na taj način omogućavaju da se izvrši optimizacija ovog dela biljne proizvodnje. Dati su kompletni pregledi karakteristika đubriva i njihove brojne vrednosti, a sve u cilju postizanja što ravnomernije primene. Osobine đubriva, podešenost mašina za aplikaciju mineralnih đubriva i kvalitet obrade zemljišta čine spregu, jednu celinu i svaki njen funkcionalni deo mora biti optimizovan.

Đević i Miodragović (1996) ispituju preduslove za balansiranu distribuciju čvrstih đubriva, dok Đević et al. (2009) ispituju fizičke osobine konkretnih mineralnih đubriva, ali i ravnomernost njihove distribucije po površini zemljišta. Navedena istraživanja su bila osnov za ispitivanja koja su sprovedli Gavrilović et al. (2013), a sa ciljem da se pokaže kako se različita mineralna đubriva distribuiraju dužinom radnog zahvata rasipača u predsetvenim pripremama za šest ratarskih kultura i kako na kvalitet aplikacije, osim mašine koja se koristi, utiču i karakteristike primenjenih mineralnih đubriva.

Đević i Dimitrijević (2009) navode značaj izbora tehničko-tehnoloških sistema aplikacije mineralnih đubriva, kako u agrotehničkom, tako i u ekološkom pogledu. Autori naglašavaju presudan značaj interakcije fizičko-mehaničkih karakteristika đubriva i tehničkih sistema primene na uspešnost skladištenja, manipulacije i aplikacije. Da bi tehničko-tehnološki sistemi bili funkcionalni i da bi ulaganja u njihovo korišćenje bila opravdana, potrebno je ispitati fizičko-mehaničke karakteristike đubriva i na osnovu njih dalje planirati sledeće korake u proizvodnji.

Kada je reč o fizičko-mehaničkim osobinama čestica mineralnog đubriva, Hofstee (1992) analizira putanju čestica pomoću ultrazvučnog snopa. Na osnovu eksperimentalnog ispitivanja dolazi do zaključka da su koeficijent trenja i aerodinamički otpor čestice osobine koje utiču na distribuciju đubriva preko radnih organa rasipača i kroz vazduh. U nastavku istraživanja Hofstee (1995) analizira centrifugalne tipove rasipača, koji se najčešće upotrebljavaju za aplikaciju mineralnih đubriva. Ovde se takođe analizira interakcija koeficijenta frikcije i ugla pod kojim su postavljene lopatice diskova rasipača i uticaj ovog odnosa na ravnomernost aplikacije.

Tačno doziranje količine đubriva i ravnomerna distribucija po površini parcele su preduslovi optimalne ishrane i prinosa gajene biljne kulture. Malinović et al. (2011) analiziraju fizičko-mehaničke osobine za četiri komercijalna mineralna đubriva različitih proizvođača. Rezultati testa izuzimanja i distribucije mineralnih đubriva različitih fizičko-mehaničkih osobina centrifugalnim rasipačem ukazuju da postoje značajne razlike u ravnomernosti isticanja i u površinskoj raspodeli granula. Na ovakve rezultate utiču razlike u obliku i dimenzijama granula, stepenu dorade, trenju klizanja po kosoj ravni, nasipnom uglu, zapreminskoj masi kao i u vlažnosti granula.

Yule (2010) analizira centrifugalne rasipače, kao i uticaj karakteristika granula na kvalitet aplikacije. Istraživanje je podrazumevalo proučavanje oblika granule, njene veličine, ugla pod kojim izlazi iz rasipača i brzinu kojom napušta disk. Na osnovu eksperimentalnih ispitivanja, dolazi do zaključka da su svi ovi parametri u sprezi i da imaju veliki uticaj na kvalitet izvođenja ovog dela poljoprivrednog proizvodnog procesa. U studiji je analiziran i energetski bilans proizvodnje, na koji utiče sama aplikacija đubriva.

Aktuelne cene na tržištu i pritisak ekoloških propisa utiču na to da se u sektoru poljoprivredne proizvodnje traži više konkurentnih metoda za proizvodnju hrane. Sa

razvojem Globalnog Sistema Pozicioniranja (GPS) i Tehnologije promenljivih normi (VRT - *Variable Rate Technology*), precizna poljoprivreda je sada uobičajena praksa na velikom broju gazdinstava (Fulton et al., 2001). GPS i VRT imaju potencijal da poboljšaju produktivnost i profitabilnost proizvodnje, dok očuvanje i zaštita životne sredine prate čitav proces. Tradicionalne metode đubrenja imaju tendenciju da tretiraju sve oblasti na parceli jednakom količinom hemijskih elemenata, bez obzira na njihovu dostupnost u zemljištu.

Pre nego što je precizna poljoprivreda zaživela, varijabilnost elemenata u zemljištu je prihvaćena kao faktor kojim proizvođač ne može mnogo da upravlja. U stvari, ova varijabilnost se koristi kao opravdanje za modifikaciju preporučenih normi aplikacije đubriva, kako bi se osigurali visoki prinosi. Danas se u primeni granuliranih mineralnih đubriva najviše koriste rasipači sa diskovima, kod kojih se granule izuzimaju iz mašine pomoću centrifugalne sile. Mogućnost prilagođavanja različitim normama aplikacije i širinama radnog zahvata koje variraju u zavisnosti od biljne kulture, ove rasipače stavlja na prvo mesto u intenzivnoj biljnoj proizvodnji.

Popularnost VRT tehnologije raste od pojave precizne poljoprivrede. Jedna od oblasti na koju se poljoprivredni proizvođači fokusiraju je usklađivanje plodnosti zemljišta i raspoloživih hranljivih materija. Dva glavna tehnološka sistema za aplikaciju granuliranih mineralnih đubriva su centrifugalni i pneumatski. Centrifugalni rasipači i dalje imaju tendenciju da budu najpopularniji tip rasipača granuliranih đubriva, zbog njihove manje kapitalne investicije. Neki od nedostataka su varijabilnost u pogledu nasipne gustine mineralnih đubriva, veličine čestica i sadržaj vlage (Fulton et al., 2004). Ove varijabilnosti predstavljaju potencijalni problem u vezi sa uniformnošću aplikacije duž radnog zahvata mašine. Mnogi veruju da je tehnologija pneumatskih rasipača nudi ravnomerniju distribuciju u poređenju sa centrifugalnim rasipačima. U svakom slučaju, varijabilnost postoji zbog prirode zrnastih materijala, posebno sa VRT opremom. Proizvođači priznaju postojanje varijabilnosti, ali oni nastavljaju da koriste navedene mašine.

Trenkel (2010) u svojoj studiji pokazuje da se posebna pažnja mora posvetiti efikasnosti aplikacije mineralnih đubriva. Svakako, čitav proces mora biti strogo kontrolisan, izbalansiran i obavljen pod stručnim nadzorom.

Karakteristike đubriva utiču na kvalitet rasipanje hraniva, a to utiče i dalje na kompletan ciklus biljne proizvodnje (Gelings i Permenter, 2004). Proizvodnja mineralnih đubriva je energetska veoma zahtevna, što utiče na cenu koštanja, a samim tim i na kasniju potrošnju (Hülsbergen et al., 2001; Ercoli et al., 2013). U datim istraživanjima se navodi da se upotrebom mineralnih đubriva intenzivira proizvodnja u smislu povećanja prinosa i samim tim energetskog outputa, čime se direktno utiče na energetska i ekonomsku efikasnost.

Koliko je značajan uticaj svih do sada pomenutih faktora na energetska efikasnost biljne proizvodnje i očuvanje ekonomske i ekološke održivosti poljoprivredne proizvodnje govori Bruulsema (2012). Da bi ljudi bili zdravi i sposobni za rad i stvaranje, moraju da konzumiraju hranu. Nema intenzivne proizvodnje hrane bez upotrebe mineralnih đubriva (Wang, 2009). Naravno, ona mora biti strogo kontrolisana i izbalansirana, kako bi se zaštitila životna sredina. Sa povećanjem broja ljudi, raste i potreba za intenziviranjem biljne proizvodnje, a sve to se mora izvesti stručno, savesno i efikasno (Laegried et al., 1999; Prasad, 2009). To zahteva viziju koja se sastoji od direktne i neophodne brige za produktivnost i profitabilnost, počevši od nivoa poljoprivrednih gazdinstava, pa do kompleksnih poljoprivrednih sistema, sa zajedničkim ciljem poboljšanja ljudske ishrane (Lal et al., 2003; Hematian et al., 2011).

Aluvione et al. (2011) kao preporuku za smanjenje utroška energije u biljnoj proizvodnji, navode da treba smanjiti energetske inpute i to: hemijskom analizom zemljišta, upotrebom đubriva sa što homogenijom granulacijom, povećanom čvrstinom čestica i optimalnim koeficijentima trenja i aerodinamičkog otpora. Teži se uvođenju posebnih standarda i tehnologija proizvodnje, kako bi se ista unapredila, a istovremeno zaštitile vode, zemljište, atmosfera, jer je poljoprivredna proizvodnja izuzetno veliki zagađivač i proizvođač otpada (Arvidsson, 2010).

Dalgaard et al. (2001) predlažu rotaciju useva radi smanjenja uložene energije. Navodi se da je u tom slučaju proizvodnja rentabilna i dobijeni prinosi opravdavaju energetske inpute. Aplikacija mineralnih đubriva se ne treba izbegavati, jer značajno utiče na energetska bilans biljne proizvodnje. Sa druge strane, treba izbeći prekomernu upotrebu mineralnih đubriva, koja ne samo da nije ekonomski opravdana, već i ne utiče značajno na povećanje prinosa. Ovde je pokazano da samo prve upotrebene količine hraniva značajno povećavaju prinose, a da svaka sledeća jedinica čak i smanjuje prinos.

Zato treba uzeti u obzir optimalne količine mineralnih đubriva, koje će povećati prinose, ali i biti ekonomski isplative i rentabilne.

Poslednjih godina se izuzetno obraća pažnja na utrošak energije u svim oblastima privrede. Poljoprivredna proizvodnja je izuzetno veliki potrošač energije. Potrebne su velike količine sredstava za proizvodnju, za čije dobijanje, transport i primenu treba uložiti značajnu količinu energije (Hatirli et al., 2005). Da bi krajnji rezultati bili dobri, svaka uložena energetska jedinica mora biti opravdana. Teži se racionalizaciji utroška energije, ali da bi se to postiglo svaki korak u proizvodnji mora biti dobro isplaniran i ništa ne sme biti prepušteno slučaju (Zengin et al., 2009). Sve ove analize su itekako opravdane ako se zna da je učešće poljoprivrede u ukupnom utrošku energije u privredi veoma visoko, u nekim zemljama i do 5 % (Ozkan et al., 2004; Nassi o Di Nasso et al., 2011; Bingham et al., 2012).

Graß et al. (2013) na osnovu eksperimenata na sedam različitih farmi daju ocenu energetske efikasnosti proizvodnje određenih biljnih kultura. Uzeli su u obzir uložena sredstva za proizvodnju, utrošak energije u svim elementima procesa proizvodnje kao i energiju izraženu preko prinosa. Došli su do zaključka da je moguće obezbediti održivost poljoprivredne proizvodnje, uz istovremenu zaštitu životne sredine. Preduslov za to jeste strogo planiranje ulaganja i potrošnje, kao i predviđanje krajnjih rezultata.

Zentner et al. (2011) su obavili značajna istraživanja koja pokazuju da je nadzor i stroga kontrola biljne proizvodnje izuzetno važna. Postoje obnovljivi izvori energije i oni koji to nisu i mora se voditi računa o svakoj upotrebljenoj energetske jedinici i njenom poreklu, načinu dobijanja i eventualnoj obnovljivosti (Mohammadi and Omid, 2010). Ključno pitanje je da li je korišćenje određenih izvora energije opravdano i koliko će se dobiti zauzvat. Jer, ako je iskorišćen energetske izvor koji se može upotrebiti samo jednokratno, a zarad prinosa koji nisu značajno uvećani, treba razmisliti da li to ima ekonomsku isplativost i opravdanost i da li će se u budućnosti i dalje tako činiti po pitanju svakog uloženog sredstva (Canakci et al., 2005; Feraro, 2010; Kiani and Houshyar, 2012).

Savremenu biljnu proizvodnju karakteriše visok utrošak fosilne energije, koja se konzumira kao direktna energija (gorivo i struja koja se koristi na farmi) i kao indirektna energije (energija utrošena izvan farme za proizvodnju đubriva, sredstava za zaštitu bilja, mašine, itd.). Izvori energije osim sunčevog zračenja i vetra su sumirani

kao "energetska podrška". Na globalnom nivou, unos energije za podršku proizvodnji useva razlikuje se u velikoj meri. U nekim niskobudžetnim ratarskim sistemima, na primer u velikim oblastima Afrike, energetska input na obradivom zemljištu je niži od 1 GJ/ha, dok u nekim razvijenim zemljama zapadne Evrope, on može da premaši 30 GJ/ha. Ovi drugi proizvodni sistemi karakterišu se upotrebom velikih količina mineralnih đubriva, pesticida i pogonskih mašina velikih instalisanih snaga (Hülsbergen et al., 2001). Rezultat povećanja inputa putem agrohemijskih i primene produktivnijih sorti je povećanje prinosa. Postavlja se pitanje kako se energetska ravnoteža u poljoprivrednim sistemima sa visokim inputima promenila tokom poslednjih decenija. Energetski bilans je postao tema o kojoj se mnogo raspravljalo u ranim sedamdesetim godinama prošlog veka, kada je u jeku bila svetska energetska kriza i kada su ljudi bili svesni da snabdevanje fosilnom energijom postaje ograničeno. U izračunavanju energetskog bilansa za biljnu proizvodnju, mogu se sprovesti različite metode, u zavisnosti od cilja istraživanja (Mousavi-Avval et al., 2011).

3. PREDMET I PROGRAM ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja u doktorskoj disertaciji je uticaj fizičko-mehaničkih osobina različitih vrsta mineralnih đubriva na kvalitet njihove aplikacije a samim tim i na energetski bilans poljoprivredne proizvodnje. Prema podacima iz dosadašnjih istraživanja, sprega između ova tri pojma postoji i izuzetno je važna za dalju analizu biljne proizvodnje sa aspekta ekonomičnosti i optimalnog utroška energije, kao i sa ekološkog aspekta obzirom da energija utrošena putem mineralnih đubriva u ukupnom energetskom bilansu proizvodnje ima značajno učešće.

Program istraživanja je obuhvatio:

1. utvrđivanje uniformnosti distribucije različitih tipova čvrstih mineralnih đubriva prilikom aplikacije centrifugalnim rasipačima,
2. definisanje fizičko-mehaničkih osobina uzoraka korišćenih mineralnih đubriva,
3. analizu uticaja fizičko-mehaničkih osobina korišćenih mineralnih đubriva na uniformnost distribucije,
4. utvrđivanje osnovnih energetskih parametara proizvodnje i energetske efikasnosti u proizvodnom ciklusu u smislu određivanja energetskih inputa i outputa,
5. analizu interakcije fizičko-mehaničkih osobina mineralnih đubriva, uniformnosti distribucije i energetske efikasnosti proizvodnje.

4. NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja disertacije je bio određivanje fizičko – mehaničkih osobina različitih mineralnih đubriva, koja se koriste u biljnoj proizvodnji i analiza njihovog uticaja na kvalitet aplikacije. Obzirom na raznovrsnost tehničkih sistema skladištenja i manipulacije mineralnim đubrivima pred samu aplikaciju, jedan od ciljeva istraživanja bila je i analiza fizičko-mehaničkih osobina mineralnih đubriva nakon skladištenja, neposredno pred aplikaciju i nakon aplikacije kako bi se utvrdilo da li se određenim tehničko-tehnološkim sistemima skladištenja, manipulacije i same aplikacije može uticati na održavanje proizvodnog kvaliteta granuliranih mineralnih đubriva.

Istraživanje je takođe imalo za cilj utvrđivanje razlike u kvalitetu aplikacije u slučaju korišćenja različitih tipova granuliranih mineralnih đubriva i da se za svako korišćeno mineralno đubrivo uradi energetska bilans njegove primene kao i energetska bilans celokupnog ciklusa biljne proizvodnje. Na ovaj način se kvalitet aplikacije može razmatrati sa aspekta utroška energije, u smislu da kvalitetnija aplikacija podrazumeva optimalnu količinu đubriva, a samim tim i optimalan utrošak energije koji dovodi do poboljšanja energetske efikasnosti celog proizvodnog sistema.

Iz navedenog sledi da treba odrediti:

- mase uzoraka mineralnog đubriva rasutog dužinom radnog zahvata nakon aplikacije,
- fizičko - mehaničke osobine svakog uzorka, odnosno granula u uzorku, nakon skladištenja, neposredno pred aplikaciju i neposredno nakon aplikacije,
- energetske inpute u proizvodnom ciklusu (direktne i indirektne) i
- energetska output.

5. OSNOVNE HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Osnovne hipoteze od kojih se polazi u ovom istraživanju su:

- uniformnost distribucije duž radnog zahvata zavisi od fizičko - mehaničkih osobina mineralnog đubriva,
- tehnološko - tehnički sistemi skladištenja i manipulacije mineralnim đubrivima neposredno pred i nakon aplikacije utiču na održavnje njihovog proizvodnog kvaliteta,
- korišćenjem mineralnih đubriva se utiče na energetske efikasnost proizvodnog sistema u smislu povećanja energetskeg inputa i istovremenog povećanja energetskeg outputa.

6. MATERIJAL I METOD

6.1 Osnovni podaci o gazdinstvu

Eksperimentalno istraživanje je sprovedeno na gazdinstvu 7. Juli u Jakovu, koje posluje u sklopu PKB Korporacije. Nalazi se na levoj obali reke Save i poseduje 4011 ha obradive površine. Od klasa zemljišta zastupljene su ritska crnica, livadsko zemljište i aluvijum. U okviru gazdinstva posluju četiri rane jedinice i to: RJ biljne proizvodnje, RJ stočarske proizvodnje, RJ održavanje i Služba zajedničkih poslova.

U okviru gazdinstva su zastupljene biljna i stočarska proizvodnja. U biljnoj proizvodnji su zastupljene sledeće kulture: pšenica na 535 ha, merkantilni kukuruz na 1472 ha, semenski kukuruz na 109 ha, silažni kukuruz na 374 ha, ozimi ječam na 110 ha, jari ovas na 90 ha, soja na 553 ha, semenski suncokret na 10 ha, lucerka na 290 ha, šećerna repa na 400 ha i veštačka livada na 68 ha.

6.2 Mineralna đubriva

Tokom istraživanja upotrebljavana su granulirana mineralna đubriva i to: UREA proizvedena u Rusiji i KAN, MAP i NPK koji su proizvedeni u Srbiji.

Hranljive materije u UREI su azot (N) 46% \pm 0,4% - (NH_4 - amidni azot) i biuret maksimalno 1,2%. Granule su bele boje, bez mirisa. Ovo đubrivo je 100% rastvorljivo u vodi. Maksimalan sadržaj vlage je 0,5 %. Zapreminska masa iznosi 0,7-0,78 g/cm³.

Unosi se preko zemljišta za potpunu ishranu useva ili za dopunsku ishranu preko lista (folijarno) sa rastvorom odgovarajuće koncentracije. U navedenom ispitivanju za UREU su primenjene norme od 150 kg/ha (predsetvena priprema za semenski suncokret) i 250 kg/ha (predsetvena priprema za merkantilni kukuruz).

Kalcijum amonijum nitrat – KAN sadrži sledeće hranljive materije: azot (N) 27% \pm 0,8% (13,5% N- NO_3 nitratni i 13,5% N- NH_4 - amonijačni azot). Granule su belo - žute boje, bez mirisa. Maksimalan sadržaj vlage iznosi 1%. Zapreminska masa je

0,9-1g/cm³. Koristi se prvenstveno za prihranjivanje useva. Na zemljištima težeg mehaničkog sastava može se primeniti i za osnovno đubrenje ili predsetveno i startno đubrenje. Tokom ispitivanja su primenjene norme od 200 kg/ha (predsetvena priprema za soju) i 250 kg/ha (predsetvena priprema za šećernu repu).

Mono-amonijum fosfat – MAP sadrži: azot (N) 11% /-1,1% i fosfor (P₂O₅) 52%/-1,1%. Granula je svetlo smeđa, bez mirisa. Rastvorljiv je u vodi. Sadržaj vlage iznosi 2%. Zapreminska masa je 900-1100 kg/m³. U ovom slučaju su primenjene norme od 70 kg/ha (predsetvena priprema za ozimi ječam) i 90 kg/ha (predsetvena priprema za ozimu pšenicu).

U korišćenju NPK formulaciji sadržani su: azot (N) 20% /-1,1% , krečni amonijum nitrat, fosfor (P₂O₅) 20% /-1,1% i monoamonijum fosfat. Granula je sivobeličasta, bez mirisa. Đubrivo je rastvorljivo u vodi, osim kalcijum karbonata. Fosfor (P₂O₅) je rastvorljiv u vodi minimalno 90%. Maksimalan sadržaj vlage iznosi 5%. Zapreminska masa je 900-1100 kg/m³. U konkretnom slučaju su primenjene dve norme rasipanja ovog đubriva: 150 kg/ha (predsetvena priprema za ozimi ječam) i 200 kg/ha (predsetvena priprema za ozimu pšenicu).

6.3 Tehnički sistemi aplikacije

Realizacija programa istraživanja doktorske disertacije obuhvatila je eksperimentalno praćenje rada tri centrifugalna rasipača mineralnih đubriva različitih proizvođača (Vicon, RCW i Amazone). Paralelan rad prva dva rasipača je praćen u toku đubrenja u okviru predsetvene pripreme za merkantilni kukuruz, suncokret, šećernu repu i soju, dok je paralelan rad prvog i trećeg rasipača praćen u đubrenju u okviru predsetvene pripreme za ozimu pšenicu i ozimi ječam.

Vicon Rota Flow (Sl. 1) je nošeni rasipač mineralnog đubriva pogonjen priključnim vratilom traktora sa dva diska i šest lopatica na svakom disku. Rasipač se postavlja u horizontalan položaj tako da se pri radu đubrivo rasprostire u ravnomernom horizontalnom mlazu iznad parcele (Mirković, 2003). Pločicom - zatvaračem postavljenim iznad diska dozira se količina mineralnog đubriva. Oba diska postavljena su centralno u odnosu na sprovodne cevi za đubrivo. Mineralno đubrivo kroz cevi

propada na rotirajuće diskove, a mesto dovođenja đubriva do lopatica može da se podešava pomeranjem otvora na dovodnoj cevi. Rezultat toga je da su granule đubriva pri dodirivanju lopatica već u stanju rotacije.



Sl. 1 Rasipač mineralnih đubriva Vicon RotaFlow

RCW (Sl. 2) je vučeni rasipač mineralnog đubriva slovenačkog proizvođača Agromehanika iz Kranja. Izuzimač mineralnog đubriva, koji vrši izuzimanje određene količine, dobija pogon preko lančanika od oslonog točka, dok sami diskovi dobijaju pogon od hidrauličnog sistema traktora. Rasipač se postavlja u horizontalan položaj tako da se pri radu đubrivo rasprostire u ravnomernom horizontalnom svodu iznad parcele.



Sl. 2 Rasipač mineralnih đubriva RCW

Rasipač mineralnog đubriva Amazone ZG-B ima sanduk velike zapremine i robustan vozni mehanizam za brzine do 50 km/h. Kao i kod prethodnog rasipača, izuzimač mineralnog đubriva dobija pogon preko lančanika od oslonog točka, dok diskovi dobijaju pogon od hidrauličnog sistema traktora.



Sl. 3 Rasipač mineralnih đubriva Amazone ZG-B 8200

Osnovne tehničke karakteristike sva tri tipa ispitivanih centrifugalnih rasipača mineralnog đubriva date su u tabeli 1.

Tab. 1 Tehničke karakteristike ispitivanih rasipača

Karakteristika	Rasipač		
	Vicon RotaFlow	RCW	Amazone ZG-B 8200
Zapremina sanduka, l	2000	2000-3500	5500/8200
Radni zahvat, m	10-36	10-36	10-36
Masa, kg	505	2840	1672
Potrebna snaga pogonske mašine, kW	60	60	60

6.4 Ispitivanje ravnomernosti aplikacije

Uniformnost distribucije je ispitana sakupljanjem mineralnih đubriva u trinaest sabirnih posuda prečnika 10,5 cm tokom serije rasipanja (Sl. 4). Posude su bile postavljene dužinom radnog zahvata na jednakoj udaljenosti jedna od druge, a u zavisnosti od širine samog zahvata.



Sl. 4 Sabirne posude postavljene dužinom radnog zahvata

Individualno sakupljene količine đubriva izmerene su odvojeno. Koeficijent varijacije (Cv) je upotrebljen kao mera za prikaz transverzalne distribucije. Koeficijent varijacije je izračunat za slučajeve sa preklapanjem prilikom rasipanja:

$$Cv = \frac{100}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \% \quad (\text{Jed. 1}),$$

gde je:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{Jed. 2})$$

U ovim jednačinama je:

n - broj sabirnih posuda na odgovarajući efektivnoj radnoj širini

x_i - vrednost đubriva sakupljenog u i-toj posudi

Procedura za determinisanje određenih slučajeva rasipanja je opisana u standardima (ISO5690/2, ASAE 341.2 i 343.1). Za optimalan rad rasipača naredna dva kriterijuma su odlučujuća: uravnotežena lateralna distribucija unutar radne širine i velika ravnomernost, na koju utiču spoljašnji faktori. Ocena ravnomnosti distribucije urađena je na osnovu vrednosti koeficijenta varijacije (Tab. 2).

Tab. 2 Klasifikacija ravnomernosti rasipanja u zavisnosti od koeficijenta varijacije

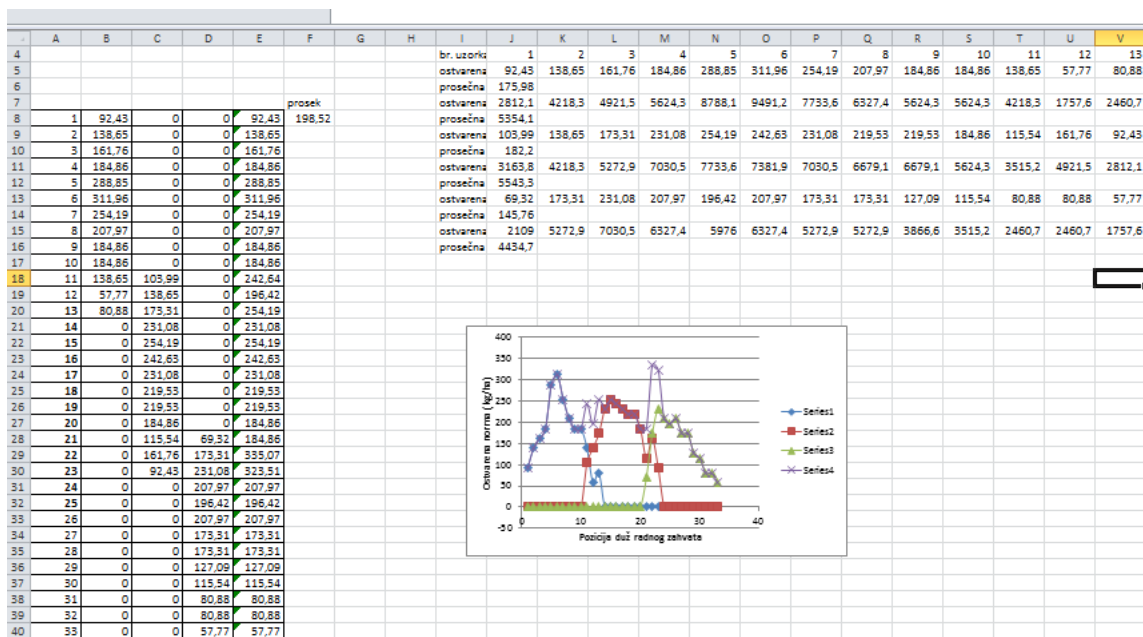
C _v	Klasifikacija
< 5 %	vrlo dobro
5 % - 10 %	dobro
10 % - 30 %	zadovoljavajuće
> 30 %	nezadovoljavajuće

6.5 Preračunavanje potrebnog preklapanja prohoda

Jedna od osnovnih karakteristika koja se ispoljava u radu centrifugalnih rasipača jeste kriva raspodele koja ima oblik trapeza. Preciznije, u centralnim delovima radnog zahvata raspodeljuju se količine mineralnog đubriva koje su bliske normi rasipanja, uz veća ili manja odstupanja (zavisno od podešenosti mašine). Periferni delovi radnog zahvata dobijaju količine đubriva koje su znatno manje od norme rasipanja, na šta utiče sam princip rada centrifugalnog rasipača. Iz tog razloga, a u cilju što ravnomernije i po količini đubriva optimalnije raspodele, neophodno je izvršiti preklapanje prohoda. Ova

operacija se izvodi tako da se periferni delovi radnog zahvata susednih prohoda u određenoj meri preklapaju, što utiče na bolju prekrivenost čitave tretirane površine.

U ovom slučaju potrebno preklapanje prohoda je preračunato na osnovu dobijenih uzoraka duž radnog zahvata. Za svaku poziciju je izračunata norma rasipanja na osnovu mase đubriva iz uzorka, a zatim su sabirani uzorci sa krajnjih pozicija susednih prohoda i to tako da u zbiru daju normu što bližu zadatoj. Naravno, cilj je da preklapanje bude minimalno, a da sve pozicije duž radnog zahvata budu što ravnomernije snabdevene đubrivom. Kada je izračunat broj pozicija susednih prohoda sa kojih treba sabrati količinu rasutog đubriva, a uz poznatu širinu radnog zahvata i rastojanje između pozicija, pristupa se računanju potrebnog preklapanja. U tu svrhu korišćen je program Excel iz MS Office paketa i sabiranje vrednosti ćelija (Sl.5).



Sl. 5 Preračunavanje potrebnog preklapanja prohoda

6.6 Tehnički opis laboratorijske opreme

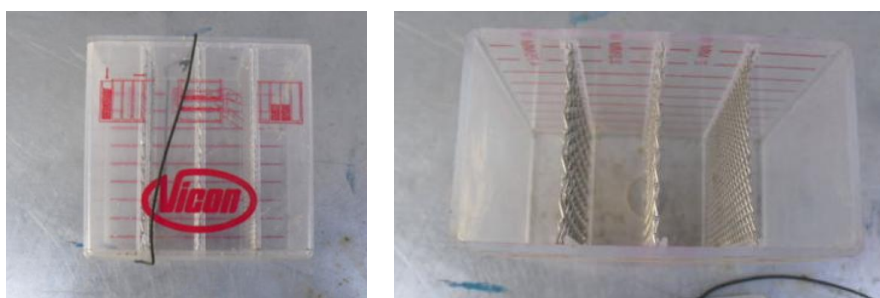
Predviđen laboratorijski deo istraživanja je obavljen u Laboratoriji za procesnu tehniku Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, kao i u laboratoriji Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

U laboratorijama su utvrđene fizičko - mehaničke osobine granula u uzorcima iz skladišta, prikolice (pred aplikaciju) i sa parcele (posle aplikacije) i to:

- masa svakog uzorka,
- granulacija svakog uzorka,
- čvrstoća granule,
- statički ugao nasipanja,
- dinamički ugao nasipanja i
- statički ugao trenja.

Merni instrumenti koji su korišćeni su redom:

- analitička vaga za precizno merenje mase uzoraka Kern 572-33 Version 5.8, 04/ 2010 sa rezolucijom $d=0,01$ g,
- sita za utvrđivanje granulometrijskog sastava uzoraka đubriva Vicon Greenland Art.nr. 797770150 sa prečnicima otvora <2 mm, > 2 mm, $> 3,3$ mm i $<4,75$ mm (Sl. 6),



Sl. 6 Sita Vicon

- univerzalni uređaj za test pritiskom TMS PRO TEXTURE MEASUREMENT SYSTEM američkog proizvođača Food Tehnology Corporation (Sl. 7),



Sl. 7 Analizator teksture TMS Pro

- laboratorijski pribor za određivanje fizičkih osobina materijala koji je podrazumevao strmu ravan za određivanje statičkog ugla trenja (Sl. 8) i uređaj za određivanje statičkog i dinamičkog ugla nasipanja (Sl. 9).



Sl. 8 Strma ravan za određivanje statičkog ugla trenja



Sl. 9 Sistem određivanja ugla nasipanja

6.7 Energetski pokazatelji proizvodnje

U postupku energetske analize korišćena je metodologija data od strane Ortiz - Cañavate-a (1999). Ovom metodologijom je predviđeno određivanje energetskog inputa i energetskog outputa, bazirano na izmerenim vrednostima utrošenog materijala i

ostvarenog prinosa i datim energetske ekvivalentima, tj. konverzionim faktorima. Na osnovu dobijenih vrednosti su određeni energetske parametri kojima su definisane referentne biljne proizvodnje:

$$\text{Specifični energetske input (EI)} = \frac{\text{energetske input u proizvodnom ciklusu [MJ/ha]}}{\text{prinos [kg/ha]}}, \text{ [MJ/kg]} \quad (\text{Jed. 3}),$$

$$\text{Energetske odnos (ER)} = \frac{\text{energetske vrednost proizvodnje [MJ/ha]}}{\text{energetske input u proizvodnom ciklusu [MJ/ha]}}, \quad [-] \quad (\text{Jed. 4}),$$

$$\text{Energetske produktivnost (EP)} = \frac{\text{prinos [kg/ha]}}{\text{energetske input u proizvodnom ciklusu [MJ/ha]}} \text{ [kg/MJ]} \quad (\text{Jed. 5}).$$

Energetske inputi i outputi računati su množenjem materijalnih inputa i outputa sa energetske ekvivalentima (Guülistan et al., 2007; Abdi et al., 2012; Lorzadeh et al., 2012; Ramah and Baali, 2012; Kordkheili et al., 2013; Ziaei et al., 2013).

6.8 Statistička obrada podataka

Ogledi su sprovedeni po modelu potpuno slučajnog plana. Statistička analiza dobijenih rezultata podrazumevala je korišćenje standardnih metoda analiza varijanse: jednofaktorska, dvofaktorska i trofaktorska (Maletić, 2005).

Jednofaktorska analiza varijanse korišćena je za upoređivanje normi po đubrivima, gde je faktor uticaja bila norma rasipanja, kojih je bilo po dve za svako ispitivano đubrivo (dva nivoa faktora).

Dvofaktorska analiza varijanse korišćena je u slučaju ispitivanja ravnomernosti aplikacije prilikom rasipanja đubriva H4, gde su faktori uticaja norma (dva nivoa) i rasipač (dva nivoa). Dvofaktorska analiza varijanse korišćena je i za ispitivanje uticaja đubriva i mesta uzorkovanja na procentualno učešće frakcija određene granulacije u uzorku uzetom na terenu. Faktori uticaja su dakle vrsta đubriva (četiri nivoa) i mesto uzorkovanja (tri nivoa). Dva faktora uticaja su

ispitivana i u slučaju ugla trenja, statičkog i dinamičkog ugla nasipanja, kao i čvrstoće granule. Navedeni faktori su vrsta đubriva (četiri nivoa) i mesto uzorkovanja (tri nivoa).

Trofaktorska analiza varijanse je korišćena u slučaju ispitivanja ravnomernosti aplikacije u primeni đubriva H1, H2 i H3, gde su faktori uticaja bili đubrivo (tri nivoa), norma rasipanja (dva nivoa) i rasipač (dva nivoa). Trofaktorska analiza varijanse je korišćena i za ispitivanje uticaja više faktora na procentualno učešće određenih frakcija u uzorku đubriva uzetom na terenu. U ovom slučaju faktori uticaja su vrsta đubriva (četiri nivoa), dimenzije granule (četiri nivoa) i mesto uzorkovanja (tri nivoa).

Polazeći od modela:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, a; \quad j = 1, 2, \dots, r, t \quad (\text{Jed. 6})$$

testirana je hipoteza: $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a$ protiv alternativne $H1 =$ bar jedan $\alpha_i, i = 1, 2, \dots, a$ je različit od ostalih.

Pod pretpostavkom da je nulta hipoteza tačna, statistika

$$F = \frac{MS_F}{MS_G} \quad (\text{Jed. 7}),$$

gde su sa MS označene odgovarajuće sredine kvadrata, ima F raspodelu sa: $a-1, a(r-1)$ stepeni slobode redom. Testiranje je izvršeno na nivoima značajnosti 0,05 i 0,01. Tabela analize varijanse ima sledeći oblik:

Tab. 3 Izgled tabele analize varijanse

Izvor varijacije	SS	df	MS	F
Pozicija	SS_F	$a-1$	$MS_F=SS_F/(a-1)$	$F = MS_F/MS_G$
Greška	SS_G	$a(r-1)$	$MS_G=SS_G/a(r-1)$	
Ukupno	SS_U	$ar-1$		

Za testiranje pojedinačnih razlika aritmetičkih sredina u svim slučajevima je korišćen parametarski Tukey-ev test za nivoe značajnosti 0,05 i 0,01. Kod navedenog testa najmanje značajna razlika izračunava se na sledeći način:

$$d_\alpha = q_{\alpha; k; k(n-1)} S_{\bar{x}} \quad (\text{Jed. 8})$$

gde $q_{\alpha;k;k(n-1)}$ predstavlja kritičnu vrednost koja se određuje na osnovu tablica Tukey Q -raspodele, k predstavlja broj sredina koje se upoređuju, a n je broj ponavljanja. Standardna greška se računa na sledeći način:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{MS_G}{n}} \quad (\text{Jed. 9})$$

gde je MS_G varijansa greške (predstavlja ocenu slučajnih varijacija).

Prethodnom metodom su proverene i hipoteze o tome da tehnološko - tehnički sistemi skladištenja i manipulacije mineralnim đubrivima neposredno pred i nakon aplikacije utiču na održavnje njihovog proizvodnog kvaliteta.

Za utvrđivanje veze između ukupnih energetske inputa i prinosa na kraju proizvodnje, veze između inputa uloženi đubrenjem i prinosa, kao i veze između ukupnih inputa i ukupnih outputa u proizvodnji svih šest kultura korišćeni su metodi korelaciono–regresione analize. Korelaciono-regresiona analiza je korišćena i kod utvrđivanja veze između sile loma granule i deformacije koju ona izaziva. Polazeći od modela:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{Jed. 10})$$

metodom najmanjih kvadrata ocenjeni su regresioni modeli za različite analitičke oblike $f(x_i)$ koji su linearni ili se mogu svesti na linearne po koeficijentima modela.

Izbor modela je vršen na osnovu više kriterijuma:

- Koeficijenta determinacije:

$$R^2 = \frac{SS_R}{SS_U} \quad (\text{Jed. 11})$$

gde su SS_R i SS_U sume kvadrata regresionog i ukupnog variranja.

- Značajnosti regresionog modela, tj. testiranja hipoteze o jednakosti nuli svih k – koeficijenata koja je testirana pomoću statistike:

$$F = \frac{MS_R}{MS_G} \quad (\text{Jed. 12})$$

gde su MS_R i MS_G sredine kvadrata regresionog i ukupnog variranja, koja pod pretpostavkom da je odgovarajuća nulta hipoteza tačna ima Fisher–ovu raspodelu sa k i $n-k$ stepeni slobode.

- Značajnosti koeficijenata, tj. testiranja hipoteza o jednakosti nuli pojedinačnih koeficijenata β_i , $i = 1, 2, \dots, k$, koje su testirane pomoću statistika:

$$t_i = \frac{\hat{\beta}_i}{S_{\hat{\beta}_i}}, i = 1, 2, \dots, k \quad (\text{Jed. 13})$$

gde su $S_{\hat{\beta}_i}$ odgovarajuće standardne greške ocenjenih regresionih koeficijenata, koje pod pretpostavkom da su nulte hipoteze tačne, imaju Student-ove raspodele sa $n-k$ stepeni slobode.

6.9 Optimizacija biljne proizvodnje linearnim programiranjem

Linearno programiranje je jedna od najznačajnijih metoda operacionih istraživanja koju mnogi ubrajaju u najvažnija dostignuća XX veka. Danas se linearno programiranje koristi u modeliranju i rešavanju čitavog niza praktičnih problema u privrednim, ekonomskim, vojnim i drugim sistemima.

Ovaj metod se koristi za traženje optimalnog rešenja, tj. rešenja za koje se postiže najbolja vrednost nekog cilja na skupu svih mogućih alternativnih rešenja problema, pri čemu svako rešenje iz ovog skupa zadovoljava zadate uslove (ograničenja).

Opšti problem linearnog programiranja može se zapisati u sledećoj formi:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{maksimizirati} \\ \text{ili} \\ \text{minimizirati} \end{array} \right\} f(x) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (\text{Jed. 14}),$$

pri ograničenjima:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n & \geq \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n & \geq \leq b_2 \\ & \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n & \geq \leq b_m \end{aligned} \quad (\text{Jed. 15}),$$

gde su a_{ij} , b_j i c_i realni brojevi, a x_i predstavlja vrednosti promenljivih koje treba odrediti kako bi funkcija postigla minimalnu ili maksimalnu vrednost.

U ovom radu, za rešavanje problema linearnog programiranja, korišćen je softver LINDO. Pomoću navedenog softvera izvršena je izrada modela optimizacije biljne proizvodnje i to tako što je zadata funkcija minimuma utroška energije u proizvodnji svih šest ratarskih kultura, gde su ograničenja predstavljala ukupan broj raspoloživih hektara, raspoloživi broj radnih sati radnika u mesecima sa najvećim opterećenjem, raspoloživi broj radnih sati traktora u mesecima sa najvećim opterećenjem, kao i ograničenja vezana za zahteve u pogledu minimalnih površina pod određenim kulturama (žitarice, okopavine...). Takođe je izrađen i model optimizacije rasipanja sva četiri mineralna đubriva u smislu pronalaženja optimalnog tehničko-tehnološkog rešenja. U ovom slučaju su zadate funkcije minimuma utroška energije u operaciji đubrenja, uz ograničenja u vidu zadatih normi rasipanja u predsetvenim pripremama, broja hektara planiranih za setvu određenih kultura i broja raspoloživih rasipača na imanju.

7. REZULTATI I DISKUSIJA

7.1 Tehnologija gajenja ratarskih kultura

7.1.1 Tehnologija gajenja kukuruza

Najvažnija primena kukuruza je u ishrani ljudi i stoke zatim u prehrambenoj industriji, industriji alkohola, farmaceutskoj, kozmetičkoj i tekstilnoj industriji.

Kukuruzu najviše pogoduju plodna, duboka, propusna i rastresita zemljišta, kao i ona koja zadržavaju dosta vode. Manje su pogodna lagana peskovita i teška glinasta zemljišta. Ne preporučuje se uzgoj na kiselim zemljištima, kao ni na zemljištima s većim nagibom od 5 %.

U izboru preduseva za kukuruz ne postoje neka važnija ograničenja. Može se uzgajati u monokulturi, iza okopavina, industrijskih kultura, ali najbolji predusevi su leguminoze i strna žita.

Optimalni rok za setvu je 10. IV – 25. IV. Svaka setva nakon 5. V smanjuje postupno prinos. Prinosi kukuruza mogu znatno varirati, obzirom da zavise od mnogo faktora. Prinos zrna kod merkantilnog kukuruza kreće se od 8-15 t/ha dok kod silažnog kukuruza prinos mase varira od 40 do 60 t/ha.

7.1.2 Tehnologija gajenja suncokreta

Najvažnija primena suncokreta je u proizvodnji ulja. Upotrebljava se i u prehrambenoj industriji (ulje, margarin, brašno, celo seme ...), hemijskoj industriji (sapun, glicerin, boje i lakovi ...) i farmaceutskoj industriji (lekovi i kozmetički proizvodi ...).

Uspeva na zemljištima obogaćenim organskom materijom, rastresitog i strukturnog oraničnog sloja, sa dobrim kapacitetom za vodu i vazduh, pH 6-7.

Suncokret se na istu površinu može sejati tek nakon 4-5 godina, a glavni razlog su bolesti. Najbolji predusevi su strna žita i jednogodišnje mahunarke. Sam suncokret je dobar predusev za većinu ratarskih kultura, naročito za strna žita.

Optimalni rok za setvu je period od 10. IV - 20. IV. Prosečni prinosi suncokreta kreću se od 2,5-3 t/ha, a mogući su i do 4 t/ha. Prinos se može računati i u kg ulja/ha, a kreće se od 1500-2000 kg/ha sirovog ulja.

7.1.3 Tehnologija gajenja šećerne repe

Najvažnija primena šećerne repe je u proizvodnji šećera. Po jedinici površine daje najveću energetska vrednost biomase i jedan je od mogućih izvora energije u budućnosti.

Šećerna repa jedna je od najosjetljivijih ratarskih kultura u odnosu na plodored. Najbolji predusevi su strna žita i krupnozrne leguminoze.

Šećernoj repi pogoduje zemljište dubokog, rastresitog i dobrog strukturnog sloja, neutralne ili slabe alkalne reakcije (pH 7-8).

Optimalan rok za setvu je period od 10. III – 10. IV. Vađenje šećerne repe započinje kada koren ima optimalnu količinu šećera, najčešće 15-17 %, tj. kad je najprikladniji za tehnološku preradu. Prinosi čistog korena šećerne repe su 40-60 t/ha, a digestija je 13-17 %.

7.1.4 Tehnologija gajenja soje

Najvažnija primena soje je u proizvodnji ulja zatim u ishrani i tovu svih vrsta stoke i prehrambenoj industriji.

Soja uspeva u svim proizvodnim područjima dobrim za uzgoj kukuruza. Odlično uspeva na dubokim, plodnim i strukturnim zemljištima, neutralne reakcije, sa dobro uređenim vodno-vazдушnim režimom. Može uspevati i na manje plodnim zemljištima lošije strukture, ali će tada prinosi i kvalitet proizvodnje zavisi od sprovedene agrotehnike.

Najbolji predusevi za soju su strna žita, kukuruz, šećerna repa i krompir. Treba izbegavati uzgoj u monokulturi zatim setvu nakon uljane repice i suncokreta, kao i nakon kukuruza tretiranog jačim dozama atrazina u sušnim godinama.

Optimalni rok za setvu je 15. IV – 30. IV. Početak žetve treba planirati kada je vlaga zrna 14-16 %. Prinosi soje na plodnim zemljištima uz pravilnu agrotehniku mogu biti veći od 4 t/ha, a najčešće su 2,5-3,5 t/ha.

7.1.5 Tehologija gajenja ozime pšenice

Najvažnija primena pšenice je u mlinarskoj industriji. Pored toga koristi se i u prehrambenoj industriji, kao zamena za ječam u industriji piva, zatim kao stočna hrana (celo zrno ili otpaci pri mlevenju) i kao noseća kultura – potpora u proizvodnji krmnih kultura.

Pšenici najviše odgovaraju plodna, duboka i umereno vlažna zemljišta blago kisele reakcije. Ne treba je proizvoditi u monokulturi zbog opasnosti od pojačanog razvoja bolesti. Najčešći predusev pšenici je kukuruz a najbolji predusevi su zrnaste mahunarke (pasulj, grašak, soja), krmne leguminoze i industrijsko bilje (uljana repica, suncokret, šećerna repa).

Optimalni rok za setvu od 10. X – 30. X. Prinos pšenice uz sprovođenje odgovarajućih agrotehničkih mera iznosi 5,5 t/ha i više.

7.1.6 Tehologija gajenja ozimog ječma

Ozimi ječam se najviše upotrebljava za ishranu stoke i kao sirovina u industriji piva. Ozimi ječam ima slabije razvijen korenov sistem u poređenju sa drugim žitaricama i ne pogoduju mu zemljišta slabijeg kvaliteta, kao ni kisela zemljišta. Optimalna pH vrednost zemljišta iznosi 6,5-7,2.

O plodosmeni se posebno vodi računa pa se tako najbolji rezultati postižu ako se seje nakon krompira, industrijskih kultura (suncokret, uljana repica, šećerna repa) i zrnastih mahunarki (pasulj, grašak, soja).

Optimalni rok za setvu od 1. X – 10. X. Uz sprovođenje svih agrotehničkih mera prinos ozimog ječma iznosi 5 i više t/ha.

7.2 Distribucija đubriva

Najjednostavnija tehnika primene čvrstih mineralnih đubriva, a ujedno i najčešće primenjena, jeste aplikacija pomoću rasipača đubriva (Fulton et al., 2001; Fulton et al., 2003). Ostale metode primene mineralnih đubriva su inkorporiranje anhidrogovanog amonijaka i prskanje tečnim đubrivom. Prvi rasipači mineralnog đubriva pojavili su se krajem XIX veka. Najveći broj ovih rasipača pripadao je oscilatornom tipu. Centrifugalni tip rasipača takođe se pojavio u tom periodu, ali njegova upotreba je intenzivirana u drugoj polovini XX veka (Fulton et al., 2004). Glavni uzrok ove pojave bio je to što fizičke osobine mineralnih đubriva, uticaj vetra i brzine kretanja nisu bili ispitani u dovoljnoj meri. Kasnija istraživanja i raspolaganje određenim podacima doprineli su tome da centrifugalni rasipači zauzmu vodeću poziciju. Prvobitno su bili korišćeni centrifugalni rasipači sa jednim diskom, a kasnije su se pojavili rasipači sa dva diska.

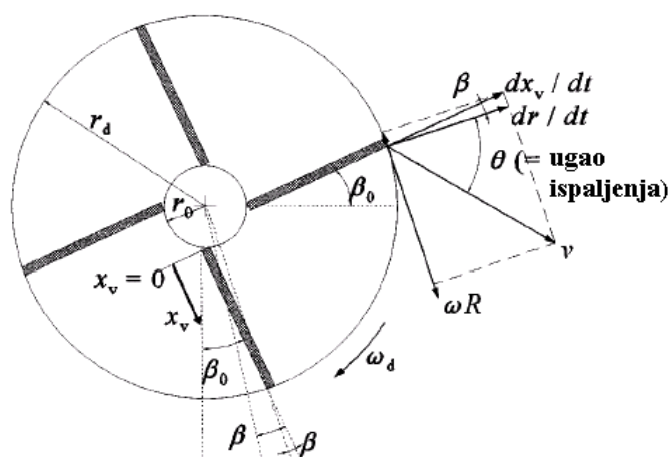
Da bi sam postupak aplikacije bio izveden na najbolji mogući način, rasipač mora da zadovolji određene zahteve (Grift and Hofstee, 2002; Tony, 2006):

- uniformna distribucija đubriva i u transverzalnom i u longitudinalnom pravcu, sa punim i delimično praznim bunkerom, različitom brzinom kretanja i različitom normom,
- dovoljan kapacitet bunkera,
- mogućnost prilagođavanja na relativno visoke useve,
- lako i precizno podešavanje protoka đubriva,
- mogućnost za ivično razbacivanje,
- visoka otpornost na koroziju i
- lako čišćenje.

Princip rada centrifugalnih rasipača sastoji se u sledećem: đubrivo iz bunkera pod dejstvom sile gravitacije pada na ploču koja se obrće u horizontalnoj ravni. Pod uticajem delujućih sila, čestica đubriva se počinje kretati po površini diska određenom putanjom sve do sudara sa lopaticom. Kada čestice đubriva dođu do kraja lopatica napuštaju rotirajući disk, krećući se dalje slobodnim padom. Daljina na koju će dospeti čestica zavisi od apsolutne brzine kretanja iste. Ustanovljeno je da povećanje broja obrtaja i promena rotirajućeg diska znatno utiču na povećanje apsolutne brzine čestice u

trenutku napuštanja lopatice. Na povećanje ove brzine takođe utiče i promena ugla lopatice (Hofstee and Huisman, 1990).

Iz gore navedenog može se zaključiti da su važni faktori rotirajućeg diska njegov prečnik (r_d), radijus napajanja diska (r_0), ugao nagiba lopatice (β_0), ugao kupe na disku (α) i oblik kupe (prava, kriva ili kombinacija), što je predstavljeno na slikama 10 i 11.



Sl. 10 Važni parametri rotirajućeg diska

7.2.1 Kretanja čestica mineralnih đubriva

Prilikom aplikacije čestice mineralnih đubriva obavljaju dva glavna kretanja:

- kretanje u ili po radnim delovima rasipača i
- kretanje kroz vazduh.

Prvi vid kretanja je pod neposrednim uticajem koncepcije rasipača dok u drugom slučaju kretanje čestice ne zavisi od rasipača osim u početnoj fazi. Kretanje čestica kroz vazduh biće objašnjeno u posebnom poglavlju.

Kretanje čestica na rotirajućem disku može biti opisano različitim jednačinama koje mogu biti izvedene iz uticaja sila na čestice, sledeći D'alambertov princip (Hofstee and Huisman, 1990).

Sile koje deluju na čestice su:

$$\text{sila gravitacije } F_g = m_p \cdot g \quad (\text{Jed. 16}),$$

$$\text{centrifugalna sila } F_{ce} = m_p \cdot \omega_d^2 r \quad (\text{Jed. 17}),$$

$$\text{sila inercije mase } F_1 = m_p \cdot \frac{d^2 v}{dt^2} \quad (\text{Jed. 18}),$$

$$\text{Coriolis - ova sila } F_{Co} = 2m_p \cdot \omega_d \frac{dx}{dt} \quad (\text{Jed. 19}),$$

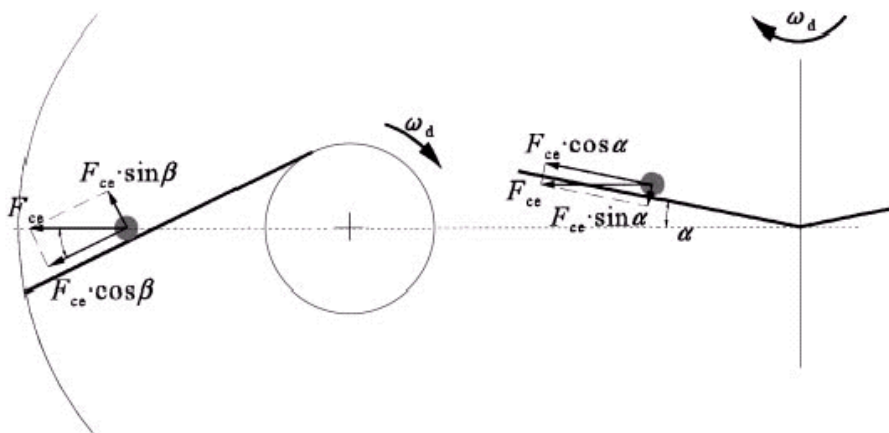
sila trenja - F_t .

Kada je oblik lopatice lučan javlja se i dodatna centrifugalna sila, koja zavisi od brzine duž lopatice i zamišljenog radijusa lopatice.

Kada se analizira kretanje čestica nužno je napraviti razliku između radijalne pozicije čestice, udaljenosti od centra diska (r) i putanje duž lopatice (x_v) (Sl. 10). Mnogi rasipači đubriva imaju prave lopatice, koje su smeštene na disk pod određenim uglom nagiba, poštujući radijalnu liniju. Trenutan ugao nagiba jednak je postojećoj zakrivljenosti lopatice zbog koje ugao nagiba ostaje konstantan za promenljivu radijalnu poziciju. Takva zakrivljenost lopatice je logaritamska spirala (Jed. 20).

$$\beta = \arctan \left(\frac{r_0 \sin \beta_0}{x_v \cos \alpha + r_0 \cos \beta} \right) \quad (\text{Jed. 20}).$$

Centrifugalna sila. Centrifugalna sila uvek deluje u horizontalnoj ravni duž linije do centra rotacije i radijalne pozicije čestice.



Sl. 11 Dejstvo centrifugalne sile na disku

Centrifugalna sila (Sl. 11) može biti iskazana:

- u pravcu kretanja: $+ F_{ce} \cos \alpha \cos \beta$ (Jed. 21),

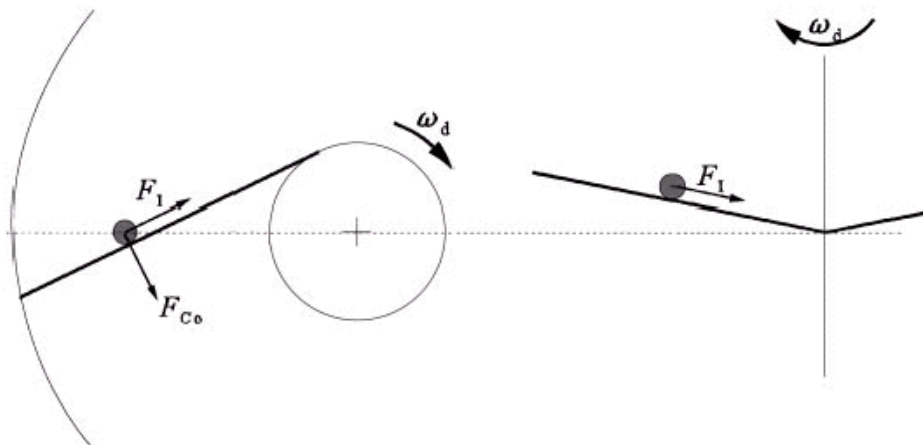
- u pravcu vertikalno na disk: $+ F_{ce} \sin \alpha \cos \beta$ (Jed. 22),

- u pravcu vertikalno na lopaticu: $- F_{ce} \sin \alpha$ (Jed. 23).

Koriolisova sila je uvek prisutna u horizontalnoj ravni i ona je normalna na smer kretanja. Samo horizontalna komponenta brzine duž lopatice je relevantna:

$$F_{co} = 2 m_p \cos \alpha \omega_d \frac{dx_v}{dt} \quad (\text{Jed. 24}).$$

Inercija mase. Inercija mase (Sl. 12) uvek deluje u pravcu kretanja.



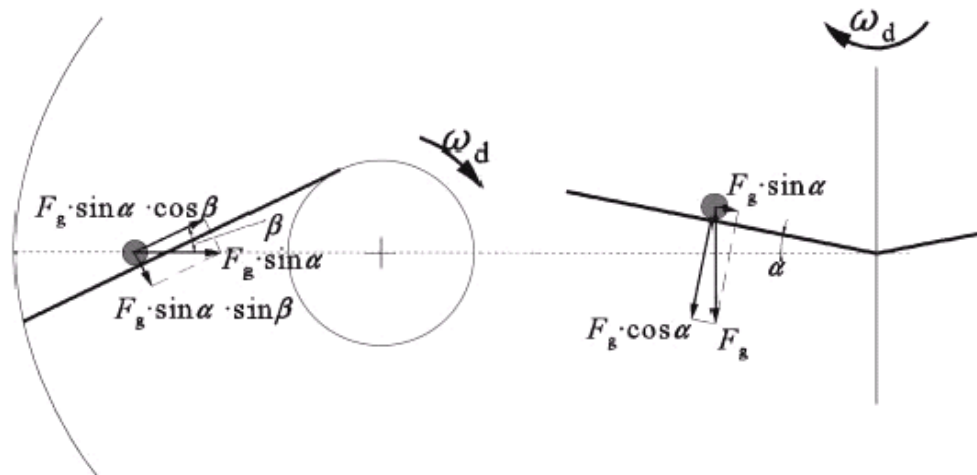
Sl. 12 Koriolisova sila i inercija mase na disku

Sila gravitacije (Sl. 13) uvek deluje vertikalno na pravac kretanja, ka centru zemljine teže. Sila gravitacije može biti iskazana:

- u pravcu kretanja: $F_g \sin \alpha \cos \beta$ (Jed. 25),

- u pravcu vertikalno na disk: $F_g \cos \alpha$ (Jed. 26),

- u pravcu vertikalno na lopaticu: $F_g \sin \alpha \sin \beta$ (Jed. 27).



Sl. 13 Sila gravitacije koja deluje na disku

Sila trenja. Sve sile koje deluju na granulu mineralnog đubriva imaju bar jednu vertikalnu komponentu na lopatici ili površini diska i uzrokuju silu trenja koja deluje u suprotnom pravcu od pravca kretanja.

- Centrifugalna sila

$$\text{Na disk: } -\omega_d \cdot r \sin \alpha \cos \beta \mu_d \quad (\text{Jed. 28}),$$

$$\text{Na lopaticu: } \omega_d^2 \cdot n \sin \beta \mu_v \quad (\text{Jed. 29}),$$

$$\text{Coriolis - ova sila: } 2 \cos \alpha \sin \omega_0 \frac{dx_v}{dt} \quad (\text{Jed. 30}),$$

- Sila gravitacije

$$\text{Na disk: } g \cos \alpha \mu_o \quad (\text{Jed. 31}),$$

$$\text{Na lopaticu: } g \sin \alpha \beta \cos \mu_o \quad (\text{Jed. 32}).$$

Jednačine kretanja. Rezultati u pratećem univerzalnom izjednačavanju masa na kupasto oblikovanim diskovima, duž nagiba prave lopatice su

$$\frac{d^2 x_v}{dt^2} + 2 \cos \mu_v \omega \frac{dx_v}{dt} - \dots \quad (\text{Jed. 33}),$$

$$(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta \mu_d + \sin \beta \mu_d + \sin \beta \mu_d) \omega_d^2 r + \dots$$

$$(\sin \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \mu_d + \cos \beta \mu_d) g = 0 \quad (\text{Jed. 34}).$$

Daljim svođenjem prethodnih jednačina dobija se sledeća relacija:

$$r = \sqrt{r_0^2 + (x_v \cos \alpha)^2 + 2r_0 x_v \cos \alpha \cos \beta_0} \quad r_2 \quad (\text{Jed. 35}).$$

Slično je i sa jednačinama za kružne lopatice, a logaritamska spirala lopatice i parabola lopatice su date od strane Hofstee (1992).

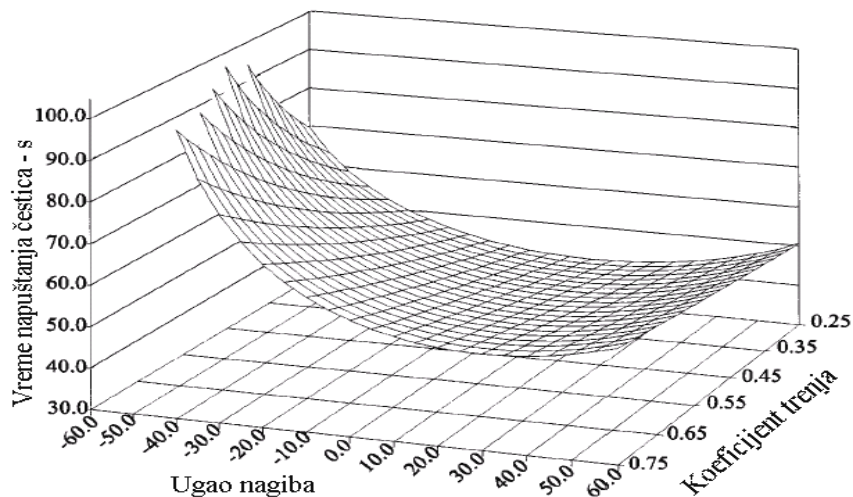
Finalni rezultati akceleracije čestica duž lopatice na rotirajućem disku su da te čestice napuštaju disk u određenoj poziciji i pri određenoj brzini u određenom pravcu.

Relevantni činioci promenljivog pražnjenja su:

- Vreme boravka - vreme koje je prošlo između momenta kada je započeto kretanje diska i momenta kada su čestice napustile disk;
- Ugao rotacije diska - ugaona rotacija diska tokom vremena napuštanja;
- Tangentna brzina - brzina na periferiji vrha lopatice $\frac{dx_v}{dt}$;
- Radijalna brzina - brzina čestica u radijalnom pravcu $\frac{dr}{dt}$;
- Brzina silaska sa diska - apsolutna brzina kojom se čestice ispaljuju i jednak je vektorskom dodatku brzine duž lopatice i tangentalnoj brzini;
- Ugao ispaljivanja - ugao između radijalnog pravca i pravca pražnjenja.

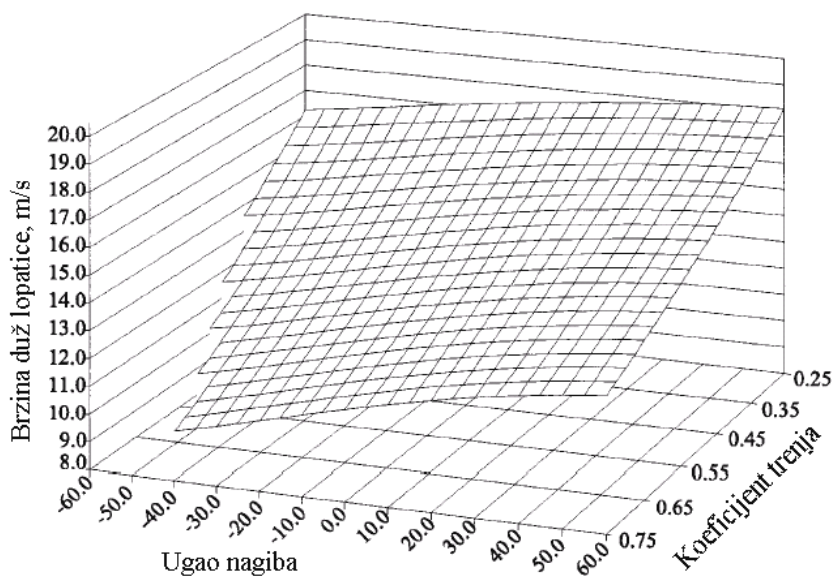
Radijus napajanja. Analize jednačina kretanja 33, 34 i 35 pokazuju da je potreban minimum rastojanja sa kog čestice treba da budu dovedene na disk. Rastojanje je svakako manje od 1 mm za rotirajuću brzinu od 340 o/min i za $\mu = 0,3$.

Ugao nagiba. Uticaj ugla nagiba kombinovanog sa uticajem koeficijenta trenja je za ravan rotirajući disk prikazan je na slikama 14, 15, 16 i 17 (Hofstee, 1995). Slika 14 pokazuje da je promena ugla nagiba lopatice od minus šezdeset do nula stepeni praćena relativno velikim skraćanjem vremena napuštanja diska, dok dalje povećanje ugla do plus šezdeset stepeni prati relativno malo produženje vremena napuštanja diska od strane čestica đubriva. Ova slika nadalje pokazuje da je unazad nagnuta lopatica manje otporna na varijacije koeficijenta trenja u odnosu na unapred nagnute lopatice.

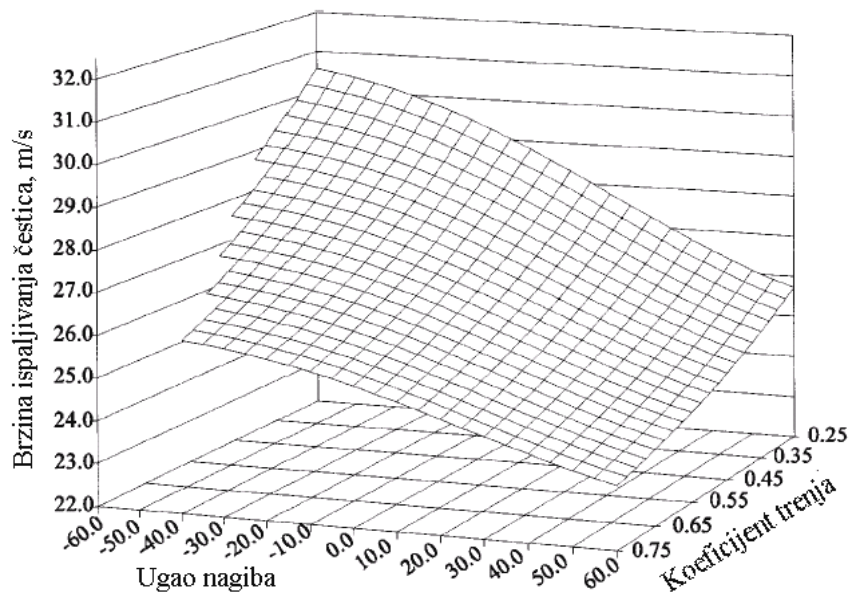


Sl. 14 Uticaj ugla nagiba lopatice i koeficijenta trenja na vreme napuštanja diska od strane čestica đubriva - ugao nagiba u ($^{\circ}$)

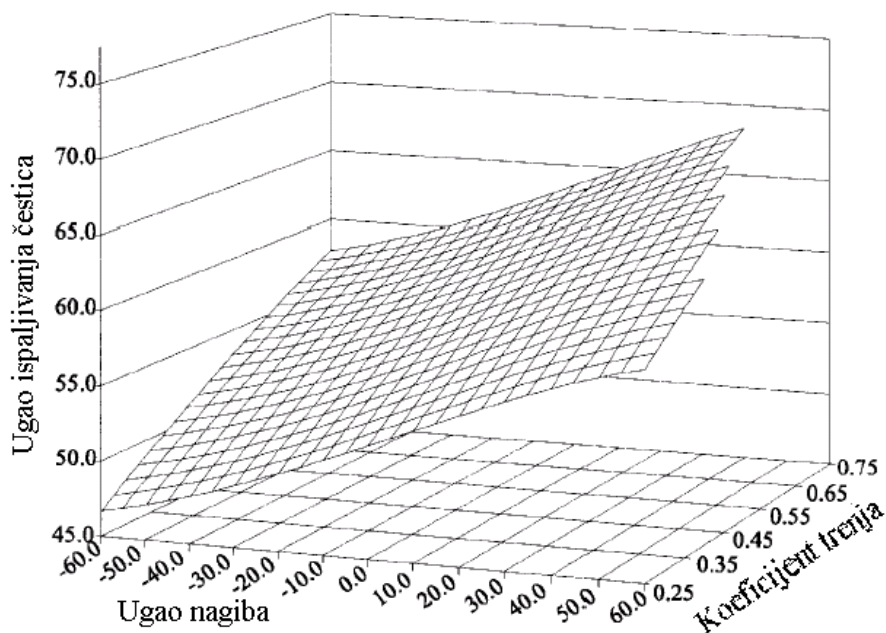
Na slici 15 je prikazano kako se brzina duž lopatice povećava kada se nagib povećava od minus šezdeset do plus šezdeset stepeni. Na slici 16 je prikazano kako to ne rezultira povećanjem brzine pražnjenja već umanjnjem brzine pražnjenja. Brzina duž lopatice sa unazad nagnutim lopaticama ima komponentu brzine suprotnu tangencijalnoj brzini na vrhu lopatice. Slika 17 pokazuje da se ugao pražnjenja povećava zavisno od ugaonog nagiba od minus šezdeset do plus šezdeset stepeni



Sl. 15 Uticaj ugla nagiba lopatice i koeficijenta trenja na brzinu čestica đubriva duž lopatice - ugao nagiba u ($^{\circ}$)



Sl. 16 Uticaj ugla nagiba lopatice i koeficijenta trenja na brzinu ispaljivanja čestica đubriva - ugao nagiba u ($^{\circ}$)



Sl. 17 Uticaj ugla nagiba i koeficijenta trenja na ugao ispaljivanja čestica đubriva - ugao nagiba u ($^{\circ}$)

Dužina lopatice i radijus diska. Povećanje dužine lopatice ili radijusa diska rezultira povećanjem obe radijalne brzine i ima za posledicu veću brzinu pražnjenja.

Nadalje, vreme boravka čestica na disku se produžava, a rezultat je rotacija ugla diska tokom boravka čestica na disku.

Promene dužine lopatice mogu biti upotrebljene za dobijanje različitih brzina pražnjenja i različite pravce pražnjenja da bi se time mogla postići specifična distribucija đubriva.

Ugao kupe. Pozitivan ugao kupe daje česticama komponentu brzine u pravcu naviše. Tako su čestice u stanju da prevaljuju veća rastojanja u vazduhu i da imaju veći domet.

Kada su sišle sa diska, čestice đubriva moraju da pređu veliko rastojanje kroz vazduh. Ono može biti veće od 30 m, zavisno od željene efektivne radne širine.

Sile koje deluju na čestice, tokom njihovog kretanja kroz vazduh, su: sile otpora kretanja, sila gravitacije, unutrašnje sile i sile trenja (otpor vazduha). Sila otpora vazduha može biti zanemarena njegovom gustinom (oko $1,2 \text{ kg/m}^3$) koja je manja od gustine čestica đubriva (između 900 kg/m^3 i 2200 kg/m^3). Aerodinamični koeficijent otpora K je široko primenjiv parametar jednačine koji treba da opiše kretanje čestica u vazduhu. Koeficijent se može dati kao:

$$K = \frac{3}{8} C_D \rho_a \frac{1}{\rho_p r_p} \quad (\text{Jed. 36}),$$

gde je: C_D - koeficijent otpora čestice u vazduhu,

ρ_a - gustina vazduha, g/cm^2

ρ_p - gustina čestica, g/cm^2

r_p - radijus čestice, cm,

ili:

$$K = \frac{g}{v_{pt}^2} \quad (\text{Jed. 37}),$$

gde je: v_{pt} - krajnja brzina.

Vrednost koeficijenta vuče C_D zavisi od Rejnoldsovog broja (Re):

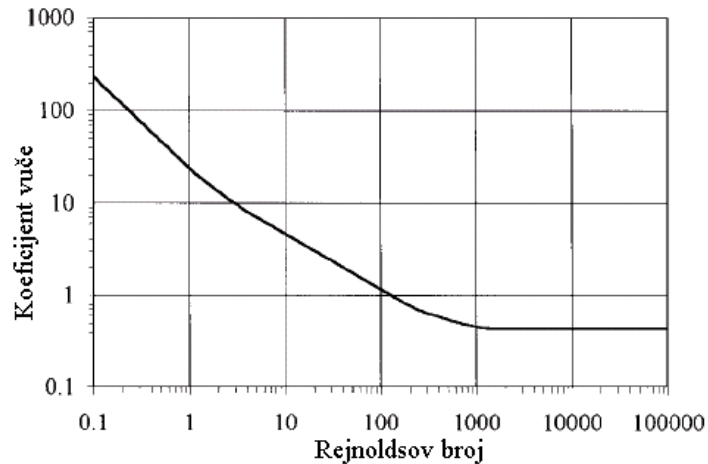
$$R_e = \frac{v \cdot d \cdot \rho_f}{\eta_f} \quad (\text{Jed. 38}),$$

gde je: v i d - prečnik objekta

ρ_f – gustina, g/cm²

η_f - dinamički viskozitet tečnosti.

Nema egzaktne analitičke relacije između Re i C_D . Odgovarajuće vrednosti mogu biti nađene pomoću tablica i dijagrama (Sl. 18) ili aproksimativnim izjednačavanjem.



Sl. 18 Relacija između Rejnoldsovog broja (Re) i koeficijenta otpora čestice u vazduhu (C_D)

Čestice đubriva su nepravilno oblikovana tela. Da bi se upotrebilo izjednačavanje potrebna je korekcija sfera, a faktor koji se reflektuje na devijacije od sfere, mora biti poznat. Kada je moguće izmeriti karakteristične dimenzije čestice, prečnik može biti podešen faktorom. Obim oblikovnog faktora je jednak:

$$Z = \frac{\pi}{6} \cdot \left(\frac{d_g}{d_c}\right)^3 \cdot \text{sferičnost} \quad (\text{Jed. 39}),$$

gde je: d_c - prečnik ekvivalentne sfere:

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{6 m_p}{\pi \rho_p}} \quad (\text{Jed. 40}),$$

gde je: m_p - masa čestice, g

d_g - geometrijsko značenje prečnika, cm:

$$d_g = \sqrt[3]{d_{\text{maj}} d_{\text{int}} d_{\text{min}}} \quad (\text{Jed. 41}),$$

u kojoj su d_{maj} , d_{int} i d_{min} , a posebno značajni su srednji i manji prečnik sfere jednaki sa:

$$\text{Sferičnost} = \frac{d_g}{d_{maj}} \quad (\text{Jed. 42}).$$

Korektovani aerodinamični koeficijent otpora K tada postaje:

$$K = \frac{3}{8} 0,44 \rho_a \frac{\pi}{\rho_p r_p^6 Z} \quad (\text{Jed. 43}).$$

Korišćenje ovog metoda zahteva zamenjivanje vrednosti od 0,44 za C_D zato što je potpuno podešavanje učinjeno sa Z . Međutim, determinisanje karakterističnih prečnika čestica đubriva je zaista teško. Hofstee (1993) je uveo koeficijent dijametra q , jednak proporciji između dijametra čestice shodno kojem se ponaša (d_{pm}) i dijametra ekvivalenta sfere (d_c). Vrednosti za d_{pm} su determinisane proverom na različitim tipovima đubriva različitih dimenzija. Korišćenjem vrednosti q , aerodinamički koeficijent otpora K postaje:

$$K = \frac{3}{8} C_D \rho_a \frac{1}{\rho_p r_p q} \quad (\text{Jed. 44}).$$

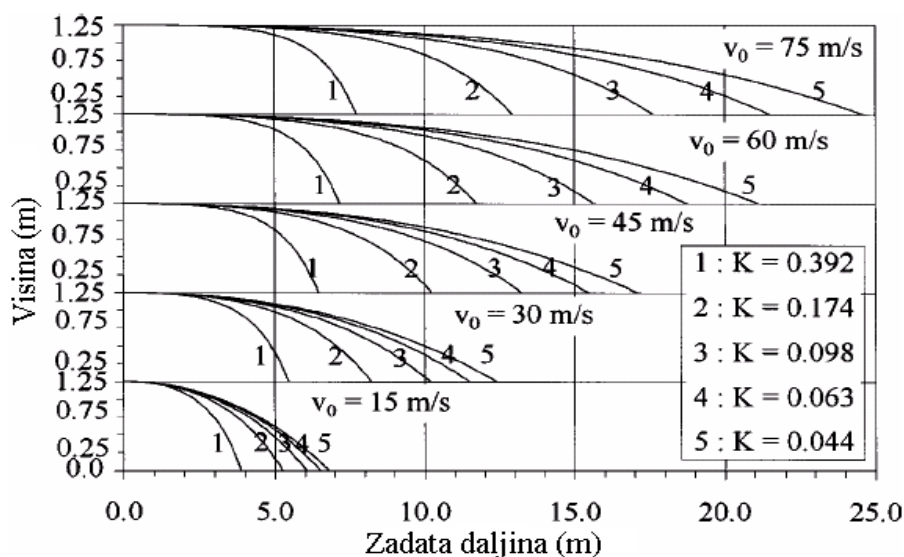
Jednačine kretanja čestica koje putuju vazduhom mogu se dobiti ravnotežom sila. Trajektorije čestica kroz vazduh su trodimenzionalne. Obzirom na to, trodimenzionalni Dekartov prostor sa pozitivnom Y osom u direktnoj je suprotnosti sa gravitacionim poljem. XZ ravan je tada odgovarajuća horizontalnoj ravni. Jednačine kretanja posebno za X , Y i Z pravce su predstavljene jednačinama 45, 46 i 47:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -K v_x \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad (\text{Jed. 45}),$$

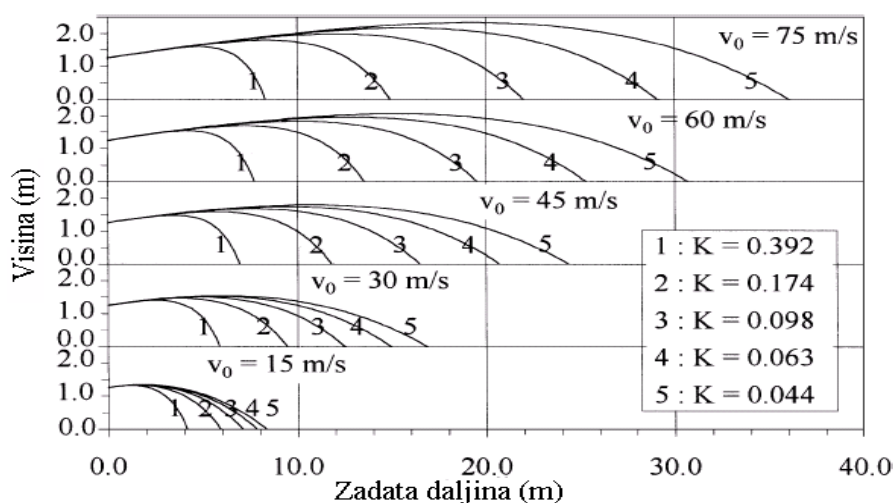
$$\frac{d^2y}{dt^2} = -K v_y \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} - g \quad (\text{Jed. 46}),$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -K v_z \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad (\text{Jed. 47}).$$

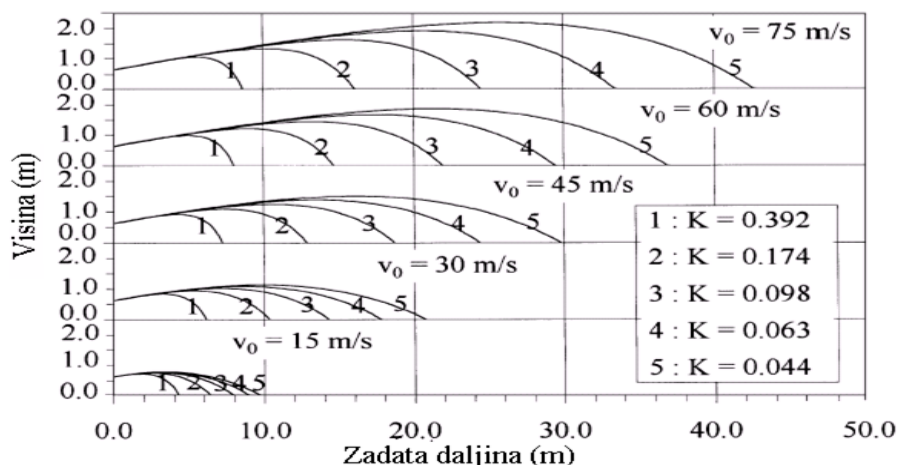
I jedan i drugi, X i Z pravci, mogu biti izostavljeni kada se čestice kontrolisano kreću u vertikalnoj ravni upravno na horizontalnu ravan. Čestice đubriva sa nižom vrednošću K putuju dalje nego čestice sa višom vrednošću K. Koeficijent aerodinamičkog otpora čestica đubriva ima vrednosti između 0,03 i 0,5. Izračunate trajektorije čestica za različite brzine pražnjenja, završnih brzina i vertikalnih uglova pražnjenja su date na slikama 19 - 22.



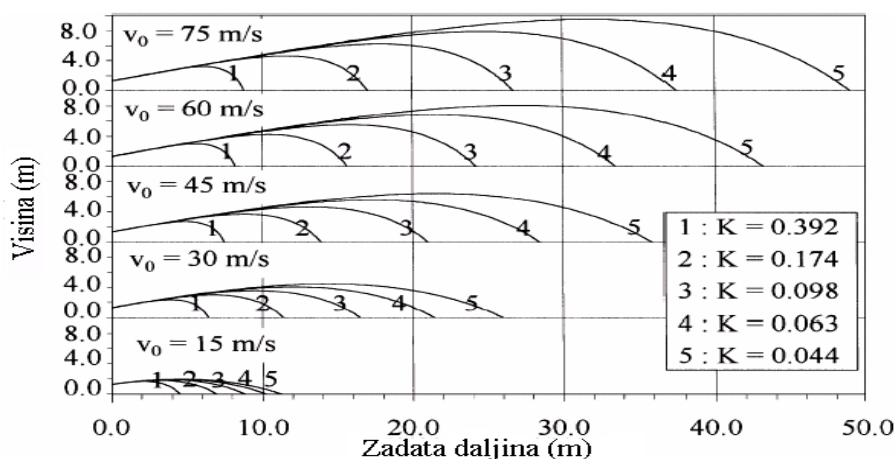
Sl. 19 Trajektorije čestica đubriva različitih vrednosti koeficijenta aerodinamičkog otpora K i brzine pražnjenja za vertikalno pražnjenje, ugao $\alpha=0^\circ$



Sl. 20 Trajektorije čestica đubriva različitih vrednosti koeficijenta aerodinamičkog otpora K i brzine pražnjenja za vertikalno pražnjenje ugao $\alpha=5^\circ$



Sl. 21 Trajektorije čestica đubriva različitih vrednosti koeficijenta aerodinamičkog otpora K i brzine pražnjenja za vertikalno pražnjenje, ugao $\alpha = 10^\circ$



Sl. 22 Trajektorije čestica đubriva različitih vrednosti koeficijenta aerodinamičkog otpora K i brzine pražnjenja za vertikalno pražnjenje ugao $\alpha = 20^\circ$

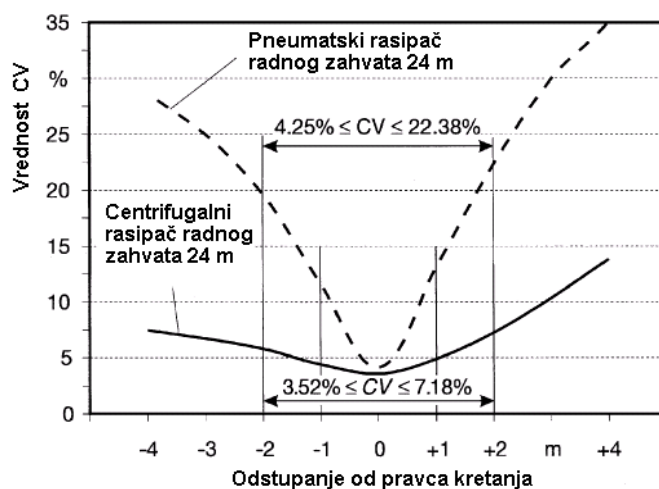
7.2.2 Ispitivanje ravnomernosti aplikacije

Test ispitivanja ravnomernosti aplikacije mineralnih đubriva može biti izvršen u poljskim uslovima, ali je moguće i da se sprovede u zatvorenom prostoru, isključujući klimatske faktore. U konkretnom ispitivanju, ravnomernost aplikacije mineralnih đubriva je testirana u poljskim uslovima rada mašina. Individualno sakupljene količine

đubriva su odvojeno izmerene, a rezultati su izračunati po određenim obrascima. Koeficijent varijacije (CV) je upotrebljen kao mera za prikaz transverzalne distribucije.

Za ocenu rasipača naredna dva kriterijuma su odlučujuća: uravnotežena lateralna distribucija unutar radnog zahvata i velika ravnomernost distribucije, na koju utiču spoljašnji faktori.

Na rad rasipača đubriva značajno utiču spoljašnji faktori kao što su neprecizno vođenje mašine, bočni vetrovi, ljuljanje traktora, nepravilno montirana mašina i veličina čestica đubriva. Uopšteno, rasipači đubriva koji se koriste za aplikaciju đubriva sa malom zonom preklapanja (pneumatski rasipači đubriva) su osetljivi na neprecizno vođenje mašine i ljuljanje traktora. Na primerima rasipanja sa velikom zonom preklapanja (centrifugalni i rasipači sa oscilatornom cevi) takvi uticaji su teško uočljivi (Sl. 23). Transverzalne greške u vožnji veće od 3 m rezultiraju manjim pogoršanjem CV za centrifugalne i rasipače sa oscilatornom cevi, dok za pneumatske rasipače đubriva transverzalna greška u vožnji od 1 m znatno povećava CV (Hofstee, 1995).

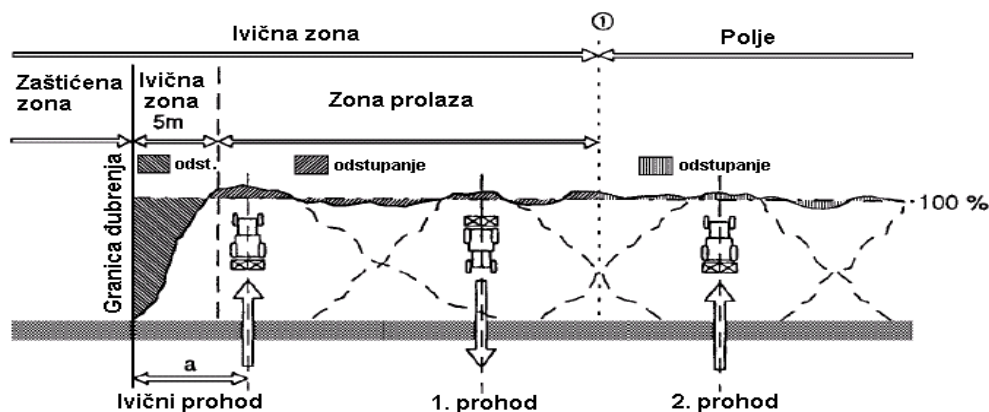


Sl. 23 Uticaj precizne vožnje na CV pneumatskog i centrifugalnog rasipača đubriva

Za pneumatske rasipače precizna distribucija manje zavisi od tipa rasipača, a više od načina upravljanja traktorom i reakcije na neravnine terena.

Za centrifugalne i rasipače sa otvorom za pražnjenje, osobine materijala imaće uticaj na lateralnu distribuciju. Na velikoj širini radnog zahvata uočljiv je značajan uticaj vetra.

Da bi se došlo do adekvatne procene aplikacije za sve rasipače đubriva, zona delovanja mora da bude podeljena na glavnu zonu parcele i na granična područja. Za glavnu zonu, prethodno pomenuta uputstva klasifikacije mašina za rasipanje su primenljiva. Granična područja za rasipanje moraju biti podeljena na tri sekcije (zaštićena zona, ivična zona i prolazna zona), a svaka od njih sa različitim zahtevima (Sl. 24).



Sl. 24 Identifikovane zone u odnosu na granično rasipanje đubriva (Hofstee, 1995)

Đubrivo ne bi trebalo da padne na zaštićeno područje. Kako bilo, zadržavanje đubriva u ovoj zoni mora biti determinisano na 1% od ukupne norme rasipanja. Ove vrednosti su dobijene tokom testiranja u kojima su pojedine čestice đubriva skrenute sa sabirnih posuda (Hofstee, 1995). Na spoljašnjoj strani zaštićene zone, koja iznosi oko pet metara, poljoprivredni proizvođači teže da ostvare potpunu normu rasipanja, kako bi osigurali viši prinos. Sa druge strane, ekolozi žele da osiguraju da nijedno đubrivo ne bude natopljeno kišom ili poplavom na polju, u zaštićenoj zoni.

U zoni prolaza količina đubriva je na nivou između graničnog rasipanja i normalnog rasipanja na parceli. Prolazna zona raste od granične zone do prve preskočene tačke između dva prolaza rasipača. U prolaznoj zoni norma rasipanja đubriva mora biti na istom nivou kao i središnjem delu parcele, a lateralna distribucija mora biti što kvalitetnija (Grift and Hofstee, 2002).

7.2.2.1 Ravnomernost aplikacije mineralnog đubriva UREA

Prvo đubrivo, čiji je kvalitet distribucije ispitan je UREA (H1) koja je korišćena u predsetvenoj pripremi za merkantilni kukuruz i suncokret.

Predsetvena priprema za merkantilni kukuruz izvršena je u aprilu 2010. godine na parceli T 3/11. U tu svrhu su korišćena dva traktora snage 80 kW i rasipači Vicon Rota Flow (R1) i RCW (R2). Zabeleženi su sledeći vremenski parametri: temperatura 23 °C, vlažnost vazduha 40,9 %. Duvao je zapadni vetar, čija je maksimalna brzina dostizala 1 m/s. Prosečna brzina kretanja i jednog i drugog agregata iznosila je 12,5 km/h. Norma rasipanja iznosila je 250 kg/ha. Širina radnog zahvata podešena za R1 iznosila je 16 m, dok je za R2 iznosila 12 m.

Ispraćena su tri prohoda traktorsko – mašinskog agregata. Podaci o distribuciji đubriva dužinom radnog zahvata dati su u tabeli 4 za rasipač R1, dok su u tabeli 5 dati podaci za rasipač R2.

Raspodela mineralnog đubriva H1 je slična u sva tri prohoda traktora na koji je bio agregatiran rasipač R1. U posudama pozicioniranim u centralnom delu radnog zahvata mašine, mase uzoraka bile su veće od onih sakupljenih u na perifernim tačkama. Evidentana je i razlika između prohoda u smislu mase uzoraka sakupljenih na istim pozicijama duž radnog zahvata. Tako su u prvom proходу mase uzoraka u središnjem delu radnog zahvata veće od onih koji su sakupljeni na istim pozicijama u toku drugog i trećeg prolaza traktorsko-mašinskog agregata. H1 ima karakteristiku visoke higroskopnosti, pa se u kombinaciji sa visokom vlažnošću vazduha granule brže slepljuju i samim tim je otežan izlazak đubriva kroz unapred podešen dozator.

Rasipač R2 je prilikom rada ispoljio glavnu karakteristiku centrifugalnih rasipača, a to je raspodela pri kojoj periferni delovi radnog zahvata dobijaju manje količine đubriva u odnosu na centralne delove radnog zahvata. Mase uzoraka koje su sakupljene su nešto veće u odnosu na R1, što može ukazivati na veću stabilnost R2 kao vučenog rasipača. Takođe, R2 radi sa manjim radnim zahvatom, pa je manja mogućnost da vetar raznese granule van predviđenog područja tj. distribucija je preciznija.

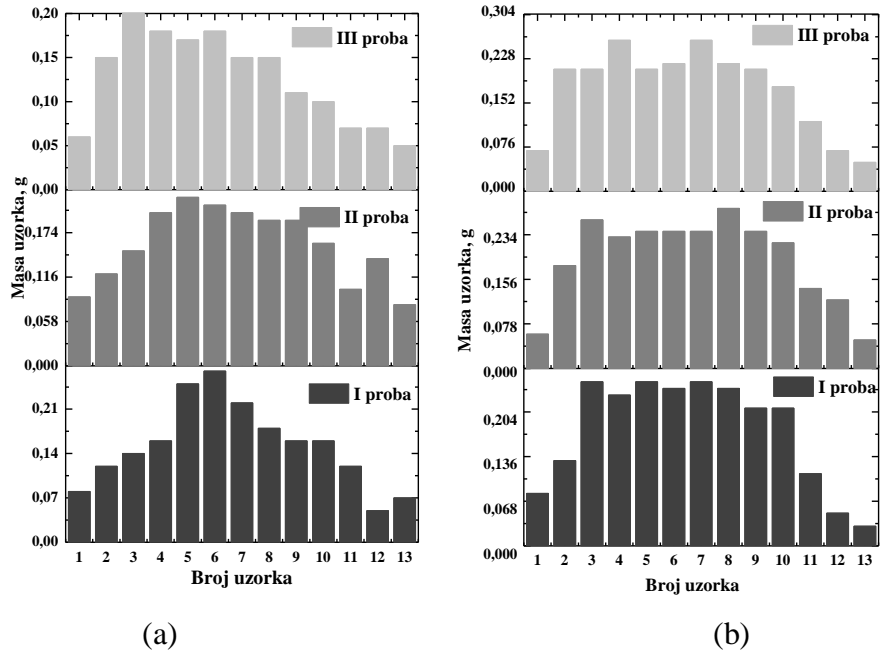
Tab. 4 Distribucija đubriva H1 rasipačem R1 (prva norma)

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,08	0,12	0,14	0,16	0,25	0,27	0,22	0,18	0,16	0,16	0,12	0,05	0,07
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,09	0,12	0,15	0,20	0,22	0,21	0,20	0,19	0,19	0,16	0,10	0,14	0,08
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,06	0,15	0,20	0,18	0,17	0,18	0,15	0,15	0,11	0,10	0,07	0,07	0,05

Tab. 5 Distribucija đubriva H1 rasipačem R2 (prva norma)

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,08	0,13	0,25	0,23	0,25	0,24	0,25	0,24	0,21	0,21	0,11	0,05	0,03
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,06	0,18	0,26	0,23	0,24	0,24	0,24	0,28	0,24	0,22	0,14	0,12	0,05
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,07	0,21	0,21	0,26	0,21	0,22	0,26	0,22	0,21	0,18	0,12	0,07	0,05

Na slici 25 se vidi kako izgleda ravnomernost distribucije đubriva. Najveća količina đubriva je rapoređena u središnjem delu radnog zahvata, odnosno, kriva raspodele ima karakterističan oblik trapeza.



Sl. 25 Ravnomernost distribucije đubriva H1 u predsetvenoj pripremi za kukuruz rasipačem R1 (a) i R2 (b)

U tabelama 6 i 7 dat je pregled statističkih parametara distribucije H1, kao i prosečne ostvarene norme rasipanja na istim pozicijama duž radnog zahvata u tri vezana prohoda.

Tab. 6 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H1 za rasipač R1 (prva norma)

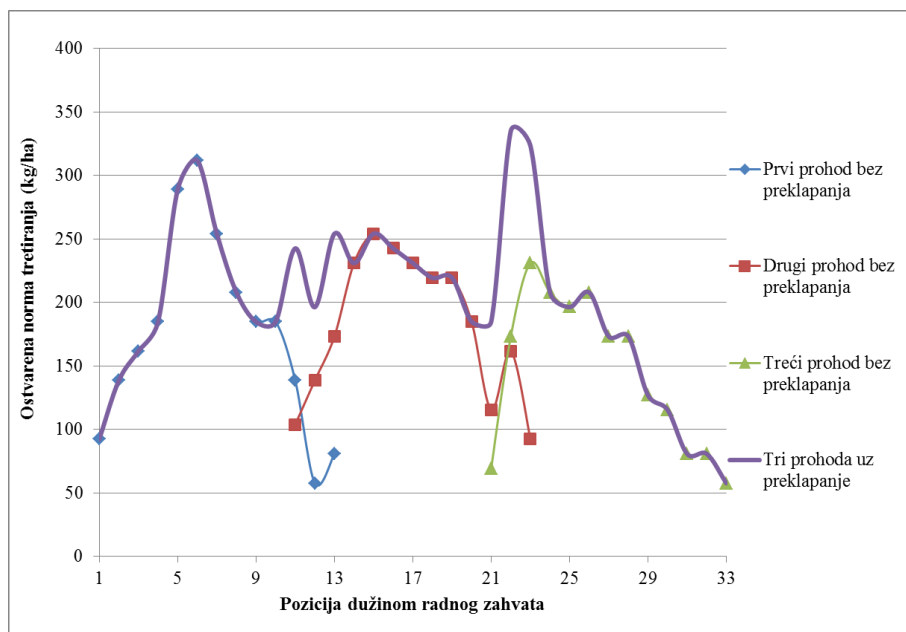
Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,077	0,130	0,163	0,180	0,213	0,220	0,190	0,173	0,153	0,140	0,097	0,087	0,067
St.dev. (g)	0,012	0,014	0,026	0,016	0,033	0,037	0,029	0,017	0,033	0,028	0,021	0,039	0,012
Cv (%)	16,27	10,88	16,07	9,07	15,47	17,01	15,49	9,81	21,52	20,20	21,26	24,52	18,71
Pros. norma (kg/ha)	88,58	150,20	188,72	207,97	246,49	254,19	219,53	200,27	177,16	161,75	111,69	100,14	77,03

Tab. 7 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H1 za rasipač R2 (prva norma)

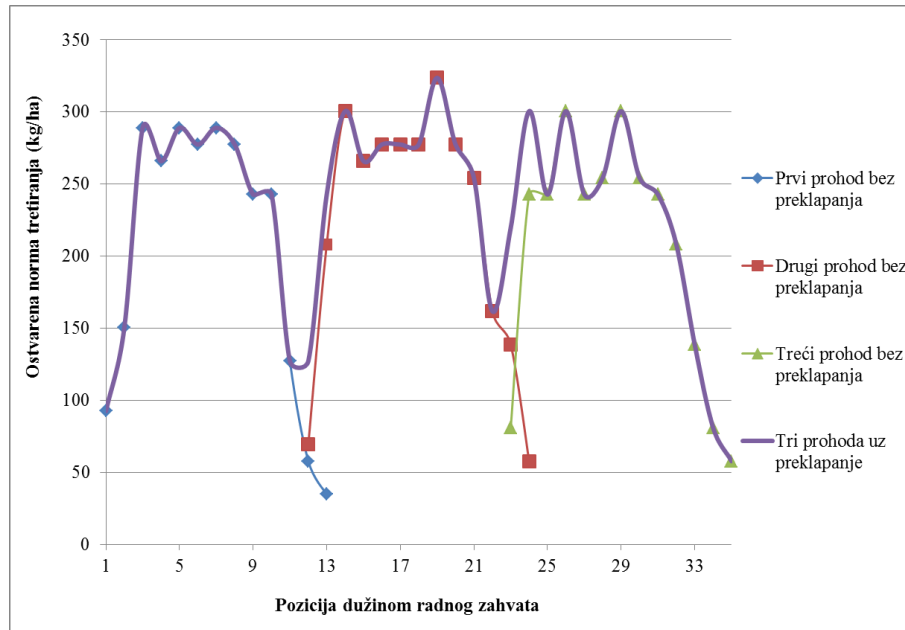
Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,070	0,173	0,240	0,240	0,233	0,233	0,250	0,247	0,220	0,203	0,123	0,080	0,043
St.dev. (g)	0,008	0,033	0,022	0,014	0,017	0,009	0,008	0,025	0,014	0,017	0,012	0,029	0,009
Cv (%)	11,66	19,04	9,00	5,89	7,28	4,04	3,27	10,11	6,43	8,36	10,11	26,80	21,76
Pros. norma (kg/ha)	80,88	200,27	277,29	277,29	269,59	269,60	288,85	285,00	254,19	234,93	142,50	92,43	50,07

Prikazani rezultat pokazuju da su koeficijent varijacije u slučaju oba rasipača mineralnog đubriva u granicama zadovoljavajućeg, osim u slučaju pozicija na periferiji radnog zahvata, gde su vrednosti više u odnosu na centralne pozicije. Kao što se može videti, kod rasipača R1 vrednosti ovog parametra kreću se od 9,07 do 24,52% u slučaju pozicije 12 na periferiji radnog zahvata, što pokazuje visoku varijabilnost u kontinuitetu rasipanja duž radnog zahvata i potvrđuje potrebu za preklapanjem prohoda. U slučaju rasipača R2 dobijeni su nešto niži koeficijenti varijacije u globalu, ali i ovde su te vrednosti preko 20% na perifernim pozicijama (konkretno, na poziciji 12 Cv iznosi 26,8%). Na ostalim perifernim pozicijama je u granicama zadovoljavajućih vrednosti (ispod 20%). Što se norme rasipanja tiče, postignuta je niža od zadate, naročito u slučaju rasipača R1, što dovodi do potrebe za preklapanjem prohoda, kako bi i periferni delovi radnog zahvata bili adekvatno prekriveni mineralnim đubrivom. U ovom slučaju se uzima u obzir postignuta norma na svakoj poziciji i teži se takvom preklapanju prohoda gde će ona biti što bliža zadatoj, ali da na centralnim pozicijama ne bude prekoračena. Iz tog razloga se preporučuje takvo preklapanje, gde će se težiti izjednačavanju norma rasipanja na svim pozicijama, ali u toj meri da na perifernim pozicijama bude što približnija zadatoj, a da pri tom centralne (koje su na nivou zadovoljavajuće norme rasipanja) ne dobiju dodatne, nepotrebne količine mineralnog đubriva.

Rezultati proračuna potrebnog preklopa je prikazan na slikama 26 i 27.



Sl. 26 Rezultati proračuna potrebnog preklopa za rasipač R1 (prva norma)



Sl. 27 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R2 (prva norma

U slučaju rasipača R1 javlja se potreba za procentualno većim preklapanjem prohoda. Ovo se može objasniti činjenicom da je R1 nošeni rasipač, dok je R2 vučeni, pa samim tim je i stabilniji prilikom kretanja po neravnom terenu parcele. To dalje implicira manje gubitke hraniva u vidu drifta i neželjene distribucije van planiranog prohoda. Kod rasipača R1 trebalo je preklapati 15,38% širine radnog zahvata, a kod rasipača R2 7,67% širine radnog zahvata.

Predsetvena priprema za suncokret izvršena je na parceli T 18, u aprilu 2011. godine. Temperatura vazduha je iznosila 23,8 °C, relativna vlažnost vazduha 26,9 %, a duvao je jugoistočni vetar brzinom od 1 m/s. Korišćena su dva traktora snage 80 kW i rasipači R1 i R2. Prosečna brzina kretanja oba agregata kretala se između 10,5 i 11 km/h. Norma rasipanja iznosila je 150 kg/ha. Širina radnog zahvata za R1 je bila podešena na 18 m, dok je za R2 ona iznosila 15 m.

Rezultati distribucije čestica mineralnog đubirva dati su u tabeli 8 za rasipač R1 i u tabeli 9 za rasipač R2. Ispitivanje rada oba rasipača u predsetvenoj pripremi za suncokret rađeno je u po tri prohoda, bez preklapanja. Uzorci su sakupljeni iz oglednih posuda koje su postavljane duž radnog zahvata, na određenoj udaljenosti jedna od druge. Traktorsko – mašinski agregati su se u slučaju oba rasipača kretali približno jednakim brzinama, koje su iznosile između 10 i 11 km/h, što je u granicama teorijski preporučljivih brzina kada je ova agrotehnička operacija u pitanju. Nakon sakupljanja uzoraka na oglednoj parceli, isti su prosleđeni u laboratoriju, gde su ispitani na adekvatnoj aparaturi.

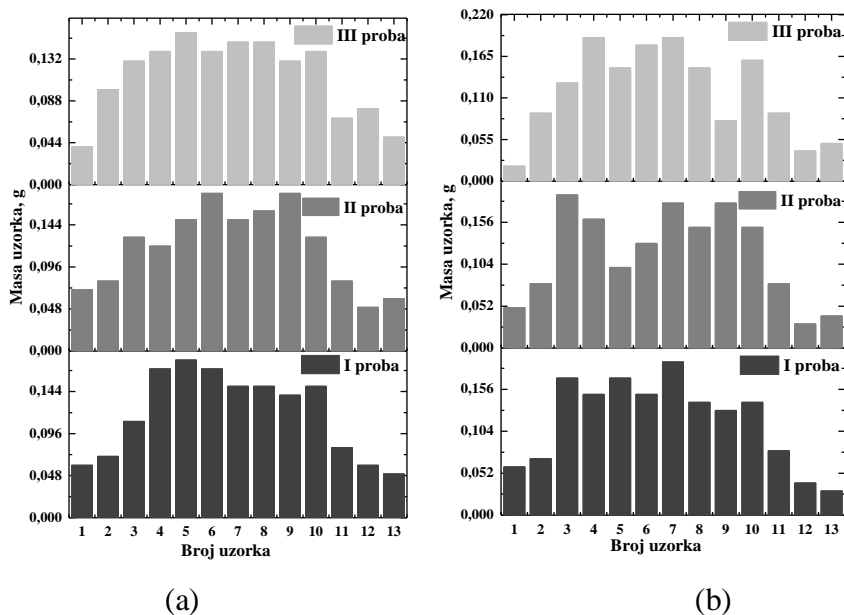
Tab. 8 Distribucija đubriva H1 rasipačem R1 (druga norma)

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,06	0,07	0,11	0,17	0,18	0,17	0,15	0,15	0,14	0,15	0,08	0,06	0,05
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,09	0,12	0,15	0,20	0,22	0,21	0,20	0,19	0,19	0,16	0,10	0,14	0,08
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,1	0,13	0,14	0,16	0,14	0,15	0,15	0,13	0,14	0,07	0,08	0,05

Tab. 9 Distribucija đubriva H1 rasipačem R2 (druga norma)

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,06	0,07	0,17	0,15	0,17	0,15	0,19	0,14	0,13	0,14	0,08	0,04	0,03
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,08	0,19	0,16	0,1	0,13	0,18	0,15	0,18	0,15	0,08	0,03	0,04
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,09	0,13	0,19	0,15	0,18	0,19	0,15	0,08	0,16	0,09	0,04	0,05

Na slici 28 je grafički prikazana ravnomernost distribucije đubriva duž radnog zahvata u slučaju predsetvene pripreme za suncokret pomoću rasipača R1 i R2.



Sl. 28 Ravnomernost distribucije đubriva H1 u predsetvenoj pripremi za suncokret rasipačem R1 (a) i R2 (b)

Poprečna distribucija hraniva H1 ostvarena rasipačem R1 u slučaju druge norme rasipanja bolja je u centralnom delu radnog zahvata nego na perifernim pozicijama, odnosno, mase uzoraka su veće i norma je bliža zadatoj. Razlika u masama uzoraka na istim pozicijama, gledano između prohoda, nešto je manja nego u slučaju prve zadate norme.

Rezultati rada rasipača R2 pokazuju već pomenuti oblik raspodele, a mase uzoraka su veće nego kod rasipača R1, što ukazuje na veću stabilnost ove mašine. Činjenica da je R2 radio sa manjim radnim zahvatom dovodi do zaključka da je raspodela u tom slučaju preciznija.

Statistički parametri raspodele mineralnog đubriva H1 pomoću rasipača R1 i R2 dati su u tabelama 10 i 11.

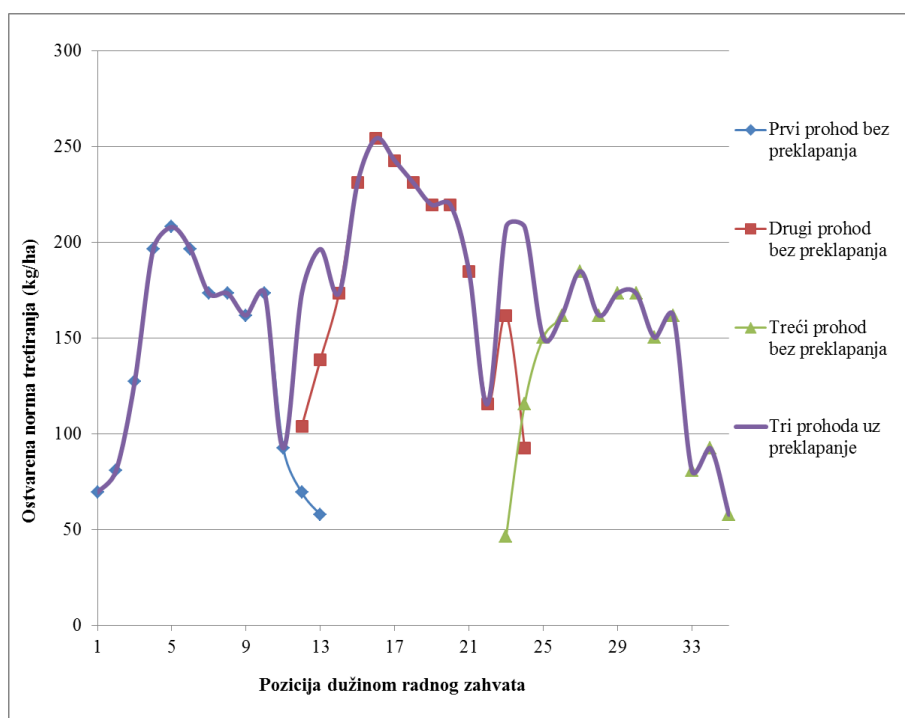
Tab. 10 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H1 za rasipač R1 (druga norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,063	0,097	0,130	0,170	0,187	0,173	0,167	0,163	0,153	0,150	0,083	0,093	0,06
St.dev. (g)	0,021	0,021	0,016	0,024	0,025	0,029	0,024	0,019	0,026	0,008	0,012	0,034	0,014
Cv (%)	22,44	21,26	12,56	14,41	13,36	16,54	14,14	11,54	17,12	5,44	14,97	26,42	23,57
Pros. norma (kg/ha)	73,18	111,69	150,20	196,42	215,67	200,27	192,57	188,72	177,16	173,31	96,28	107,84	69,32

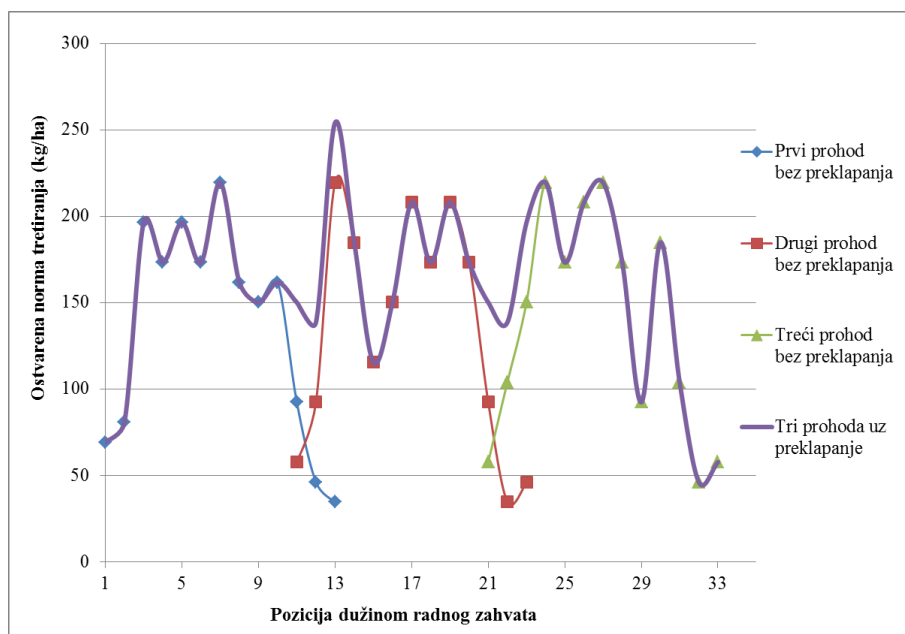
Tab. 11 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H1 za rasipač R2 (druga norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,053	0,08	0,163	0,167	0,140	0,153	0,187	0,147	0,130	0,150	0,083	0,037	0,04
St.dev. (g)	0,005	0,008	0,025	0,017	0,029	0,021	0,005	0,005	0,040	0,008	0,005	0,005	0,008
Cv (%)	8,84	10,21	15,27	10,20	21,03	13,40	2,53	3,21	21,40	5,44	5,66	12,86	20,41
Pros. norma (kg/ha)	61,62	92,43	188,72	192,57	161,76	177,16	215,68	169,46	150,20	173,31	96,28	42,37	46,22

Parametri distribucije u ovom slučaju su ujednačeniji, s tim što je ponovo koeficijent varijacije viši na perifernim pozicijama. Ipak, on se uglavnom kreće u granicama zadovoljavajućeg (oko 20%), osim u slučaju krajnjih pozicija kod rasipača R1, gde prelazi 20%. U slučaju rasipača R2, vrednosti koeficijenta varijacije se kreću od 2,53% na centralnoj poziciji radnog zahvata, pa do maksimalnih 21,40% na jednoj od perifernih pozicija, ali generalno gledano, Cv je u granicama koje zadovoljavaju kvalitetnu distribuciju u smislu ujednačenosti uzoraka. Ipak, norma rasipanja u slučaju oba rasipača nešto je niža idući od centralnih delova zahvata ka periferiji, što implicira preklapanje prohoda, a sve u cilju postizanja što bolje pokrivenosti mineralnim đubrivom.



Sl. 29 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R1 (druga norma)



Sl. 30 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R2 (druga norma)

U slučaju primene mineralnog đubriva H1 u predsetvenoj pripremi za suncokret, procentualno je trebalo izvršiti preklapanje 7,67% širine radnog zahvata u radu rasipača R1 (Sl. 29), a 15,33% širine radnog zahvata u radu rasipača R2 (Sl. 30). Ovim preklapanjima postiže povećanje norme rasipanja na perifernim delovima i njeno približavanje zadatoj, a da se pri tome ne preoptereće centralni delovi i ne rasipa znatno veća količina mineralnog đubriva.

7.2.2.2 Fizičko-mehaničke osobine granula mineralnog đubriva UREA

Sa aspekta poljoprivredne tehnike, a samim tim i obavljanja određenih tehnoloških operacija u biljnoj proizvodnji najvažnije je poznavanje fizičko – mehaničkih osobina poljoprivrednih materijala koji dolaze u kontakt sa radnim organima mašina koje ih distribuiraju (Mičić, 1990; Mileusnić et al., 2010).

Iz ovog razloga su uzorci sakupljeni na terenu u toku eksperimentalnog dela istraživanja obrađeni i laboratorijski.

Početa hipoteza je bila da određene karakteristike mineralnih đubriva utiču na određeni deo procesa kroz koji čestice đubriva prolaze, pa je poseban akcenat stavljen na granulaciju ispitivanih đubriva i na njihovu čvrstoću, od kojih u najvećoj meri zavisi

aplikacija (Miodragović, 1993). Od statičkog ugla trenja zavisi na koju udaljenost će pasti granula izbačena iz rasipača, što opet utiče na kvalitet distribucije. Na kraju, ali ne i najmanje važno, statički i dinamički ugao nasipanja najviše utiču na način skladištenja hraniva (Turan et al., 2010). Tim konkretnim problemom ovde se nije naročito bavilo, ali svakako da i sam proces skladištenja i čuvanja materijala utiče na sve dalje delove procesa kroz koji mineralno đubrivo prolazi.

- Granulacija đubriva H1

Granulometrijski sastav đubriva ima uticaj na veličinu ugla trenja, nasipni ugao i zapreminsku masu. U tabeli 12 je data struktura frakcija granula za đubrivo H1 i to u uzorcima uzetim u skladištu, u bunkeru rasipača mineralnog đubriva i na parceli posle rasipanja. Na osnovu podataka, evidentno je da đubrivo H1 ima najveći procenat frakcije u kojoj su granule prečnika između 2 i 3,3 mm, s tim što se taj procenat smanjuje manipulacijom i distribucijom ovog đubriva, na račun povećanja broja granula prečnika manjeg od 2 mm. Na deklaraciji je stajalo da su veličine granule između 1,6 i 2,4 mm.

Tab. 12 Granulometrijski sastav i procentualno učešće pojedinih frakcija u uzorku H1

R.br.	Mesto Dimenzije	Skladište			Bunker			Parcela		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	$r < 2$ mm	3,13	2,14	3,25	6,13	6,87	7,05	10,26	9,74	8,16
2	$r > 2$ mm	85,43	84,73	84,00	81,84	79,89	80,88	78,87	79,13	79,92
3	$r > 3,3$ mm	11,44	13,13	12,75	12,03	13,24	12,07	10,87	11,13	11,92

Na osnovu prikazanih podataka vidi se da se za svako đubrivo smanjuje učešće granula većeg prečnika posle svake operacije. To ukazuje na pojavu loma određenog broja granula pri manipulaciji, odnosno pri aplikaciji mineralnog đubriva, ali ona nije prisutna u jednakoj meri kod svih. Ipak, svako od njih je donekle sačuvalo međusobni odnos pojedinih frakcija, tako da je dominacija određenih frakcija, koja je već pomenuta, prisutna i dalje. U sličnom istraživanju Malinović et al. (2011) dolaze do podataka za NPK 15:15:15, NPK 16:16:16, UREU i AN, gde je prisutnost određene frakcije takođe različita, u zavisnosti od đubriva. Tako je kod UREE dominantna frakcija gde su granule veličine između 1,5 i 3 mm. Kod NPK đubriva dominantna je

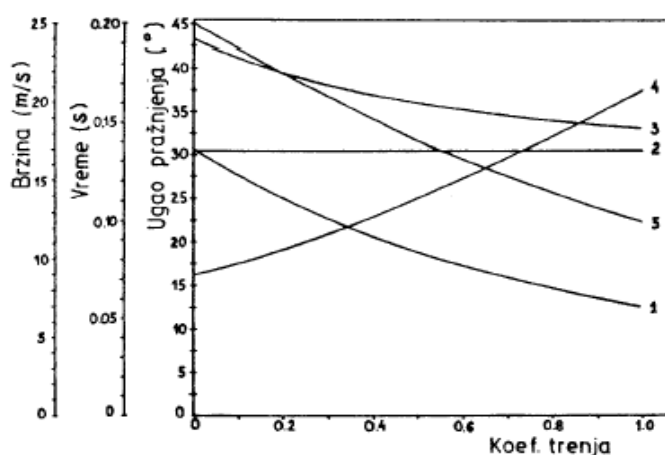
veličina između 3 i 4 mm, s tim što je kod formulacije 15:15:15 ona manje procentualno zastupljena u odnosu na formulaciju 16:16:16. AN je po karakteristikama sličan KAN-u, osim što ima više aktivne materije. Kao i kod KAN-a, ovde AN ima najveći procenat granula čija je veličina između 3 i 4 mm.

- Koeficijent trenja đubriva H1

Koeficijent trenja đubriva je jedna od najvažnijih fizičkih osobina đubriva koja utiče na kretanje čestica na disku. Ovaj parametar se ponekad koristi da se ublaži uticaj sekundarnih efekata kao što su međusobna interakcija čestica, usisavanje čestica lopaticama, kotrljanje čestica itd.

Povećanje koeficijenta trenja rezultira produženjem vremena boravka čestica na disku i smanjenjem brzine kretanja čestice duž lopatice. Manja brzina duž lopatice, nadalje, rezultira umanjnjem radijalne brzine čestice, zatim brzine pražnjenja i stoga utiče i na ugao pražnjenja.

U radu centrifugalnog aparata, kao što je naglašeno, koeficijent trenja utiče na brzinu kretanja čestice đubriva, ugao i položaj pražnjenja za vreme kontakta sa diskom (Sl. 31).



Sl. 31 Uticaj koeficijenta trenja na radijalnu brzinu (1), tangencijalnu brzinu (2), brzinu pražnjenja (3), vreme boravka čestice na disku (4) i ugao pražnjenja (5) (Hofstee, 1992)

Na osnovu izloženog može se doneti zaključak da rasipači centrifugalnog tipa moraju biti prilagođeni različitim đubrivima i to tako što će postojati mogućnost menjanja položaja otvora za isevanje đubriva i položaja lopatice. Pored ove postoji i mogućnost ujednačavanja koeficijenta trenja različitih đubriva tokom samog proizvodnog procesa.

Postoje dva pristupa određivanju statičkog ugla trenja, a samim tim i koeficijenta trenja. Prvi pristup, koji je zasnovan na nagnjanju ispitivane podloge gde se nalazi mineralno đubrivo i očitavanju ugla nagiba pod kojim su se čestice đubriva pokrenule, se koristi za određivanje statičkog koeficijenta trenja. Drugi pristup se zasniva na merenju sile između podloge i materijala koji je u relativnom kretanju i koristi se za određivanje kinetičkog koeficijenta trenja.

Najjednostavniji uređaj za određivanje ugla trenja je kosa ravan, sa podlogom od održanog materijala. U ovom slučaju to je metal, po svojim karakteristikama sličan onom od kog su napravljeni diskovi i lopatice. Uzorak mineralnog đubriva se postavi na podlogu. Postupnim nagnjanjem podloge uočava se njen položaj pri kome je počelo kretanje materijala. Smatra se da je materijal pokrenut kada je približno 2/3 materijala u pokretu.

Tab. 13 Statički ugao trenja za đubrivo H1

Redni broj	φ (°)		
	Skladište	Bunker	Parcela
1.	18,7	18,2	17,4
2.	18,7	18,0	17,7
3.	18,8	18,1	17,5
Prosek	18,73	18,1	17,53

U tabeli 13 su prikazani rezultati merenja statičkog ugla trenja za đubrivo H1, na osnovu koji se dolazi do zaključka da se manipulacijom đubriva smanjuje ugao trenja granula.

Što je ugao trenja manji, manji je i koeficijent trenja, a samim tim je i vreme zadržavanja granule na disku kraće. Prema rezultatima o kvalitetu distribucije vidi se da je povoljnije kada se granule duže zadrže na disku. One tada dobijaju dodatno ubrzanje sa diska, a samim tim i mogućnost da budu dalje odbačene, što dovodi do toga da na periferne delove zahvata bude distribuirano više đubriva.

Povećanje koeficijenta trenja rezultira produženjem vremena boravka čestica na disku i smanjenjem njihove brzine duž lopatice. Manja brzina duž lopatice dalje rezultira smanjenjem radijalne brzine, zatim brzine pražnjenja i stoga utiče i na ugao pražnjenja. Malinović et al. (2011) takođe dolaze do sličnih odnosa uglova trenja različitih mineralnih đubriva, s tim što su kod njih nešto manji uglovi. U pitanju su bila đubriva drugih proizvođača, pa sami tim ni karakteristike ne mogu biti u potpunosti iste. Veliki uticaj na merenje ovog parametra ima i eventualna visoka vlažnost vazduha u laboratoriji, što utiče na slepljivanje i slabiju pokretljivost granula po podlozi.

- Uglovi nasipanja đubriva H1

Ugao nasipanja je važan za planiranje načina skladištenja materijala. Postoje dva ugla nasipanja: statički i dinamički. Statički ugao nasipanja je ugao između izvodnice i osnove kupe, koja je formirana bez kretanja materijala. Dinamički ugao nasipanja je ugao između izvodnice i osnove kupe koja je formirana od materijala u pokretu. Dinamički ugao nasipanja ima veći značaj u praksi, jer su sipkavi materijali gotovo uvek u pokretu. Vrednosti ova dva parametra za đubrivo H1 date su u tabelama 14 i 15.

Tab. 14 Statički ugao nasipanja za H1

Mesto Broj merenja	α (°)		
	Skladište	Bunker	Parcela
1.	32,45	31,57	32,42
2.	32,42	32,42	32,27
3.	32,56	32,22	32,46
Prosek	32,48	32,07	32,38

Tab. 15 Dinamički ugao nasipanja za H1

Mesto Broj merenja	α (°)		
	Skladište	Bunker	Parcela
1.	23,39	23,33	23,51
2.	23,39	23,51	23,29
3.	23,27	23,21	23,56
Prosek	23,35	23,35	23,45

Statički ugao nasipanja je nešto veći od dinamičkog, što je posledica većih athezionih sila u stanju relativnog mirovanja dva tela, u ovom slučaju dve granule đubriva. Vrednosti navedenih parametara su približno jednake u sva tri ispitivana uzorka.

Malinović et al. (2011) su utvrđivali dinamički ugao nasipanja za četiri različita tipa mineralnih đubriva. Prema ovim autorima, prosečna vrednost dinamičkog ugla za UREU je iznosila 26,41°, za AN 34,07°, dok je za NPK formulacije 15:15:15 izmeren ugao 35,09°. Za NPK formulacije 16:16:16 dinamički ugao je iznosio 25,45°.

- Čvrstoća granule đubriva H1

Jedna od najvažnijih osobina poljoprivrednih materijala je čvrstoća. Ona spada u mehaničke osobine, koje su kao i fizičke od izuzetnog značaja za konstrukciju i eksploataciju poljoprivrednih mašina i opreme.

U slučaju mineralnih đubriva, čvrstoća granule je izuzetno važna upravo zbog manipulacije i aplikacije istih, kako bi ove operacije bile što kvalitetnije izvršene. Ukoliko je poznato kojom silom je moguće opteretiti granule, a da ne dođe do njihovog loma, onda će i gubici biti manji, pa neće biti potrebe za aplikacijom prekomernih doza hraniva. Naime, sile kojima su izložene granule prilikom manipulacije i aplikacije mogle bi se prilagoditi određenim vrednostima, a samim tim bi se u velikoj meri izbegao lom čestica. To bi dalje smanjilo nepovoljne uticaje spoljašnjih uslova (vetar), koji raznose usitnjene delove granula, dovode do drifta i čine da zadata norma ne bude zadovoljena. Sve ovo bi isključilo dodatne prolaze i preklapanja prohoda, kako bi se postigla zadovoljavajuća norma rasipanja, jer usled usitnjavanja granula one nisu mogle biti raspoređene tamo gde je bilo potrebno.

Macák i Nozdrovický (2010) takođe utvrđuju uticaj čvrstoće granula na kvalitet poljske aplikacije, s tim što oni ispituju dinamičku čvrstoću. Njihova metoda provere se zasniva na izlaganju granula različitih frakcija pritisku vazduha. Meri se deformacija granule za više vrednosti pritiska. Došli su do zaključka da je ova karakteristika granula mineralnog đubriva od izuzetnog značaja za kvalitet distribucije, jer ima veliki uticaj na deformaciju i lom čestice. Rezultati merenja sila kojima se lome granule iz uzoraka, kao i deformacija pri tom izazvanih date su u tabeli 16.

Čvrstoća granula đubriva H1 je mala, odnosno, dovoljna je mala vrednost sile koja dovodi do loma granule. Vrednosti deformacija izazvane dejstvom ovih sila, a koje prethode lomu granule, su takođe male. Sve ovo ide u prilog činjenici da je mineralno đubrivo H1 izuzetno meko.

Tab. 16 Čvrstoća granule H1

Mesto uzorka	Skladište		Bunker		Parcela	
	Sila (N)	Deformacija (mm)	Sila (N)	Deformacija (mm)	Sila (N)	Deformacija (mm)
R.br.						
1.	5,75	0,05	6,54	0,06	8,21	0,13
2.	3,87	0,03	6,60	0,08	8,49	0,09
3.	7,73	0,08	3,73	0,03	6,78	0,07
4.	6,06	0,08	3,42	0,06	6,81	0,07
5.	4,96	0,04	6,91	0,08	4,11	0,06
6.	8,45	0,07	4,48	0,04	4,55	0,05
7.	8,52	0,08	5,37	0,05	3,87	0,03
8.	6,74	0,07	5,59	0,04	7,08	0,08
9.	5,99	0,05	4,42	0,04	8,56	0,10
10.	6,09	0,05	6,30	0,05	5,30	0,05
11.	4,07	0,03	8,25	0,10	7,19	0,10
12.	4,38	0,04	6,60	0,06	5,92	0,07
13.	5,58	0,04	5,78	0,08	5,58	0,06
14.	7,32	0,09	8,42	0,08	5,20	0,05
15.	9,58	0,12	5,72	0,06	6,47	0,07
16.	5,20	0,06	8,25	0,13	4,76	0,05
17.	5,54	0,04	6,64	0,07	6,43	0,07
18.	5,48	0,06	6,95	0,09	5,20	0,06
19.	7,49	0,14	5,48	0,06	7,36	0,09
20.	5,58	0,05	9,14	0,14	6,40	0,05

7.2.2.3 Ravnomernost aplikacije mineralnog đubriva KAN

Ispitivan je kvalitet distribucije mineralnog đubriva KAN (H2). Predsetvena priprema za šećernu repu izvršena je na parceli T1/2 u martu 2012. godine. Temperatura zabeležena toga dana iznosila je 13,6 °C, relativna vlažnost vazduha 68,7 %, dok je duvao sverozapadni vetar brzinom od 1 m/s. Prosečna brzina kretanja oba agregata iznosila je 10 km/h. Zadana norma rasipanja je iznosila 250 kg/ha. U aplikaciji su korišćeni rasipači R1 i R2, agregatirani za traktore snage 80 kW. Širina radnog zahvata

za R1 iznosila je 16 m, dok je za R2 ona bila 12 m. Rezultati distribucije čestica hraniva H2 dati su u tabeli 17 za rasipač R1 i u tabeli 18 za rasipač R2.

Upoređivanjem uzoraka, tačnije njihovih masa u tri prohoda agregata može se zaključiti da su one slične. Variranje masa uzoraka je nešto veće na periferim tačkama radnog zahvata, što je uticalo na povećanje koeficijenta varijacije. Distribucija đubriva je bila takva da su tačke u centralnom delu zahvata mašine dobile više mineralnog đubriva od onih na samom obodu.

Mase uzoraka pri radu rasipača R2 su slične onima iz uzoraka prikupljenih u radu rasipača R1. Đubrivo H2 ima povoljniji sastav u pogledu granulacije, što je uticalo na kvalitet raspodele.

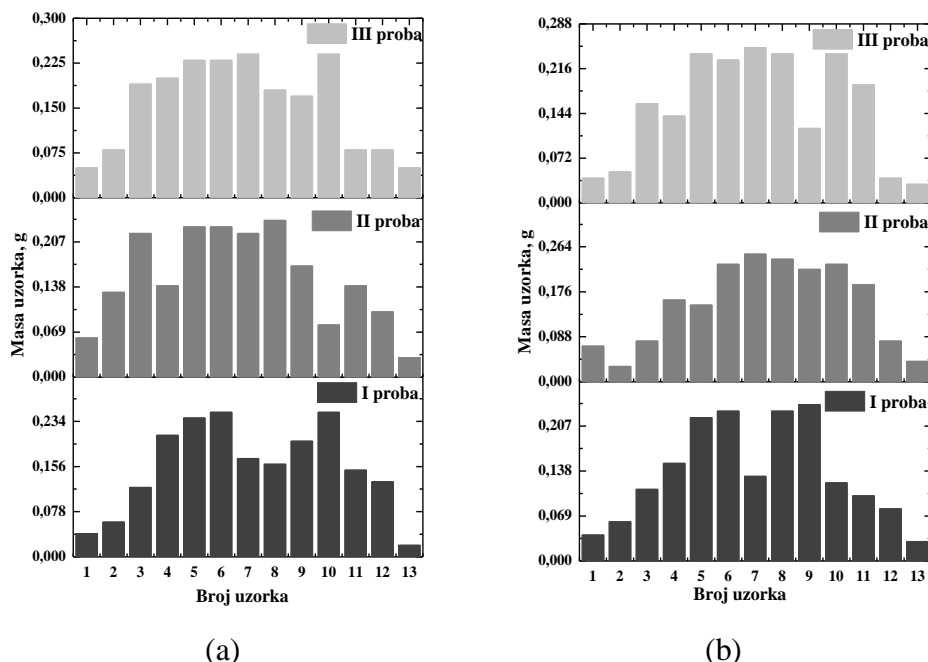
Tab. 17 Distribucija đubriva H2 rasipačem R1

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,06	0,12	0,21	0,24	0,25	0,17	0,16	0,2	0,25	0,15	0,13	0,02
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,06	0,13	0,22	0,14	0,23	0,23	0,22	0,24	0,17	0,08	0,14	0,1	0,03
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,08	0,19	0,2	0,23	0,23	0,24	0,18	0,17	0,24	0,08	0,08	0,05

Tab. 18 Distribucija đubriva H2 rasipačem R2

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,06	0,11	0,15	0,22	0,23	0,13	0,23	0,24	0,12	0,1	0,08	0,03
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,07	0,03	0,08	0,16	0,15	0,23	0,25	0,24	0,22	0,23	0,19	0,08	0,04
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,05	0,16	0,14	0,24	0,23	0,25	0,24	0,12	0,24	0,19	0,04	0,03

Na slici 32 grafički je prikazana ravnomernost distribucije mineralnog đubriva H2 pomoću rasipača R1 i R2. Karakterističan je trapezni oblik histograma, koji je glavna osobenost rada centrifugalnih rasipača mineralnih đubriva.



S1. 32 Ravnomernost distribucije đubriva H2 u predsetvenoj pripremi za šećernu repu rasipačem R1 (a) i R2 (b)

Statistički parametri raspodele mineralnog đubriva H2 pomoću rasipača R1 i R2 dati su u tabelama 19 i 20. Za svaku poziciju duž radnog zahvata na kojoj je postavljena posuda za sakupljanje uzoraka dati su prosečna masa uzorka, standardna devijacija, koeficijent varijacije i ostvarena norma đubrenja (iz tri prohoda).

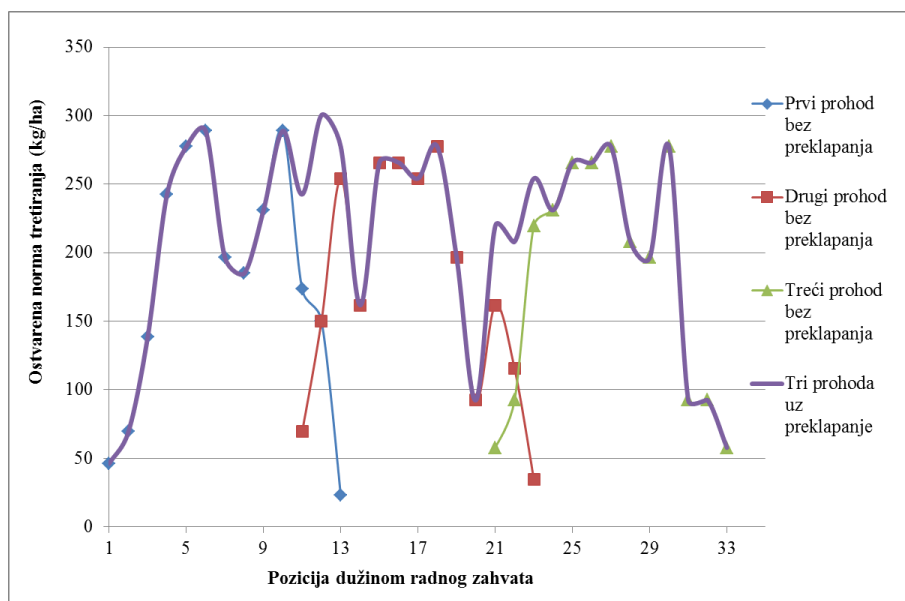
Parametri distribucije prikazani u tabelama 19 i 20 pokazuju da je i kod jednog i kod drugog rasipača prisutna razlika u masama uzoraka na istim pozicijama duž radnog zahvata u tri vezana prohoda. Na to ukazuju vrednosti kefcijenata varijacije (kod R1 se vrednosti kreću od 2,02 do 32,71%, dok je kod R2 vrednost ovog parametra između 0 i 30,28%, što je u granicama zadovoljavajuće distribucije). Ostvarene norme su u slučaju oba rasipača bile približne zadatoj na centralnim pozicijama, dok je kod perifernih pozicija ostvarena norma niža, pa se javlja potreba za preklopom prohoda. Rezultati proračuna potrebnih preklopa za rasipače R1 i R2 prikazan je na slikama 33 i 34.

Tab. 19 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H2 za rasipač R1 (prva norma)

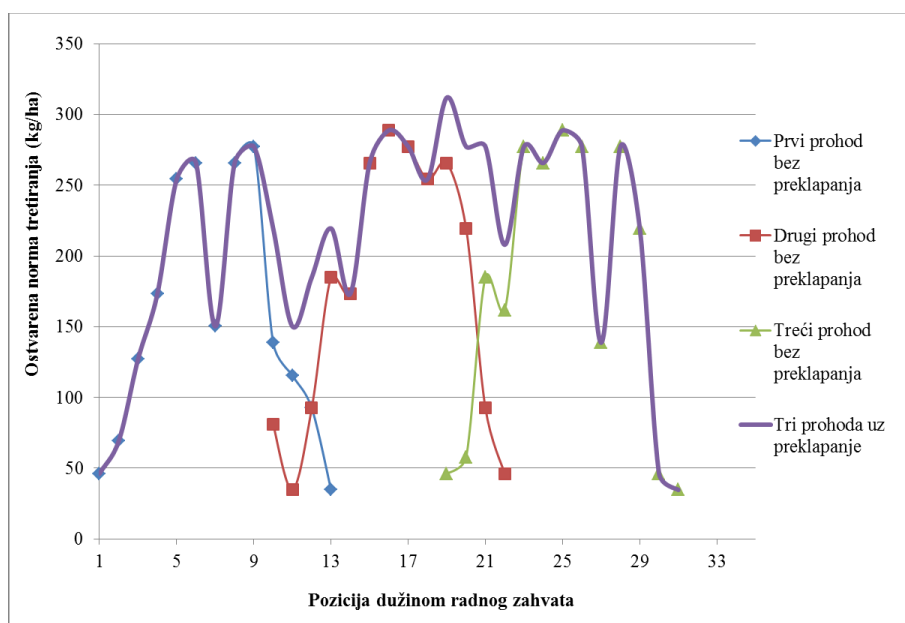
Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,050	0,090	0,177	0,183	0,233	0,237	0,210	0,193	0,180	0,190	0,123	0,103	0,033
St.dev. (g)	0,008	0,029	0,042	0,031	0,005	0,009	0,029	0,034	0,014	0,078	0,031	0,021	0,012
Cv (%)	16,33	32,71	23,72	16,86	2,02	3,98	14,02	17,58	7,86	30,99	25,06	19,89	27,42
Pros. norma (kg/ha)	57,77	103,98	204,12	211,82	269,59	273,44	242,64	223,38	207,97	219,53	142,50	119,39	38,51

Tab. 20 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H2 za rasipač R2 (prva norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,050	0,047	0,117	0,150	0,203	0,230	0,210	0,237	0,193	0,197	0,160	0,067	0,033
St.dev. (g)	0,014	0,012	0,033	0,008	0,039	0	0,057	0,005	0,052	0,054	0,042	0,019	0,005
Cv (%)	28,28	26,73	28,28	5,44	18,98	0	26,94	1,99	27,15	27,64	26,52	30,28	14,14
Pros. norma (kg/ha)	57,77	53,92	134,79	173,31	234,93	265,74	242,63	273,45	223,38	227,23	184,87	77,03	38,51



Sl. 33 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R1 (prva norma)



Sl. 34 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R2 (prva norma)

Kada je reč o rasipaču R1, potrebno je preklopiti 15,38% radnog zahvata sa obe strane, kako bi ostavrena norma na perifernim delovima bila što bliža zadatoj, a da se pri tom centralne pozicije ne opterećuju mineralnim đubrivom. U slučaju rasipača R2, procenat potrebnog preklapanja iznosi 23% sa obe strane radnog zahvata.

Predsetvena priprema za soju izvršena je na parceli T 2/5 u martu 2012. godine. Parametri vremena su bili sledeći: temperatura vazduha je iznosila 18,4 °C, relativna vlažnost vazduha 72,4%, a duvao je severozapadni vetar brzinom od 1 m/s. Norma rasipanja iznosila je 200 kg/ha. Širina radnog zahvata za R1 bila je 18 m, a za R2 15 m. Prosečna brzina kretanja oba agregata iznosila je između 11,5 i 12 km/h. Mase uzoraka sakupljenih u radu rasipača R1 i R2 date su u tabelama 21 i 22.

Posmatrajući rezultate poprečne distribucije đubriva H2 pomoću rasipača R1 može se zaključiti da je i u ovom slučaju ostvarena raspodela hraniva karakteristična za centrifugalni tip rasipača. Mase uzoraka su ujednačene, kada se međusobno uporede sva tri prohoda.

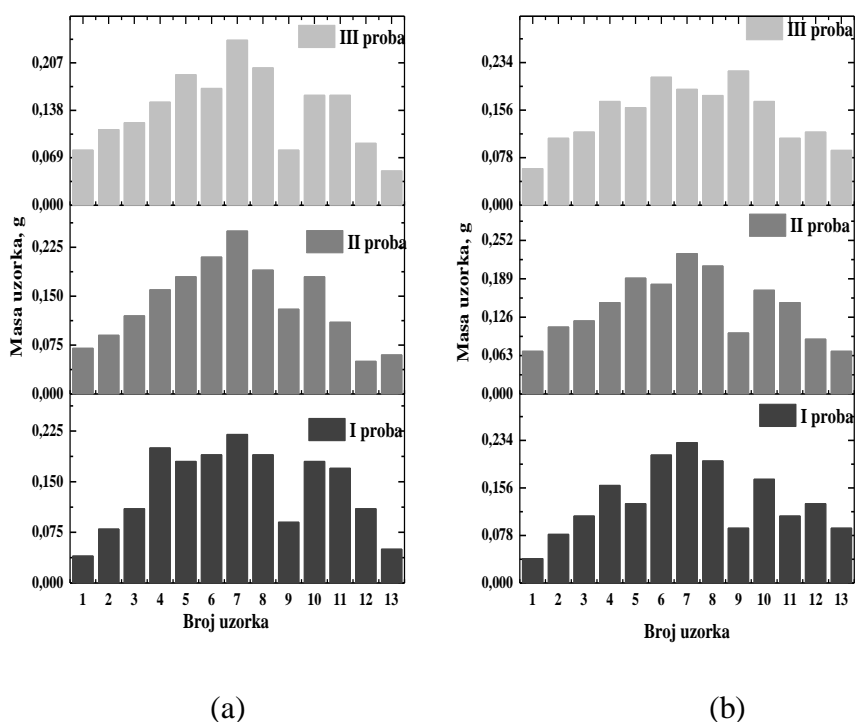
Tab. 21 Distribucija đubriva H2 rasipačem R1

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,08	0,11	0,16	0,13	0,21	0,23	0,2	0,09	0,17	0,11	0,13	0,09
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,07	0,11	0,12	0,15	0,19	0,18	0,23	0,21	0,1	0,17	0,15	0,09	0,07
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,08	0,11	0,12	0,17	0,16	0,21	0,19	0,18	0,22	0,17	0,11	0,12	0,09

Tab. 22 Distribucija đubriva H2 rasipačem R2

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,08	0,11	0,2	0,18	0,19	0,22	0,19	0,09	0,18	0,17	0,11	0,05
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,07	0,09	0,12	0,16	0,18	0,21	0,25	0,19	0,13	0,18	0,11	0,05	0,06
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,06	0,11	0,12	0,17	0,16	0,21	0,19	0,18	0,22	0,17	0,11	0,12	0,09

Na osnovu prikazanih podataka iz tabela 21 i 22 može se zaključiti da je i ovom prilikom ostvarena karakteristična distribucija za centrifugalne rasipače i da su u slučaju oba rasipača vrednosti uzoraka na centralnim pozicijama veće u odnosu na periferne tačke (naročito one na samoj ivici radnog zahvata), pa se kod rasipača R1 mase uzoraka kreću između 0,04 g i 0,23 g, dok su ove vrednosti kod rasipača R2 između 0,04 g i 0,22 g. Ravnomernost distribucije se najbolje može videti na slici 35, gde su predstavljeni dijagrami distribucije mineralnog đubriva H2 za oba rasipača.



Sl. 35 Ravnomernost distribucije đubriva H2 u predsetvenoj pripremi za soju rasipačem R1 (a) i R2 (b)

Statistički parametri raspodele mineralnog đubriva H2 pomoću rasipača R1 i R2 za zadatu drugu normu rasipanja dati su u tabelama 23 i 24. Za svaku poziciju duž radnog zahvata na kojoj je postavljena posuda za sakupljanje uzoraka dati su prosečna masa uzorka, standardna devijacija, koeficijent varijacije i ostvarena norma đubrenja (podaci iz tri radna prohoda agregata).

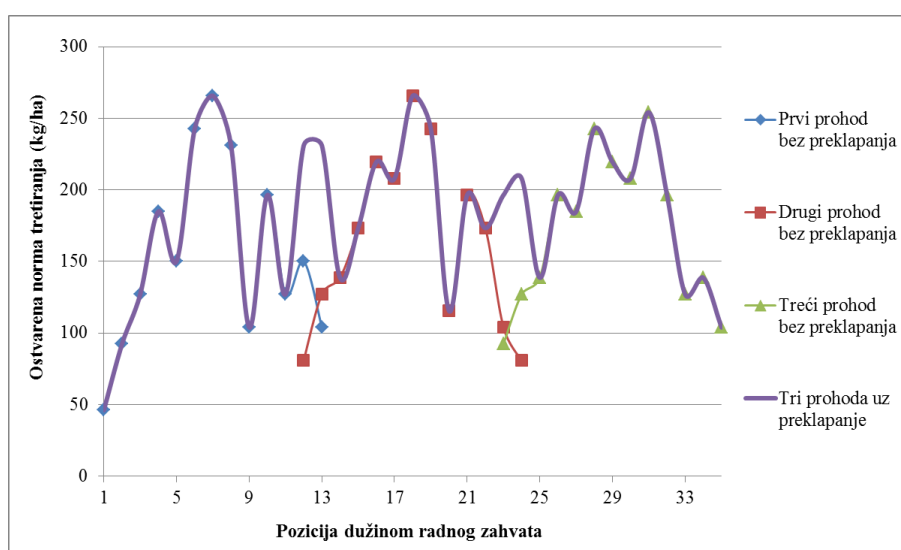
Tab. 23 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H2 za rasipač R1 (druga norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,063	0,100	0,117	0,160	0,160	0,200	0,217	0,197	0,137	0,170	0,123	0,113	0,083
St.dev. (g)	0,017	0,014	0,005	0,008	0,024	0,014	0,019	0,012	0,059	0	0,019	0,017	0,009
Cv (%)	26,84	14,14	4,041	5,10	15,31	7,07	8,70	6,34	33,22	0	15,29	15,00	11,31
Pros. norma (kg/ha)	73,18	115,54	134,80	184,86	184,86	231,08	250,34	227,23	157,91	196,42	142,50	130,95	96,29

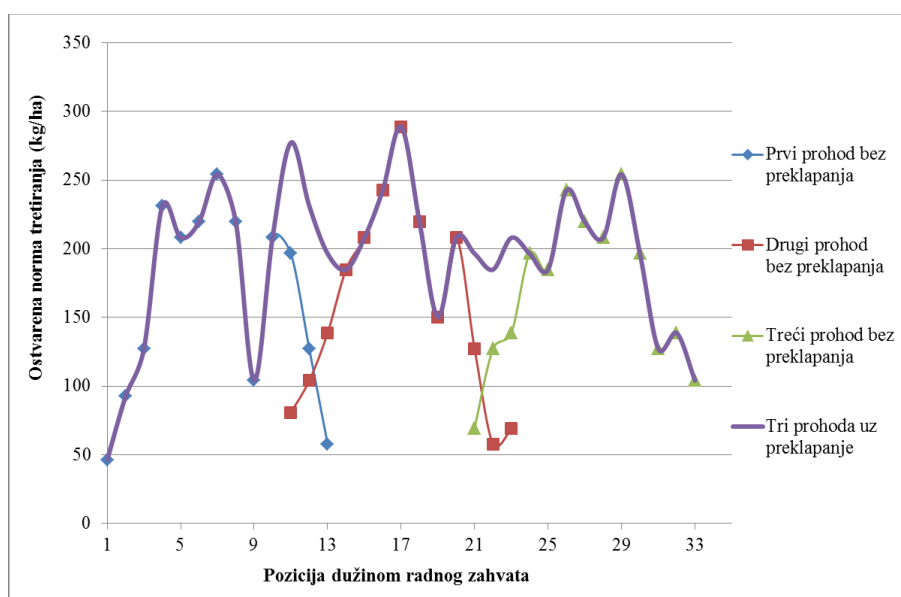
Tab. 24 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H2 za rasipač R2 (druga norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,057	0,093	0,117	0,177	0,173	0,203	0,220	0,187	0,147	0,177	0,130	0,093	0,067
St.dev. (g)	0,012	0,012	0,005	0,017	0,009	0,009	0,024	0,005	0,054	0,005	0,028	0,031	0,017
Cv (%)	22,01	13,36	4,041	9,62	5,44	4,64	11,13	2,53	27,07	2,67	21,76	33,12	25,50
Pros. norma (kg/ha)	65,47	107,84	134,80	204,12	200,27	234,93	254,19	215,68	169,46	204,12	150,20	107,84	77,03

Parametri distribucije prikazani u tabelama 23 i 24 pokazuju da je i kod oba rasipača prisutna razlika u masama uzoraka na istim pozicijama duž radnog zahvat, što se zaključuje na osnovu koeficijenta varijacije. Kod rasipača R1 vrednosti se kreću od 0 do 33,22%, dok je kod rasipača R2 vrednost ovog parametra između 2,53 i 27,07%, što je u granicama zadovoljavajuće distribucije. Ostvarene norme su u slučaju oba rasipača bile približne zadatoj na centralnim pozicijama, dok je kod perifernih pozicija ostvarena norma niža, pa se javlja potreba za preklapom prohoda. Rezultati proračuna potrebnih preklopa za rasipače R1 i R2 prikazan je na slikama 36 i 37.



Sl. 36 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R1 (druga norma)



Sl. 37 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R1 (druga norma)

U slučaju rasipača R1 javlja se potreba za preklapanjem 6,67% širine radnog zahvata sa obe strane, dok je kod rasipača R2 taj procenat nešto viši, 15,33 %. U pitanju je minimalno moguće preklapanje, kako bi se ostvarene norme na perifernim pozicijama što više približile zadatoj, a da se pri tom centralni delovi širine radnog zahvata ne opterete se mineralnim đubrivom. O tome se naročito treba voditi računa pri preklapanju prohoda, jer na osnovu podataka iz tabela 23 i 24 vidi se da su centralne pozicije 6 i 7 radnih zahvata oba rasipača imale ostvarenu normu od 30-50 kg višu od zadate.

7.2.2.4 Fizičko-mehaničke osobine mineralnog đubriva KAN

- Granulacija đubriva H2

Na deklaraciji za mineralno đubrivo H2 da procentualni udeo granula od 0,5 - 5,0 mm iznosi minimalno 92%, dok granule ispod 0,5 mm i iznad 5 mm ima maksimalno 8%. Granulometrijski sastav mineralnog đubriva H2 iz uzetih uzoraka dat je u tabeli 25.

Tab. 25 Granulometrijski sastav i procentualno učešće frakcija u uzorku H2

R.br.	Mesto	Skladište			Bunker			Parcela		
	Dimenzije	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	r < 2 mm	6,49	7,75	8,36	15,93	15,28	15,45	22,08	21,90	20,43
2	r > 2 mm	23,81	22,43	24,05	22,25	22,72	21,95	21,23	22,27	22,45
3	r > 3,3 mm	53,99	54,78	52,72	46,72	47,05	47,82	42,79	43,05	43,17
4	r > 4,75 mm	15,71	15,04	14,87	15,10	14,95	14,83	13,90	12,98	13,95

U ovom slučaju, najveći je procenat granula čiji je prečnik između 3,3 i 4,75 mm, a iza njih dolazi frakcija koja sadrži granule prečnika između 2 i 3,3 mm. Manipulacijom i distribucijom se povećava procenat najsitnijih granula, ali on nije veliki kao što je to slučaj kod đubriva H1.

- Koeficijent trenja đubriva H2

Sledeći ispitivani parametar za mineralno đubrivo H2 bio je ugao trenja. Mereni su uglovi trenja uzoraka uzetih iz skladišta, iz bunkera rasipača i sa parcele, posle aplikacije.

Tab. 26 Statički ugao trenja za H2

Redni broj	φ (°)		
	Skladište	Bunker	Parcela
1.	22,1	21,8	21,9
2.	22,2	21,9	21,8
3.	22,2	21,6	21,8
Prosek	22,17	21,77	21,83

Zaključak je da statički ugao trenja, a samim tim i koeficijenta trenja granula o poslogu diska opada sa manipulacijom, ali razlike nisu drastične. Vrednosti statičkog ugla trenja se kreću između 21,6° (koliki je ugao u jednom od merenja kod uzorka iz bunkera), pa do 22,2° (koliki je ugao trenja kod uzorka uzetog u skladištu mineralnog đubriva)

- Uglovi nasipanja đubriva H2

Uglovi nasipanja (statički i dinamički) mereni su u uzorcima uzetim u skladištu mineralnog đubriva, iz bunkera rasipača neposredno pre aplikacije i sa parcele, po aplikaciji. Dobijeni rezultati su rikazani u tabelama 27 (statički ugao nasipanja) i 28 (dinamički ugao nasipanja).

Tab. 27 Statički ugao nasipanja za H2

Mesto Broj merenja	α (°)		
	Skladište	Bunker	Parcela
1.	35,40	34,08	34,36
2.	34,17	33,54	33,44
3.	34,55	33,44	33,39
Prosek	34,71	33,69	33,73

Tab. 28 Dinamički ugao nasipanja za H2

Mesto Broj merenja	α (°)		
	Skladište	Bunker	Parcela
1.	32,37	32,27	31,48
2.	32,51	31,57	31,52
3.	32,51	31,57	32,03
Prosek	32,46	31,80	31,68

I u slučaju mineralnog đubriva H2, statički ugao nasipanja u sva tri uzorka je veći u odnosu na dinamički ugao nasipanja za iste uzorke, pa se tako vrednosti u uzorcima iz skladišta razlikuju za 2-3°, u uzorcima iz bunkera za 1-2°, dok je razlika u uzorcima uzetim sa parcele između 1 i 3°. Granulometrijski sastav ovog mineralnog đubriva je povoljniji u odnosu na đubrivo H1, pa je i uglovi nasipanja veći. Dinamički ugao nasipanja ima mnogo veći značaj za praksu, jer su stvarne manipulacije, skoro uvek, sa nasutim materijalom koji je u pokretu.

- Čvrstoća granule đubriva H2

Vrednosti sila koje su dovele do loma granula iz uzoraka mineralnog đubriva H2 date su u tabeli 29. Pri navedenim silama dolazilo je do lomljenja granule, čemu su prethodile deformacije određenih vrednosti, koje su takođe prikazane u tabeli 29. Granule su iz uzoraka izuzimane nasumično.

Tab. 29 Čvrstoća čestica đubriva H2

R.br.	Mesto uzimanja uzorka					
	Skladište		Bunker		Parcela	
	Sila (N)	Deformacija (mm)	Sila (N)	Deformacija (mm)	Sila (N)	Deformacija (mm)
1.	17,31	1,62	13,95	1,26	18,50	0,60
2.	18,80	1,16	14,40	0,86	14,47	1,56
3.	25,07	1,47	19,20	0,83	18,50	0,89
4.	21,56	1,14	11,60	1,14	15,10	1,21
5.	32,98	1,11	18,35	1,27	13,00	1,13
6.	21,79	1,21	15,60	1,65	20,90	0,51
7.	36,86	0,65	29,03	1,38	26,70	0,73
8.	14,02	0,98	14,40	0,94	15,15	1,99
9.	18,80	1,88	21,42	1,12	17,50	0,98
10.	20,07	0,87	22,98	1,57	13,40	1,44
11.	20,45	1,24	16,57	1,41	29,32	1,44
12.	35,90	0,43	17,68	0,99	31,63	1,60
13.	30,10	0,70	39,40	0,58	25,30	0,84
14.	24,60	0,95	12,00	1,16	30,07	1,62
15.	12,30	0,58	23,60	0,44	13,00	1,16
16.	29,10	0,59	10,60	0,41	29,47	1,15
17.	30,50	0,47	19,90	0,51	24,55	1,21
18.	17,60	0,75	11,60	0,49	32,16	1,52
19.	29,10	0,66	32,61	1,48	19,85	1,45
20.	37,38	0,91	25,89	1,06	13,70	0,84

Kod đubriva H2 vrednosti sila pri kojima dolazi do loma granula su i preko 30 N, a sve u zavisnosti od prečnika granula. Negde su one niske, što potkrepljuje tvrdnju da granulu manjeg prečnika lomi sila manjeg intenziteta. U ovom slučaju su i vrednosti deformacija koje prethode lomu veće nego u prethodnom slučaju, kada je ispitivano đubrivo H1.

7.2.2.5 Ravnomernost aplikacije mineralnog đubriva NPK

Predsetvena priprema za pšenicu u sezoni 2009/10 izvršena je na parceli T19. Korišćeno je mineralno đubrivo NPK, formulacije 20:20:0 (H3). Temperatura vazduha iznosila je 19 °C, relativna vlažnost vazduha je bila 27 %, dok je duvao jugoistočni vetar brzinom od 1,5 m/s. Norma đubrenja iznosila je 200 kg/ha. Mineralno đubrivo H3 je distribuirano po parceli uz pomoć rasipača R1 i R2 agregatirana za traktore snage 80 kW. Radni zahvat rasipača R1 bio je podešen na širinu od 18 m, dok je za R2 iznosio 15 m. Prosečna brzina kretanja oba agregata bila je 13 km/h. Sabirne posude, u koje su se sakupljali uzorci, bile su postavljene duž radnih zahvata oba rasipača. Uzorkovanje je izvršeno u tri vezana prohoda za svaki rasipač. U tabeli 30 prikazani su podaci za distribuciju đubriva H3 pomoću rasipača R1, dok su u tabeli 31 date vrednosti uzoraka prikupljenih za vreme rada rasipača R2.

Tab. 30 Distribucija đubriva H3 rasipačem R1

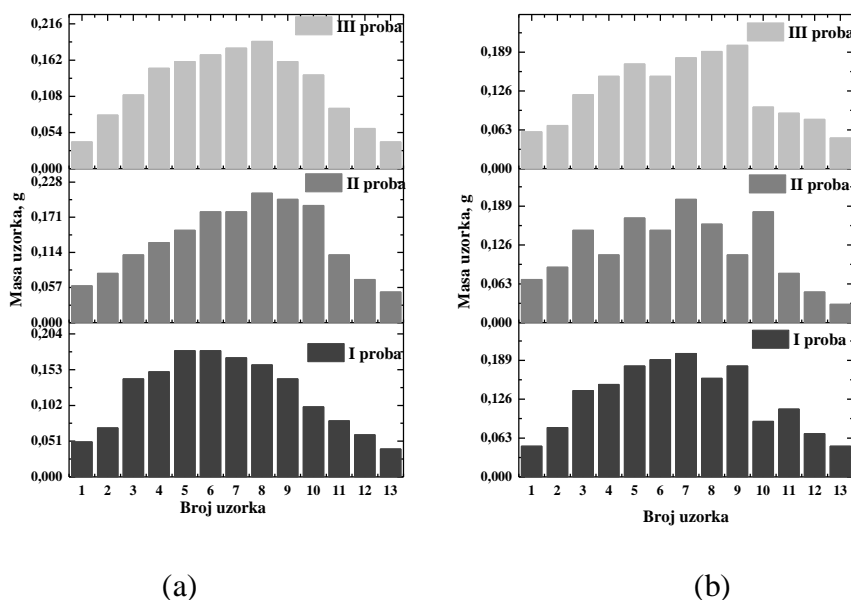
I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,07	0,14	0,15	0,18	0,18	0,17	0,16	0,14	0,1	0,08	0,06	0,04
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,06	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,18	0,21	0,2	0,19	0,11	0,07	0,05
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,08	0,11	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,16	0,14	0,09	0,06	0,04

Tab. 31 Distribucija đubriva H3 rasipačem R2

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,08	0,14	0,15	0,18	0,19	0,2	0,16	0,18	0,09	0,11	0,07	0,05
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,07	0,09	0,15	0,11	0,17	0,15	0,2	0,16	0,11	0,18	0,08	0,05	0,03
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,06	0,07	0,12	0,15	0,17	0,15	0,18	0,19	0,2	0,1	0,09	0,08	0,05

Evidentna je karakteristika centrifugalnih rasipača da u središnji deo radnog zahvata distribuiraju veće količine mineralnog đubriva u odnosu na periferne delove. Kvalitet raspodele je približno jednak u sva tri prohoda rasipača R1. Jedino su uzorci iz posuda na krajnjim pozicijama radnog zahvata su male mase, što govori o boljim karakteristikama distribuiranog đubriva i većoj stabilnosti agregata u radu.

U slučaju rasipača R2 situacija je slična, s tim što su uzorci prikupljeni na krajnjim pozicijama imali nešto veću masu, nego oni sakupljeni pri radu rasipača R1. Razlika u korist masa uzoraka kod drugog rasipača potvrđuje tvrdnju o njegovoj većoj stabilnosti pri radu. Ove konstatacije su očigledne i na dijagramima ravnomernosti distribucije mineralnog đubriva, koji su prikazani na slici 38.



Sl. 38 Ravnomernost distribucije đubriva H3 u predsetvenoj pripremi za pšenicu rasipačima R1 (a) i R2 (b)

U daljoj analizi su izračunati statistički parametri distribucije za oba rasipača u predsetvenoj pripremi za ozimu pšenicu. Rezultati su predstavljeni u tabelama 32 i 33.

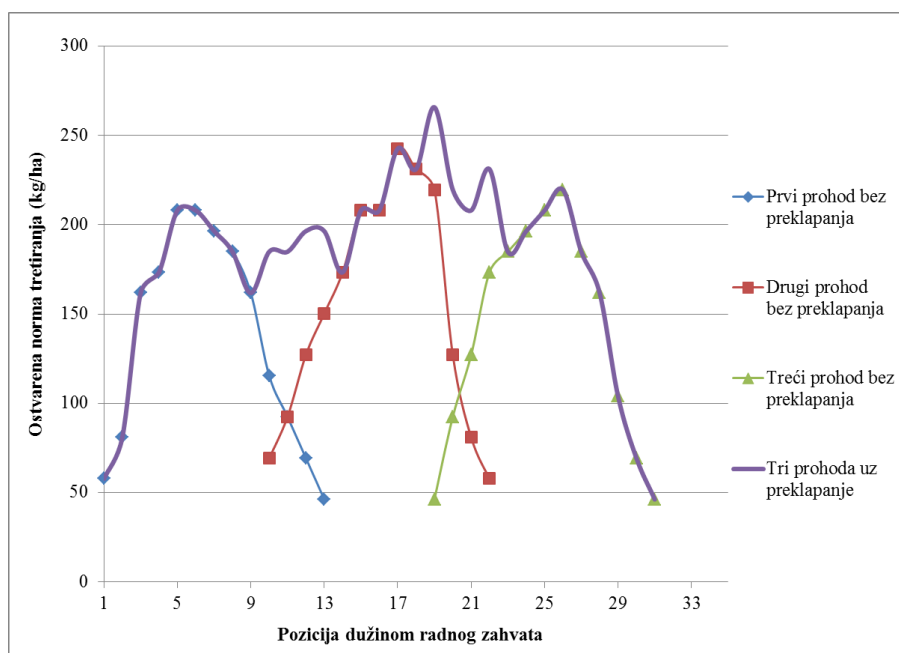
Tab. 32 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H3 za rasipač R1 (prva norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,050	0,077	0,12	0,143	0,163	0,177	0,177	0,187	0,167	0,143	0,093	0,063	0,043
St.dev. (g)	0,008	0,005	0,014	0,009	0,012	0,005	0,005	0,021	0,024	0,037	0,012	0,005	0,005
Cv (%)	16,33	6,15	11,79	6,58	7,64	2,67	2,67	11,01	14,97	25,69	13,363	7,44	10,88
Pros. norma (kg/ha)	57,77	88,58	138,65	165,61	188,71	204,12	204,12	215,67	192,57	165,61	107,84	73,17	50,07

Tab. 33 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H3 za rasipač R2 (prva norma)

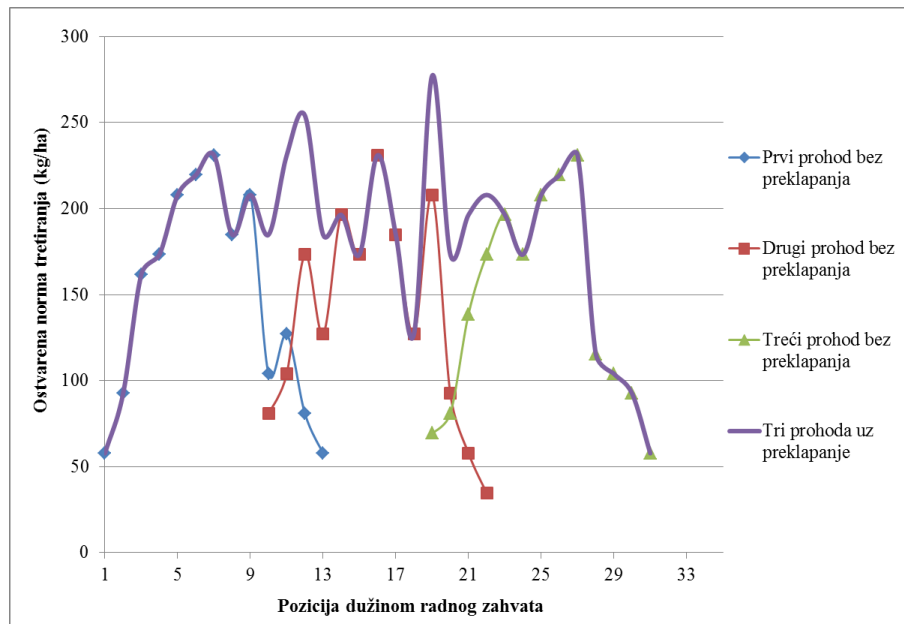
Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,060	0,080	0,136	0,136	0,173	0,163	0,193	0,17	0,163	0,123	0,093	0,066	0,043
St.dev. (g)	0,008	0,008	0,012	0,018	0,004	0,018	0,009	0,014	0,038	0,04	0,012	0,012	0,009
Cv (%)	13,61	10,21	9,13	13,80	2,72	11,55	4,88	8,32	23,63	32,66	13,37	18,71	21,76
Pros. norma (kg/ha)	69,32	92,43	157,91	157,90	200,27	188,72	223,38	196,42	188,71	142,50	107,84	77,03	50,07

Rezultati prikazani u tabelama 32 i 33 pokazuju da je kvalitet rasipanja u slučaju oba rasipača na zadovoljavajućem nivou, jer je koeficijent varijacije ispod 30%. Tako se za rasipač R1 vrednosti navedenog parametra kreću između 2,67% (na dve centralne pozicije radnog zahvata) i maksimalnih 25,69% (jedna od perifernih pozicija, na kojoj je standardna devijacija bila nešto viša, usled razlike između mase uzoraka na istoj poziciji). Što se ostvarene norme rasipanja tiče, na centralnim delovima zahvata rasipača R1 je gotovo zadovoljena (vrednosti su iznosile između 188,71 kg/ha i 192,57 kg/ha), dok je kod rasipača R2 ostvarena norma u centralnom delu zahvata iznosila između 188,72 kg/ha do 223,38 kg/ha (u samom središtu zahvata). Periferne pozicije su snabdevene sa količinama đubriva ispod zadate norme. Rezultati proračunja preklopa prohoda dati su na slikama 39 i 40.



Sl. 39 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R1 (prva norma)

Kada je u pitanju rasipač R1, potrebno je minimalno preklapanje susednih prohoda od 23%, koliko je potrebno i u slučaju rasipača R2. Prilikom ovakvog preklapanja prohoda, ostvarena norma na perifernim pozicijama radnih zahvata oba rasipača bi bila bliža zadatoj, bez dodatnog prekrivanja centralnih pozicija. U slučaju centralnih deova radnih zahvata tada bi norma bila od 10-15 kg/ha iznad zadate, ali bi periferni delovi bili prekriveni sa 185–195 kg/ha, čemu se i težilo.



Sl. 40 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R2 (prva norma)

Predsetvena priprema za ozimi ječam izvršena je na parceli 1/2 u oktobru 2009. godine. Korišćeno je mineralno đubrivo H3. Ispitivanje je obavljeno istog dana kada i za ozimu pšenicu, pa su vremenski uslovi bili isti: temperatura vazduha iznosila je 19 °C, relativna vlažnost vazduha je bila 27 %, dok je duvao jugoistočni vetar brzinom od 1,5 m/s. Norma rasipanja je u ovom slučaju iznosila 180 kg/ha. Širina radnog zahvata za rasipač R1 iznosila je 16 m, dok je za R2 bila 14 m. Brzina kretanja oba agregata bila je u proseku 12 km/h. Postavljene su posude za uzorkovanje na tačno određenim pozicijama (po trinaest za svaki rasipač). Ispraćena su tri vezana prohoda za svaku mašinu. Vrednosti uzoraka koji su sakupljeni širinom radnog zahvata rasipača R1 date su u tabeli 34, a vrednosti za rasipač R2 su prikazane u tabeli 35.

Tab. 34 Distribucija đubriva H3 rasipačem R1

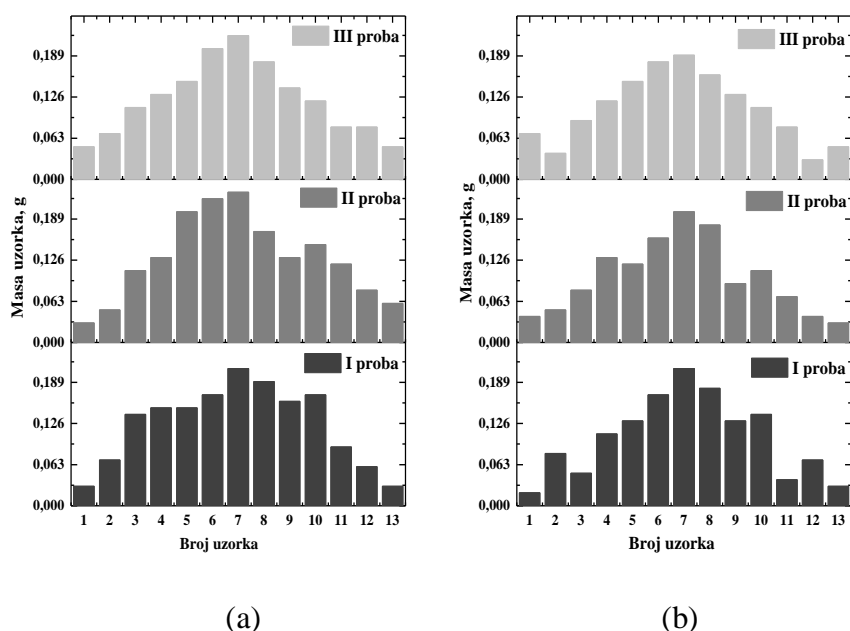
I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,03	0,07	0,14	0,15	0,15	0,17	0,20	0,19	0,16	0,17	0,09	0,06	0,03
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,03	0,05	0,11	0,13	0,2	0,18	0,19	0,17	0,13	0,15	0,12	0,08	0,06
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,07	0,11	0,13	0,15	0,19	0,20	0,18	0,14	0,12	0,08	0,08	0,05

Tab. 35 Distribucija đubriva H3 rasipačem R2

I proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,02	0,08	0,05	0,11	0,13	0,17	0,19	0,18	0,13	0,14	0,04	0,07	0,03
II proba - Smer rasporeda posuda ← , smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,05	0,08	0,13	0,12	0,16	0,18	0,18	0,09	0,11	0,07	0,04	0,03
III proba - Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18	0,19	0,16	0,13	0,11	0,08	0,03	0,05

U aplikaciji đubriva H3 rasipačem R1 mase uzoraka na istim pozicijama radnog zahvata su približno jednake, kada se međusobno uporede sva tri prohoda agregata. Izvršena je takva raspodela, gde su mase uzoraka na centralnim pozicijama u sva tri prohoda bile najveće, dok su na periferiji radnog zahvata, očekivano, mase uzoraka znatno manje.

Kod rasipača R2 je bila prisutna nešto veća razlika u masama uzoraka na istim pozicijama u tri radna prohoda (naročito na periferiji) u poređenju sa radom ovog rasipača sa prvom zatom normom rasipanja. I u ovom slučaju je ostvarena karakteristična forma distribucije mineralnog đubriva, što je slikovito prikazano na hisogramima ravnomernosti distribucije (Sl. 41).



Sl. 41 Ravnomernost distribucije đubriva H3 u predsetvenoj pripremi za ječam rasipačem R1 (a) i R2 (b)

Podaci predstavljeni u tabelama 36 i 37 pokazuju statističke parametre aplikacije mineralnih đubriva i srednje vrednosti ostvarenih normi oba rasipača.

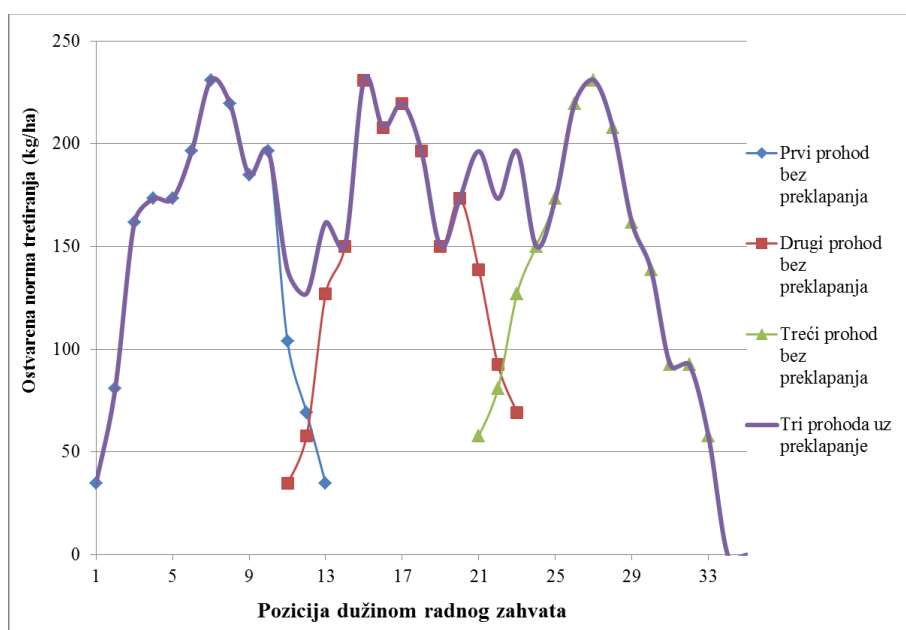
Tab. 36 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H3 za rasipač R1 (druga norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,037	0,063	0,12	0,137	0,167	0,18	0,197	0,18	0,143	0,147	0,097	0,073	0,047
St.dev. (g)	0,009	0,009	0,014	0,009	0,024	0,008	0,005	0,008	0,012	0,021	0,017	0,009	0,012
Cv (%)	25,71	14,89	11,79	6,90	14,14	4,54	2,40	4,54	8,70	14,01	17,58	12,86	26,73
Pros. norma (kg/ha)	42,36	73,18	138,65	157,9	192,57	207,97	217,23	207,97	165,61	169,46	111,69	84,73	53,92

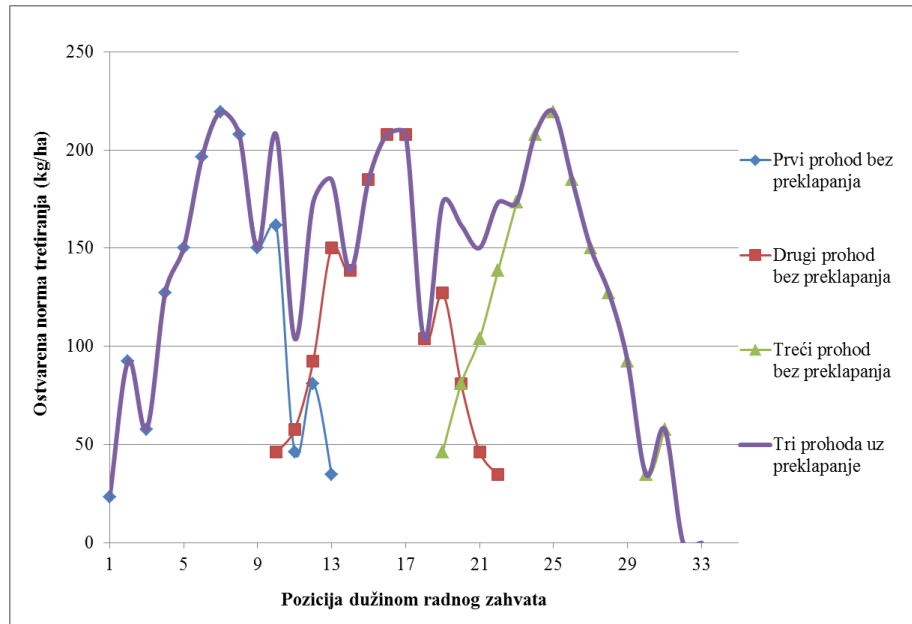
Tab. 37 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H3 za rasipač R2 (druga norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,033	0,067	0,073	0,12	0,133	0,17	0,193	0,173	0,117	0,12	0,063	0,047	0,037
St.dev. (g)	0,009	0,012	0,017	0,008	0,012	0,008	0,005	0,009	0,019	0,014	0,017	0,017	0,009
Cv (%)	28,28	18,71	23,18	6,80	9,35	4,80	2,44	5,44	16,16	11,79	26,84	30,42	25,71
Pros. norma (kg/ha)	38,51	77,03	84,73	138,65	154,05	196,42	215,67	200,27	134,8	138,65	73,18	53,92	42,36

Parametri distribucije pokazuju raspodelu koja je u granicama zadovoljavajućeg koeficijenta varijacije (ispod 30%). Konkretno, u slučaju rasipača R1, Cv je u centralnim delovima radnog zahvata ispod 10%, dok je idući ka periferiji radnog zhvata ovaj parametar dostigao vrednost od 25,71%, odnosno 26,73%. Ostvarena prosečna norma rasipanja na centralnim pozicijama je prelazila zadatu (između 207,97 kg/ha i 217,23 kg/ha), a opadala je idući ka perifernim pozicijama. U radu rasipača R2 postignuti su koeficijenti varijacije u opsegu od 2,44% na centralnoj poziciji radnog zahvata, pa do 30,42% na poziciji broj dvanaest. Raspodela je u okviru zadovoljavajućih parametara, što se statistike tiče. Ostvarena norma rasipanja i u ovom slučaju je nešto viša od zadate na centralnim pozicijama, a idući ka periferiji radnog zahvata se smanjuje. Proračun potrebnih preklapanja prohoda dat je na slikama 42 i 43.



Sl. 42 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R1 (druga norma)



Sl. 43 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R2 (druga norma)

Potrebno je preklapati 15,38% širine radnog zahvata u slučaju rasipača R1, kako bi se na perifernim pozicijama radnog zahvata ostvarila norma približna zadatoj, bez dopunskog opterećenja centralnih pozicija. Kod rasipača R2 maksimalno preklapanje ne bi trebalo da prelazi 23,14%, jer bi u tom slučaju centralne pozicije radnog zahvata bile prekrivene prekomernom količinom mineralnog đubriva.

7.2.2.6 Fizičko-mehaničke osobine mineralnog đubriva NPK

- Granulacija đubriva H3

Na deklaraciji mineralnog đubriva H3 naveden je podatak da je procentualni udeo granula veličine od 2-5 mm min 95%. Granulometrijski sastav mineralnog đubriva H3 uzorkovanog u ispitivanju dat je u tabeli 38. Predstavljene su frakcije (podeljene po vrednosti poluprečnika granule) i njihov procentualni udeo u uzorku. U ovom slučaju, najveći je procenat granula čiji je prečnik između 3,3 i 4,75 mm, a iza njih dolazi frakcija koja sadrži granule prečnika između 2 i 3,3 mm, kakav je i granulometrijski sastav mineralnog đubriva H2.

Tab. 38 Granulometrijski sastav i procentualno učešće frakcija u uzorku H3

R.br.	Mesto	Skladište			Bunker			Parcela		
	Dimenzije	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	$r < 2 \text{ mm}$	1,46	2,03	1,59	2,14	2,05	1,87	3,59	3,32	2,95
2	$r > 2 \text{ mm}$	28,66	27,75	28,13	28,72	27,93	28,95	35,69	34,78	34,42
3	$r > 3,3 \text{ mm}$	63,75	61,12	62,05	60,67	61,78	62,05	52,50	53,28	53,42
4	$r > 4,75 \text{ mm}$	6,13	9,10	8,23	8,47	8,24	7,13	8,22	8,62	9,21

U uzorcima uzetim iz skladišta procentualno učešće granula prečnika između 3,3 mm i 4,75 mm iznosi od 61,12% do 63,75%. Ove vrednosti su približno iste i u uzorcima uzetim iz bunkera rasipača (od 60,67% do 62,05%), dok su nešto niže u uzorcima prikupljenim na parceli (52,50%, 53,28% i 53,42%).

- Koeficijent trenja đubriva H3

Sledeći ispitivani parametar za mineralno đubrivo H3 bio je ugao trenja. Mereni su uglovi trenja uzoraka uzetih iz skladišta, iz bunkera rasipača i sa parcele, posle aplikacije (Tab. 39).

Tab. 39 Statički ugao trenja za H3

Redni broj	$\varphi (^{\circ})$		
	Skladište	Bunker	Parcela
1.	23,0	22,8	23,0
2.	23,1	22,9	23,1
3.	22,9	22,7	22,9
Prosek	23,0	22,8	23,0

Zaključak je da statički ugao trenja, a samim tim i koeficijenta trenja granula o podlogu diska opada sa manipulacijom, ali razlike nisu drastične ni u slučaju H3. Vrednosti ugla trenja se kreću između 22,9° (koliki je ugao u jednom od merenja kod uzoraka iz skladišta 88s a parcele), pa do 23,1° (koliki je ugao trenja kod jednog od uzoraka uzetog u skladištu mineralnog đubriva 88s a parcele).

- Uglovi nasipanja đubriva H3

Uglovi nasipanja (statički i dinamički) mereni su u uzorcima uzetim u skladištu mineralnog đubriva, iz bunkera rasipača neposredno pre aplikacije 88s a parcele, po

aplikaciji. Dobijeni rezultati su rikazani u tabelama 40 (statički ugao nasipanja) i 41 (dinamički ugao nasipanja).

Tab. 40 Statički ugao nasipanja za H3

		α (°)		
Mesto	Broj merenja	Skladište	Bunker	Parcela
	1.	36,34	36,07	36,03
	2.	37,13	35,54	36,12
	3.	37,27	36,25	36,34
	Prosek	36,91	35,95	36,16

Tab. 41 Dinamički ugao nasipanja za H3

		α (°)		
Mesto	Broj merenja	Skladište	Bunker	Parcela
	1.	35,54	35,12	34,54
	2.	36,43	35,07	35,12
	3.	36,43	35,54	35,45
	Prosek	36,,13	35,24	35,04

I u slučaju mineralnog đubriva H3, statički ugao nasipanja u sva tri uzorka je veći u odnosu na dinamički ugao nasipanja za iste uzorke. Vrednosti statičkog ugla nasipanja u uzorcima uzetim iz skladišta kreću se od 36,34° do 37,27°, u uzorcima uzetim iz oba bunkera od 35,54° do 36,25°, dok su vrednosti u uzorcima uzetim sa parcele između 36,03° i 36,34°. Vrednosti dinamičkih uglova nasipanja su takođe ujednačene (skladište od 35,54° do 36,43°, bunkeri od 35,07° do 35,54° i parcela od 34,54° do 35,45°).

- Čvrstoća granule đubriva H3

Vrednosti sila koje su dovele do loma granula iz uzoraka mineralnog đubriva H3 date su u tabeli 42. Pri navedenim silama dolazilo je do lomljenja granule, čemu su prethodile deformacije određenih vrednosti, koje su takođe prikazane u tabeli 43. Granule 89s a89 uzoraka izuzimane nasumično.

Tab. 42 Čvrstoća čestica đubriva H3

R.br.	Mesto uzorka					
	Skladište		Bunker		Parcela	
	Sila (N)	Deformacija (mm)	Sila (N)	Deformacija (mm)	Sila (N)	Deformacija (mm)
1.	58,50	0,77	60,14	0,81	58,20	0,73
2.	74,00	0,79	79,24	0,86	14,70	0,22
3.	12,30	0,22	14,85	0,20	9,30	0,11
4.	94,80	0,56	48,20	0,80	38,30	0,58
5.	48,60	0,71	62,76	0,72	74,30	0,81
6.	42,10	0,36	77,60	0,44	93,80	0,48
7.	93,80	0,71	61,93	0,82	67,80	0,86
8.	22,30	0,53	64,17	0,90	12,40	0,25
9.	71,90	0,63	69,77	0,50	46,50	0,44
10.	64,00	0,64	89,69	0,47	37,30	0,54
11.	10,30	0,22	77,82	0,58	63,70	0,64
12.	46,90	0,54	59,47	0,35	83,80	1,05
13.	47,60	0,67	95,51	1,03	74,30	0,89
14.	51,40	0,52	86,48	0,51	54,40	0,39
15.	91,40	0,83	90,81	0,63	42,80	0,49
16.	84,20	0,79	63,65	0,52	63,80	0,44
17.	38,00	0,80	56,03	0,67	9,30	0,30
18.	8,90	0,46	77,09	0,45	17,10	0,21
19.	59,50	0,53	79,17	0,48	52,40	0,39
20.	71,90	0,53	47,15	0,58	40,00	0,51

Minimalna vrednost sile, koja je polomila granulu iz frakcije najmanjeg prečnika iznosila je 8,90 N za uzorak uzet iz skladišta, 14,85 N za uzorak iz jednog od bunkera i 9,30 N za jedan od uzoraka sa parcele posle rasipanja. Maksimalne vrednosti sila koje su registrovane iznosile su 94,80 N za jedan od uzoraka iz skladišta, 95,51 N za jedan od uzoraka iz bunkera rasipača i 93,80 N za jedan od uzoraka uzet sa parcele posle rasipanja. Evidentan je porast sile loma, kao i veličine deformacija koje ta sila izaziva neposredno pre samog loma čestice, što govori u prilog boljim karakteristikama ovog mineralnog đubriva, koje pri tom ima i ujednačeniju granulaciju, naročito u odnosu na mineralno đubrivo H1.

7.2.2.7 Ravnomernost aplikacije mineralnog đubriva MAP

Predsetvena priprema za ozimu pšenicu izvršna je u oktobru 2011. na imanju u Boljevcima. Temperatura vazduha je bila 22 °C, relativna vlažnost vazduha je iznosila 26 %, a duvao je severoistočni vetar brzinom od 1 m/s. U ovom slučaju je primnjeno mineralno đubrivo MAP (H4). Norma rasipanja podešena je na 90 kg/ha. Distribucija je izvršena rasipačima R1 i R3. Oba su bila agregatirana sa traktorima snage 80 kW. Agregati su se kretali prosečnom brzinom od 15 km/h. Širina radnog zahvata za R3 iznosila je 32 m, a za R1 18 m. Vrednosti uzoraka sakupljenih pri radu oba agregata date su u tabelama 43 i 44.

Mineralno đubrivo H4 je đubrivo sa velikim procentom frakcije koja sadrži granule prečnika preko 3,3 mm. Ovo je, u kombinaciji sa kvalitetnom predsetvenom pripremom zemljišta, uticalo da rasipač R1 ujednačeno distribuira đubrivo širinom radnog zahvata u sva tri prohoda. Prisutna je bila karakteristična distribucija hraniva za ovakav tip rasipača, ali su samo krajnji uzorci nešto manjih masa u odnosu na ostale.

Savremena konstrukcija rasipača R3, olakšano podešavanje dozatora i dve različite dužine lopatica zajedno sa kvalitetnim đubrivom, kao rezultat su dali ujednačene mase uzoraka širinom radnog zahvata, što je kasnije pokazano i preko koeficijenta varijacije. Mase uzoraka koji su sakupljeni u posudama postavljenim širinom radnog zahvata mašine su ujednačene i nema velike razlike u masama između krajnjih i uzoraka u centralnom delu. Ovo je od izuzetnog značaja za postizanje zadate norme rasipanja u svim delovima prohoda.

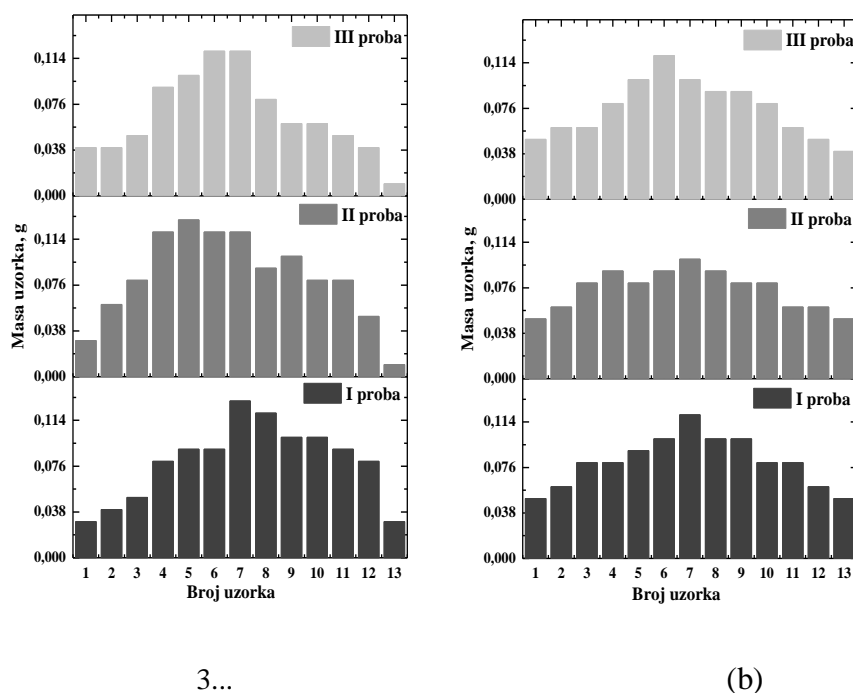
Tab. 43 Distribucija đubriva H4 rasipačem R1

I proba – Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,03	0,04	0,05	0,08	0,09	0,09	0,1	0,1	0,09	0,08	0,09	0,08	0,03
II proba - Smer rasporeda posuda←, smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,03	0,06	0,08	0,08	0,1	0,1	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,05	0,01
III proba – Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,05	0,08	0,08	0,09	0,1	0,12	0,08	0,08	0,06	0,08	0,04	0,04

Tab. 44 Distribucija đubriva H4 rasipačem R3

I proba – Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,06	0,08	0,08	0,09	0,1	0,11	0,1	0,1	0,08	0,08	0,06	0,05
II proba - Smer rasporeda posuda←, smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,06	0,08	0,09	0,08	0,09	0,1	0,09	0,08	0,08	0,06	0,06	0,05
III proba – Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,06	0,06	0,08	0,1	0,12	0,1	0,09	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04

Na osnovu podataka iz dve prethodne tabele, dolazi se do zaključka da je raspodela mineralnog đubriva H4 u slučaju oba rasipača (R1 i R3) ujednačena 93s a su samo krajnje dve pozicije dobile nešto manje količine mineralnog đubriva (između 30 i 50% manje). Ostvarena je karakteristična distribucija đubriva za ovu vrstu rasipača, gde su periferni delovi manje pokriveni mineralnim đubrivom. Na slici 44 prikazani su histogrami za rad oba rasipača, gde se jasno vidi ravnomernost distribucije.



Sl. 44 Ravnomernost distribucije đubriva H4 u predsetvenoj pripremi za pšenicu rasipačem R1 (a) i R3 (b)

Statističkom analizom masa uzoraka uzetih na određenim pozicijama duž radnog zahvata u tri vezana prohoda došlo se do parametara distribucije koji su prikazani u tabelama 45 i 46.

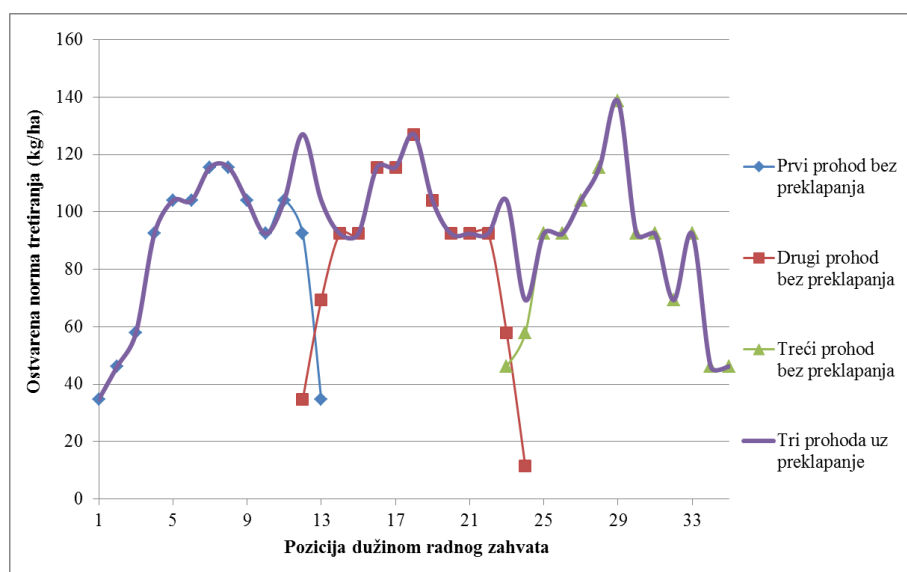
Tab. 45 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H4 za rasipač R1 (prva norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,033	0,05	0,070	0,08	0,093	0,097	0,110	0,090	0,083	0,073	0,083	0,057	0,027
St.dev. (g)	0,005	0,008	0,014	0	0,005	0,005	0,008	0,008	0,005	0,009	0,005	0,017	0,012
Cv (%)	14,14	16,33	20,20	0	5,05	4,88	7,42	9,07	5,66	12,86	5,66	29,99	26,77
Pros. norma (kg/ha)	38,51	57,77	80,88	92,43	107,84	111,69	120,09	103,99	96,28	84,73	96,28	65,47	30,81

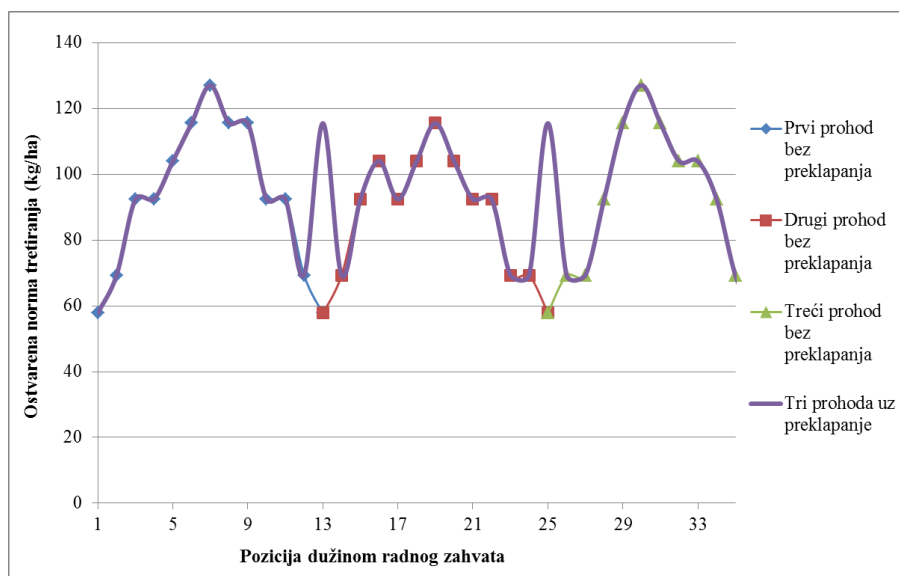
Tab. 46 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H4 za rasipač R3 (prva norma)

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,050	0,060	0,073	0,083	0,090	0,103	0,103	0,093	0,090	0,080	0,067	0,057	0,047
St.dev. (g)	0	0	0,009	0,005	0,008	0,012	0,005	0,005	0,008	0	0,009	0,005	0,005
Cv (%)	0	0	12,86	5,66	9,07	12,07	4,56	5,05	9,07	0	14,14	8,32	10,10
Pros. norma (kg/ha)	57,77	69,32	84,73	96,28	103,99	115,54	119,39	107,84	103,99	92,43	77,02	65,47	53,92

U ovom slučaju je korišćen novi savremeni rasipač mineralnih đubriva R3. Rezultati ukazuju na kvalitetniju aplikaciju u poređenju sa rasipačem R1, na šta prvenstveno ukazuje koeficijent varijacije. Tako, kod rasipača R3 na tri pozicije nema vrednost koeficijenta varijacije, jer su mase uzoraka bile iste u sva tri prohoda. Maksimalna vrednost koeficijenta varijacije za istu poziciju iznosila je 14,14%. Ovaj 95s a95eter i u slučaju rasipača R1 ne prelazi 30%, što oslikava zadovoljavajuću distribuciju. Centralni delovi radnog zahvata ovog rasipača su imali nešto niže vrednosti koeficijenta varijacije (između 4,88% i 9,07%). Norme rasipanja, koje su ostvarene tokom ove predsetvene pripreme, su u centralnim delovima radnih zahvata oba rasipača bile nešto više od zadate norme, ali su zato tek na krajnjim perifernim pozicijama bile niže za 60 kg/ha (R1), odnosno 45 kg/ha (R3). Kod rasipača R3 je prisutna veća stabilnost u radu i veća mogućnost za podešavanje dužine lopatica na disku i prilagođavanje uslovima aplikacije. Postoji potreba za preklapanjem prohoda, ali samo perifernih pozicija (Sl. 45 i 46).



Sl. 45 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R1 (prva norma)



S1. 46 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R3 (prva norma)

U slučaju rasipača R1 procenat potrebnog preklapanja iznosi 7,67% širine radnog zahvata, dok je u slučaju rasipača R3 potrebno preklopiti samo krajnje pozicije (oko 0,33% širine radnog zahvata).

Predsetvena priprema za ozimi ječam izvršena je na parceli Zidine u oktobru 2011. godine. Aplicirano je mineralno đubrivo H4. Ispitivanje je obavljeno istog dana kada i za već navedenu ozimu pšenicu, pa su vremenski uslovi bili isti. Norma rasipanja iznosila je 70 kg/ha. Upotrebljena su dva traktora snage 80 kW, sa kojima su bili agregatirani rasipači R1 i R3. Širina radnog zahvata za R1 iznosila je 16 m, dok je za R3 bila 30 m. Brzina oba agregata bila je u proseku 12 km/h. Rezultati ispitivanja za rasipač R1 dati su u tabeli 47, dok su podaci za kvalitet rada rasipača R3 prikazani u tabeli 48.

Tab. 47 Distribucija đubriva H4 rasipačem R1

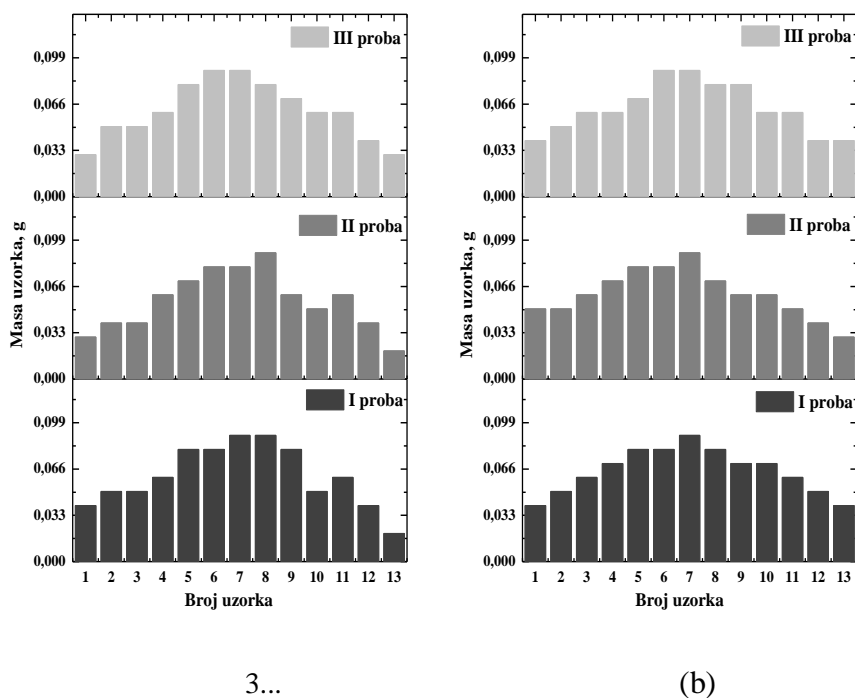
I proba – Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,05	0,06	0,04	0,02
II proba - Smer rasporeda posuda←, smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,03	0,04	0,04	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,06	0,05	0,06	0,04	0,02
III proba – Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,03	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,04	0,03

Tab. 48 Distribucija đubriva H4 rasipačem R3

I proba – Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04
II proba - Smer rasporeda posuda←, smer kretanja agregata ↓													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03
III proba – Smer rasporeda posuda → , smer kretanja agregata ↑													
Uzorak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,06	0,06	0,04	0,04

Mase uzoraka na istim pozicijama radnog zahvata prikupljenih u radu rasipača R1 su približno jednake u sva tri prohoda. Krajnje pozicije su dobile najmanje količine đubriva. U slučaju rasipača R3, mase uzoraka su ujednačene u sva tri prohoda, što potvrđuje i kasnije izračunata ostvarena norma koja je gotovo indentična zadatoj.

Ravnomernost distribucije mineralnog đubriva u predsetvenoj pripremi za ozimi ječam predstavljen je na slici 47.



Sl. 47 Ravnomernost distribucije đubriva H4 u predsetvenoj pripremi za ječam rasipačem R1 (a) i R3 (b)

Statističkom analizom masa uzoraka uzetih na određenim pozicijama duž radnog zahvata u tri vezana prohoda došlo se do parametara distribucije koji su prikazani u tabelama 49 i 50.

Tab. 49 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H4 za rasipač R1 (druga norma)

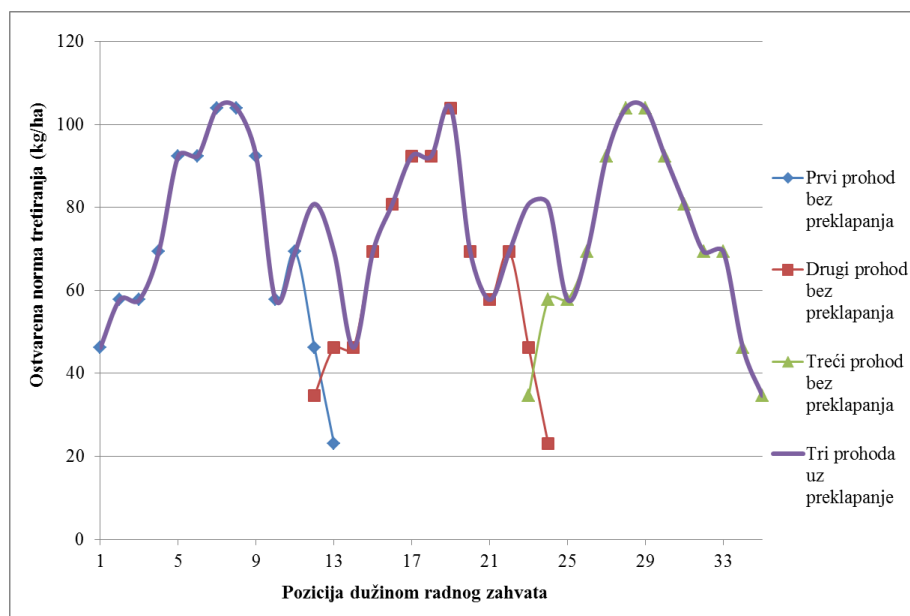
Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,033	0,047	0,047	0,060	0,077	0,083	0,087	0,087	0,070	0,053	0,060	0,040	0,023
St.dev. (g)	0,005	0,005	0,005	0	0,005	0,005	0,005	0,005	0,008	0,005	0	0	0,005
Cv (%)	14,14	10,10	10,10	0	6,15	5,66	5,44	5,44	11,66	8,84	0	0	20,20
Pros. norma (kg/ha)	38,51	53,92	53,92	69,32	88,58	96,28	100,14	100,14	80,88	61,62	69,32	46,22	26,96

Tab. 50 Parametri uniformnosti distribucije đubriva H4 za rasipač R3 (druga norma)

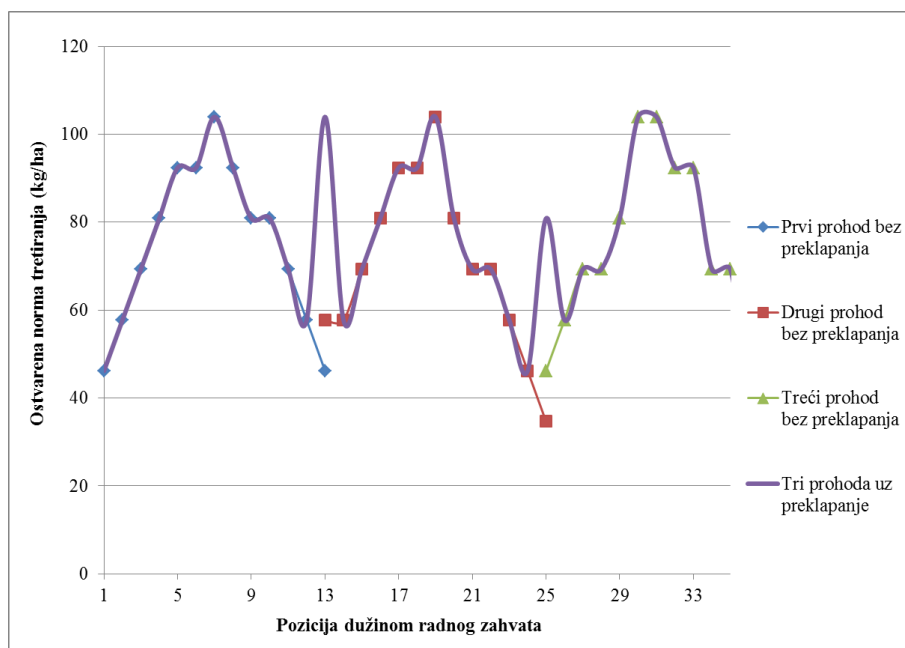
Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pros. masa uzorka (g)	0,043	0,050	0,060	0,067	0,077	0,083	0,090	0,077	0,070	0,063	0,057	0,043	0,037
St.dev. (g)	0,005	0	0	0,005	0,005	0,005	0	0,005	0,008	0,005	0,005	0,005	0,005
Cv (%)	10,88	0	0	7,07	6,15	5,66	0	6,15	11,66	7,44	8,32	10,88	12,86
Pros. norma (kg/ha)	50,07	57,77	69,32	77,03	88,58	96,28	103,99	88,58	80,88	73,17	65,47	50,07	42,37

U slučaju predsetvene pripreme za ozimi ječam slična je situacija kao i kod pšenice. Oba rasipača su postigla norme rasipanja koje se mnogo ne razlikuju, što ide u prilog tvrdnji da je đubrivo H4 dobrih karakteristika 100s a je pogodno za uspešnu manipulaciju, čak 100s a rasipačim manje stabilnosti kakav je rasipač R1. Maksimalna vrednost koeficijenta varijacije za istu poziciju iznosila je 11,66%. Ovaj 100s a100eter i u slučaju rasipača R1 ne prelazi 30% (maksimalan iznosi 20,20%), što oslikava zadovoljavajuću distribuciju. Centralni delovi radnog zahvata ovog rasipača su imali nešto niže vrednosti koeficijenta varijacije (između 5,44% i 11,66%). Norme rasipanja, koje su ostvarene tokom ove predsetvene pripreme, su u centralnim delovima radnih zahvata oba rasipača bile nešto više od zadate norme, ali su zato tek na krajnjim perifernim pozicijama bile niže za 30-40 kg/ha (R1), odnosno 20-30 kg/ha (R3). Kod rasipača R3 je prisutna veća stabilnost u radu i veća mogućnost za podešavanje dužine lopatica na disku i prilagođavanje uslovima aplikacije. Postoji potreba za preklapanjem prohoda, ali samo perifernih pozicija.

Preračunate 100s a vrednosti maksimalnog preklapanja prohoda, kako bi i periferne pozicije zadovoljile zadatu normu rasipanja (Sl. 48 i 49).



Sl. 48 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R1 (druga norma)



Sl. 49 Rezultati proračuna potrebnog preklapanja za rasipač R3 (druga norma)

U slučaju rasipača R1 procenat potrebnog preklapanja iznosi 7,69% širine radnog zahvata, dok je u slučaju rasipača R3 potrebno preklopiti samo krajnje pozicije (oko 0,35% širine radnog zahvata).

7.2.2.8 Fizičko-mehaničke osobine mineralnog đubriva MAP

- Granulacija đubriva H4

Na deklaraciji mineralnog đubriva H4 naveden je podatak da je procentualni udeo granula veličine od 2-5 mm minimalno 95%. Procentualno učešće granula prečnika ispod 2 mm i preko 5 mm je maksimalno 5%. Granulometrijski sastav mineralnog đubriva H4 uzorkovanog u toku ovog ispitivanja dat je u tabeli 51. Predstavljene su frakcije (podeljene po vrednosti poluprečnika granule) i njihov procentualni udeo u uzorku.

U ovom slučaju, najveći je procenat granula čiji je prečnik između 3,3 i 4,75 mm, a iza njih dolazi frakcija koja sadrži granule prečnika između 2 i 3,3 mm. U uzorcima uzetim iz skladišta procentualno učešće granula prečnika između 3,3 mm i 4,75 mm iznosi od 70,43% do 72,11%.

Tab.51 Granulometrijski sastav i procentualno učešće frakcija u uzorku H3

R.br.	Mesto	Skladište			Bunker			Parcela		
	Dimenzije	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	r < 2 mm	1,79	1,53	1,47	7,56	6,72	8,13	10,22	8,42	10,52
2	r > 2 mm	12,47	13,05	13,21	7,67	7,98	6,45	6,26	7,15	7,81
3	r > 3,3 mm	71,41	70,43	72,11	70,20	70,61	71,05	69,84	70,42	69,13
4	r > 4,75 mm	14,33	14,99	13,21	14,57	14,69	14,37	13,68	14,01	12,54

Ove vrednosti su približno iste i u uzorcima uzetim iz bunkera rasipača (od 70,20% do 71,05%), dok su nešto niže u uzorcima prikupljenim na parceli (69,13%, 69,84% i 70,42%). Rezultati pokazuju najujednačeniju granulometrijsku strukturu od sva četiri ispitivana mineralna đubriva.

- Koeficijent trenja đubriva H4

Sledeći ispitivani 102s a102eter za mineralno đubrivo H4 bio je ugao trenja. Mereni su uglovi trenja uzoraka uzetih iz skladišta, iz bunkera rasipača 102s a parcele, posle aplikacije (Tab. 52).

Tab. 52 Statički ugao trenja za H4

Redni broj	φ (°)		
	Skladište	Bunker	Parcela
1.	24,4	23,6	23,0
2.	24,4	23,8	23,1
3.	24,3	23,7	23,1
Prosek	24,37	23,7	23,07

Zaključak je da ugao trenja, a samim tim i koeficijenta trenja granula o podlogu diska opada sa manipulacijom, ali razlike nisu drastične ni u slučaju H4. Vrednosti ugla trenja se kreću između 23,1° (koliki je ugao u dva od tri merenja u uzorku uzetom sa parcele), pa do 24,4° (koliki je ugao trenja u dva od tri merenja u uzorku uzetom u skladištu mineralnog đubriva). Upravo je ova karakterisitka jedan od razloga za najbolji kvalitet distribucije mineralnog đubriva H4.

- Uglovi nasipanja đubriva H4

Uglovi nasipanja (statički i dinamički) mereni su u uzorcima uzetim u skladištu mineralnog đubriva, iz bunkera rasipača neposredno pre aplikacije 102s a parcele, po

aplikaciji. Dobijeni rezultati su rikazani u tabelama 53 (statički ugao nasipanja) i 54 (dinamički ugao nasipanja).

Tab. 53 Statički ugao nasipanja za H3

		α (°)		
Mesto	Broj merenja	Skladište	Bunker	Parcela
		1.	31,54	30,42
2.	32,36	31,11	30,51	
3.	31,38	30,34	30,08	
Prosek		31,76	30,62	30,34

Tab. 54 Dinamički ugao nasipanja za H3

		α (°)		
Mesto	Broj merenja	Skladište	Bunker	Parcela
		1.	29,11	28,55
2.	29,11	28,37	29,21	
3.	29,34	29,03	28,39	
Prosek		29,19	28,65	28,72

I u slučaju mineralnog đubriva H4, statički ugao nasipanja u sva tri uzorka je veći u odnosu na dinamički ugao nasipanja za iste uzorke. Vrednosti statičkog ugla nasipanja u uzorcima uzetim iz skladišta kreću se od 31,38° do 32,36°, u uzorcima uzetim iz oba bunkera od 30,34° do 31,11°, dok su vrednosti u uzorcima uzetim sa parcele između 30,08° i 30,51°. Vrednosti dinamičkih uglova nasipanja su takođe ujednačene (skladište od 29,11° do 29,34°, bunkeri od 28,37° do 28,55° i parcela od 28,39° do 29,21°).

- Čvrstoća granule đubriva H4

Vrednosti sila koje su dovele do loma granula iz uzoraka mineralnog đubriva H4 date su u tabeli 55. Pri navedenim silama dolazilo je do lomljenja granule, čemu su prethodile deformacije određenih vrednosti, koje su takođe prikazane u tabeli 55.

Tab. 55 Čvrstoća čestica đubriva H4

R.br.	Mesto uzorka					
	Skladište		Bunker		Parcela	
	Sila (N)	Deformacija (mm)	Sila (N)	Deformacija (mm)	Sila (N)	Deformacija (mm)
1.	26,60	0,25	29,52	0,16	16,70	0,20
2.	24,90	0,20	16,97	0,16	25,70	0,25
3.	19,40	0,16	33,20	0,30	18,90	0,14
4.	25,40	0,20	18,80	0,16	19,40	0,20
5.	18,00	0,25	29,10	0,20	21,00	0,20
6.	22,40	0,20	19,20	0,20	17,50	0,20
7.	19,40	0,16	28,80	0,26	20,00	0,16
8.	20,50	0,16	12,30	0,21	34,20	0,50
9.	16,40	0,15	19,90	0,20	16,70	0,16
10.	20,50	0,20	24,00	0,35	19,60	0,16
11.	16,70	0,16	17,20	0,26	22,80	0,45
12.	18,90	0,16	23,30	0,41	22,70	0,25
13.	22,10	0,16	20,50	0,25	13,90	0,15
14.	26,80	0,30	28,20	0,30	16,40	0,35
15.	17,80	0,30	28,80	0,50	17,20	0,16
16.	22,10	0,16	20,50	0,25	30,10	0,35
17.	20,80	0,20	25,30	0,20	17,70	0,10
18.	26,00	0,35	19,50	0,21	20,20	0,20
19.	19,40	0,16	17,50	0,15	13,90	0,15
20.	19,40	0,16	15,40	0,15	17,20	0,36

Minimalna vrednost sile, koja je polomila granulu iz frakcije najmanjeg prečnika iznosila je 16,40 N za uzorak uzet iz skladišta, 12,30 N za uzorak iz jednog od bunkera i 13,90 N za jedan od uzoraka sa parcele posle rasipanja. Maksimalne vrednosti sile koje su registrovane iznosile su 26,80 N za jedan od uzoraka iz skladišta, 33,20 N za jedan od uzoraka iz bunkera rasipača i 34,20 N za jedan od uzoraka uzet sa parcele posle rasipanja. Sile koje lome granule su niže u odnosu na mineralno đubrivo H3, ali ipak u rangu đubriva sa većom otpornošću na lomove i uticaj sile. Tome u prilog ide i ujednače granulometrijski sastav, koji se ne menja drastično sa manipulacijom.

7.2.3 Statistička analiza dobijenih rezultata

7.2.3.1 Ravnomernost aplikacije

Da bi se utvrdilo da li i kako đubrivo, rasipač i norma rasipanja utiču na ravnomernost distribucije đubriva širinom radnog zahvata, primenjena je trofaktorska analiza varijanse po potpuno slučajnom planu.

Rezultati trofaktorske analize varijanse za ovaj ogled prikazani su u tabeli 56. Uticaj đubriva na kvalitet rasipanja je vrlo značajan, kao i uticaj norme rasipanja. Interakcija sva tri faktora ne postoji, jer je p vrednost jednaka 0,351 i veća je od 0,05. Isto tako nema ni interakcije đubriva i rasipača, kao ni interakcije norme i rasipača. Jedino postoji interakcija đubriva i norme i ona je vrlo značajna. Prisustvo ove interakcije znači da uticaj vrste đubriva na prosečnu masu đubriva u uzorku nije isti za obe norme.

Tab. 56 Analiza varijanse za ravnomernost aplikacije

Izvor varijacije	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	0,065	2	0,032	8,920	0,000**
Norma	0,064	1	0,064	1,807	0,000**
Rasipač	1,047E-005	1	1,047E-005	0,003	0,957
Đubrivo * Norma	0,047	2	0,023	6,438	0,002**
Đubrivo * Rasipač	0,011	2	0,005	1,514	0,221
Norma * Rasipač	0,004	1	0,004	1,142	0,286
Đubrivo * Norma * Rasipač	0,008	2	0,004	1,050	0,351
Greška	1,649	456	0,004		
Korigovana suma	1,847	467			

Kako nema interakcije sva tri faktora, već samo đubriva i norme, neophodno je uraditi upoređivanja totalnih proseka za vrste đubriva po normama. U tu svrhu je primenjen Tukey-ev test za nivo značajnosti 0,05 i 0,01. Rezultati pokazuju da se kod prve norme rasipanja đubriva H3 statistički značajno razlikuje od H1 i H2 (ima manji prosek uzoraka), a ova dva se međusobno ne razlikuju. Ovakav zaključak važi za svaki rasipač ponaosob. Kod druge norme rasipanja, nema razlike između đubriva H3 i H1, a đubrivo H2 ima značajno veću prosečnu vrednost od njih. Ovo takođe važi za svaki rasipač ponaosob.

Kada se upoređuju norme po đubrivima (Tab. 57), jedino postoji statistički vrlo značajna razlika između normi kod đubriva H1, dok kod đubriva H2 i H3 razlika proseka nije značajna. Ovaj zaključak važi za oba rasipača.

Tab. 57 Analiza varijanse pri upoređivanju normi po đubrivima

Đubrivo		Suma kvadrata	df	Sred.kvadrata	F	p
H1	Između grupa	0,104	1	0,104	30,307	0,000**
	Unutar grupa	0,529	154	0,003		
	Total	0,633	155			
H2	Između grupa	0,004	1	0,004	0,888	0,347
	Unutar grupa	0,676	154	0,004		
	Total	0,680	155			
H3	Između grupa	0,003	1	0,003	0,978	0,324
	Unutar grupa	0,467	154	0,003		
	Total	0,470	155			

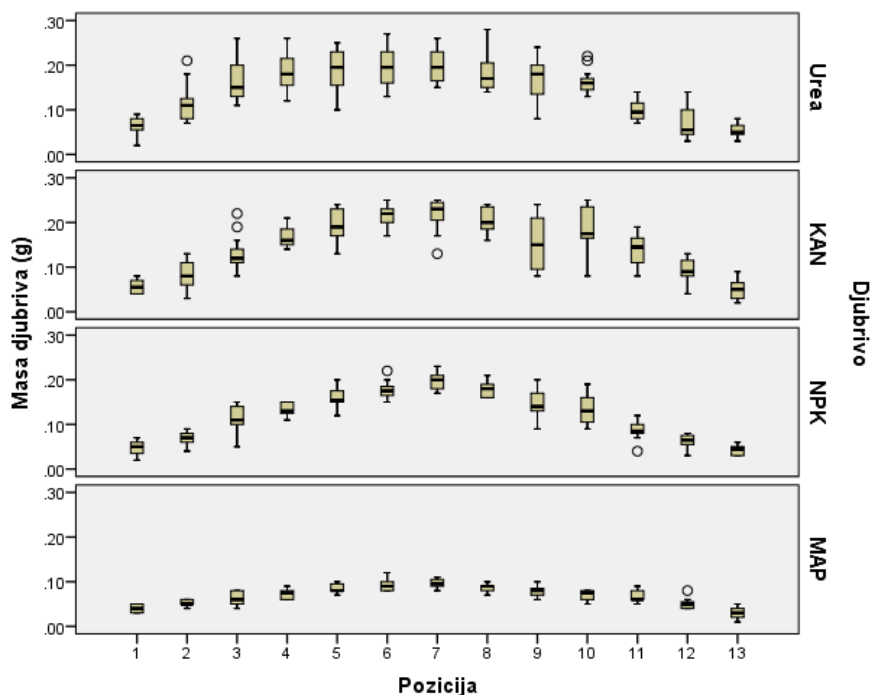
Kod đubriva H4 je urađena dvofaktorska ANOVA analiza (Tab. 58).

Tab. 58 Analiza varijanse za đubrivo H4

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Norma	0,008	1	0,008	16,527	0,000**
Rasipač	0,001	1	0,001	1,170	0,281
Norma * Rasipač	6,410E-007	1	6,410E-007	0,001	0,970
Greška	0,070	152	0,000		
Korigovana suma	0,078	155			

U ovom slučaju postoji samo uticaj norme i to vrlo značajan ($p < 0,01$). Nema uticaja rasipača na kvalitet distribucije ovog tipa mineralnog đubriva, što govori u prilog njegovim dobrim karakteristikama, od kojih zavisi ravnomernost rasipanja. Ne postoji uticaj interakcije norme rasipanja i rasipača ($p > 0,05$). Kako je prosek uzoraka za prvu normu veći nego za drugu, a nema interakcije norme i rasipača, ovaj se zaključak uopštava na oba rasipača. Dakle, kod rasipača R1 i R3 prosek uzoraka je za prvu normu veći nego za drugu normu, odnosno u slučaju ova dva rasipača distribucija je kvalitetnija kada su zadate veće norme rasipanja.

Izvršeno je i dodatno ispitivanje uticaja tipa mineralnog đubriva, rasipača i norme na ravnomernost distribucije đubriva širinom radnog zahvata. Za ilustraciju rešenja ovog problema izabrani su box plotovi, a grafički prikaz je dat na slici 50.



Sl. 50 Grafički prikaz uticaja vrste đubriva, norme i rasipača na masu rasutog đubriva

Kao što se može videti, najveće su razlike u masama uzoraka kod Uree, dok su neznatne kod MAP-a, naročito kod rasipača R3. U tabeli 59 dati su nivoi značajnosti dobijeni na osnovu Tukey-evog testa za sve tretmane ispitivanih faktora. Mala slova su korišćena za označavanje značajnosti razlike između rasipača. Velika slova su korišćena za označavanje značajnosti razlike između pojedinih vrsta đubriva, a slova X i Y su korišćena za označavanje značajnosti razlike između pojedinih normi.

Tab. 59 Rezultati ispitivanja uticaja vrste đubriva, norme i rasipača na masu rasutog đubriva

Đubrivo	Norma	Rasipač	
		Vicon	RCW
H1	Prva	0,156aYC	0,181bYC
	Druga	0,117aXB	0,117aXBC
H2	Prva	0,154aYBC	0,146aXC
	Druga	0,139aXB	0,141aXC
H3	Prva	0,123aXB	0,123aYB
	Druga	0,125bXB	0,104aXB
H4		Vicon	Amazone
	Prva	0,073aYA	0,077aYA
	Druga	0,059aXA	0,063aXA

U slučaju rasipača R1, značajno se razlikuje raspored masa širinom radnog zahvata jedino kod H3 (druga norma). U slučaju R2, značajno se razlikuje raspored masa širinom radnog zahvata jedino kod Uree (prva norma). Što se rasipača R3 tiče, nema značajnih razlika u rasipanju H4 u prvoj i drugoj normi (ravnomerno se raspoređuje đubrivo u obe norme). U pogledu značajnosti razlika između različitih vrsta đubriva, bez obzira na normu i rasipač, ona je najznačajnija između H4 i preostala tri đubriva. Razlika nije značajna između H2 i H3 u slučaju rada rasipača R1 i nije značajna između H2 i H1 u slučaju rada rasipača R2. Značajna je razlika između ovih đubriva u slučaju druga dva rasipača. U slučaju normi, razlika je značajna kada je veća norma u pitanju jedino kod H3, dok je u slučaju manje norme, razlika značajna kod H2. Na osnovu podataka iz prethodne tabele dolazi se do zaključka da je kod mineralnih đubriva sa ujednačenijom granulacijom, većom čvrstoćom i uglovima nasipanja i trenja kvalitet aplikacije bolji, odnosno ravnomernije je rasipanje širinom radnog zahvata. Samim tim, u slučaju aplikacije ovakvih mineralnih đubriva smanjena je i potreba za preklapanjem prohoda, što značajno utiče na energetski bilans kompletne ratarske proizvodnje.

7.2.3.2 Granulacija mineralnih đubriva

Za ispitivanje uticaja vrste đubriva i mesta uzorkovanja na procentualne udele frakcija u uzorcima korišćena je dvofaktorska analiza varijanse.

Rezultati dvofaktorske analize varijanse za granule manje od 2 mm prikazani su u tabeli 60 i kao što se može videti, postoji interakcija između ova dva faktora ($p < 0,01$). To znači da uticaj vrste đubriva na prosečno učešće granula manjih od 2 mm, zavisi od mesta uzorkovanja. Ovo dalje znači da se moraju upoređivati prosečne vrednosti za vrste đubriva po pojedinim mestima uzorkovanja i obrnuto, moraju se upoređivati prosečne vrednosti sa pojedinim mesta uzorkovanja za svako đubrivo ponaosob. Za naknadna poređenja korišćen je Tukey-ev test.

Rezultati upoređivanja vrsta đubriva po mestima uzorkovanja pokazuju da je u uzorku iz skladišta procentualni udeo frakcije sa granulama manjim od 2 mm kod đubriva H2 značajno viši u poređenju sa ostala tri tipa đubriva, koje se međusobno značajno ne razlikuju. Kod uzoraka uzetih iz bunkera rasipača nema značajne razlike u

procentualnom učešću navedene frakcije između đubriva H1 i H4. Udeo ovih čestica kod đubriva H3 je značajno niži u odnosu na sve. Đubrivo H2 ima značajno viši procentualni udeo u poređenju sa svim ostalim ispitivanim tipovima đubriva. Kod uzoraka uzetih sa parcele posle rasipanja situacija je ista kao i kod uzoraka uzetih iz bunkera rasipača.

Tab. 60 Analiza varijanse za granule manje od 2 mm

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	753,284	3	251,095	530,413	0,000**
Mesto uzorkovanja	346,406	2	173,203	365,874	0,000**
Đubrivo * Mesto uzorkovanja	121,887	6	20,315	42,913	0,000**
Greška	11,361	24	0,473		
Korigovana suma	1232,939	35			

Kod upoređivanja proseka za mesta uzorkovanja za svako đubrivo ponaosob, razlikuju se procentualni udeli u uzorcima sa sva tri mesta uzorkovanja kod đubriva UREA, KAN i MAP, s tim da je najveći prosek kod uzoraka uzetih sa parcele, zatim kod uzoraka uzetih iz bunkera i na kraju kod uzoraka uzetih iz skladišta. Kod NPK nema razlike između uzorka iz skladišta i iz bunkera rasipača, a uzorak sa parcele ima značajno veći procentualni udeo ove frakcije u odnosu na prva dva uzorka.

Kod dimenzije $r > 2$ mm, takođe postoji interakcija vrste đubriva i mesta uzorkovanja (Tab. 61). Rezultati upoređivanja proseka za đubriva po mestima uzorkovanja i mesta uzorkovanja po đubrivima (Tukey test) pokazuju da postoje značajne razlike u prosečnom udelu ove frakcije između svih đubriva na sva tri mesta uzorkovanja, s tim što je kod đubriva UREA udeo ove frakcije značajno viši u poređenju sa ostalim ispitivanim đubrivima. Najniži udeo ove frakcije ima đubrivo MAP. Kada se uporede prosečni udeli ove frakcije u đubrivima u odnosu na mesto uzorkovanja, zaključak je da je kod UREA značajno najviši prosek u skladištu, kod KAN se proseci u uzorcima značajno ne razlikuju, kod NPK je najviši prosek u uzorku sa parcele, dok je kod MAP to slučaj sa uzorkom iz skladišta.

Tab. 61 Analiza varijanse za granule veće od 2 mm

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	27134,018	3	9044,673	19935,970	0,000**
Mesto uzorkovanja	39,081	2	19,540	43,070	0,000**
Đubrivo * Mesto uzorkovanja	163,314	6	27,219	59,995	0,000**
Greška	10,888	24	0,454		
Korigovana suma	27347,301	35			

I kod dimenzije $r > 3,3$ mm, takođe postoji interakcija vrste đubriva i mesta uzorkovanja (Tab. 62).

Tab. 62 Analiza varijanse za granule manje od 3,3 mm

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	17277,887	3	5759,296	10069,334	0,000**
Mesto uzorkovanja	198,791	2	99,395	173,779	0,000**
Đubrivo * Mesto uzorkovanja	143,218	6	23,870	41,733	0,000**
Greška	13,727	24	0,572		
Korigovana suma	17633623	35			

Rezultati upoređivanja proseka za različita đubriva po mestu uzorkovanja pokazuju da kod svih mesta uzorkovanja postoji statistički značajna razlika između đubriva u prosečnom udelu ove frakcije, s tim da kod đubriva MAP ova frakcija ima najveći udeo, zatim đubriva KAN i NPK, dok je kod đubriva UREA prosečan udeo granula prečnika većeg od 3,3 mm, najmanji.

Rezultati upoređivanja proseka za sva tri mesta uzorkovanja kod svakog đubriva ponaosob pokazuju da kod đubriva UREA i MAP nema razlike između mesta uzorkovanja u pogledu granula dimenzija preko 3,3 mm. Kod đubriva KAN su značajno različiti proseci kod sva tri uzorka i najviši je udeo ove frakcije u uzorku uzetom iz skladišta, dok je kod đubriva NPK prosek u uzorku sa parcele značajno niži u odnosu na prosek iz preostala dva uzorka.

Jedino kod dimenzije granula $r > 4,75$ mm nema interakcije vrste đubriva i mesta uzorkovanja, odnosno koliki će procenat ove frakcije biti u uzorku zavisi isključivo od vrste đubriva (Tab. 63).

Tab. 63 Analiza varijanse za granule veće od 4,75 mm

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	229,605	2	114,802	205,111	0,000**
Mesto uzorkovanja	1,787	2	0,894	1,597	0,230
Đubrivo * Mesto uzorkovanja	5,956	4	1,489	2,660	0,066
Greška	10,075	18	0,560		
Korigovana suma	247,423	26			

Zato se ovde upoređuju marginalne srednje vrednosti (totali) iz uzoraka. Rezultati pokazuju da nema razlike između mesta uzorkovanja i ovo važi za svako đubrivo ponaosob. Posmatrano po vrsti đubriva, prosek kod NPK je značajno niži od proseka kod MAP i KAN, koji se međusobno ne razlikuju. Ovaj zaključak važi za sva mesta uzorkovanja. Analizirano je da li se procentualno učešće frakcija značajno razlikuje kod ispitivanih đubriva u uzorcima uzetim iz skladišta, iz bunkera i sa parcele, odnosno da li od vrste đubriva zavisi procentualno učešće frakcija u uzorcima. Rezultati su dati u tabeli 64.

Tab. 64 Analiza varijanse za značajnost razlika kod granulometrijskog sastava đubriva

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	337,785	3	112,595	220,047	0,000
Dimenzije	36347,238	3	12115,746	23678,057	0,000
Mesto	0,024	2	0,012	0,024	0,976
Đubrivo * Dimenzije	45057,008	8	5632,126	11006,982	0,000
Đubrivo * Mesto	0,161	6	0,027	0,052	0,999
Dimenzije * Mesto	586,223	6	97,704	190,945	0,000
Đubrivo * Dimenzije * Mesto	434,215	16	27,138	53,037	0,000
Greška	46,052	90	0,512		
Korigovana suma	83969,906	134			

Na osnovu prikazanih p vrednosti, dolazi se do zaključka da na procentualno učešće određenih frakcija u uzorku utiče vrsta đubriva, prečnik granule (dimenzija), kao i interakcija prvog nivoa (đubriva i dimenzija), kao i interakcija drugog nivoa (đubriva, dimenzija i mesta uzorkovanja). Ovim je pokazano da nisu slučajne razlike između mineralnih đubriva u pogledu granulometrijskog sastava, odnosno da na ovu fizičku osobinu utiče vrsta đubriva. U tabeli 65 su dati rezultati testiranja razlike pomoću Tukey-evog testa, gde su a, b i c oznake za nivoe značajnosti razlika u procentualnom

učešću frakcija u uzorcima đubriva uzetim sa različitih mesta; A, B, C i D oznake za nivoje značajnosti razlika u procentualnom učešću različitih frakcija u uzorcima istog đubriva; X, Y, Z i W su oznake za nivoje značajnosti razlika u procentima frakcija kod različitih mineralnih đubriva.

Tab. 65 Određivanje nivoa značajnosti

Đubrivo	Dimenzije	Mesto uzorkovanja		
		skladište	bunker	parcela
H1	r<2 mm	2,84aAX	6,68bAY	9,39cAY
	r>2 mm	84,72bCW	80,87aCW	79,31aBW
	r>3.3 mm	12,44aBX	12,45aBX	11,31aAX
	r>4.75 mm	/	/	/
H2	r<2 mm	7,53aAY	15,55bAZ	21,47cBZ
	r>2 mm	23,43aCY	22,31aBY	21,98aBY
	r>3.3 mm	53,83cDY	47,20bCY	43,00aCY
	r>4.75 mm	15,21bBX	14,96bAX	13,61aAX
H3	r<2 mm	1,69aAX	2,02aAX	3,29bAX
	r>2 mm	28,18aCZ	28,53aCZ	34,96bCZ
	r>3.3 mm	62,31bDZ	61,50bDZ	53,07aDZ
	r>4.75 mm	7,82aBY	7,95aBY	8,68aBY
H4	r<2 mm	1,60aAX	7,47bAY	9,72cBY
	r>2 mm	12,91bBX	7,37aAX	7,07aAX
	r>3.3 mm	71,32aCW	70,62aCW	69,80aDW
	r>4.75 mm	14,18aBY	14,54aBY	13,41aCY

Upoređivanjem odgovarajućih oznaka po odgovarajućim parametrima, dolazi se do zaključka da postoje značajne razlike u granulaciji između različitih đubriva i da one nisu slučajne. Tačnije, postoje značajne razlike u procentu istih frakcija kod različitih đubriva u uzorcima uzetim sa istih mesta – od tipa đubriva zavisi koliki će procentualni udeo frakcija biti u uzorku i kako će se đubrivo u granulometrijskom smislu „ponašati“ posle manipulacije i apikacije.

7.2.3.3 Ugao trenja mineralnih đubriva

Rezultati merenja ugla trenja pokazuju da je uticaj vrste đubriva i mesta uzorkovanja na ugao trenja statistički vrlo značajan (Tab. 66). Takođe, postoji interakcija između vrste đubriva i mesta uzorkovanja. Dalji postupak upoređivanja je isti kao u prethodnom slučaju.

Tab. 66 Analiza varijanse za ugao trenja

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	165,712	3	55,237	5848,667	0,000**
Mesto uzorkovanja	2,816	2	1,408	149,059	0,000**
Đubrivo * Mesto uzorkovanja	2,238	6	0,373	39,490	0,000**
Greška	0,227	24	0,009		
Korigovana suma	170,992	35			

Rezultati Tukey-evog testa za prosečne uglove trenja po mestu uzorkovanja pokazuju da je kod uzorka iz skladišta i iz bunkera najveća prosečna vrednost ugla trenja kod đubriva MAP, zatim kod đubriva NPK i KAN, dok je najmanja kod đubriva UREA. Kod uzorka sa parcele je situacija slična, samo što nema razlike između đubriva NPK i MAP.

Kod upoređivanja proseka za svako đubrivo ponaosob dobijeno je da se kod đubriva UREA i MAP značajno razlikuju proseci kod sva tri mesta uzorkovanja. Kod đubriva KAN se prosek u uzorku iz skladišta razlikuje od proseka u uzorku iz bunkera i sa parcele, dok kod NPK nema značajne razlike između mesta uzorkovanja. Kod NPK mesto uzorkovanja ne utiče na prosečnu vrednost ugla trenja.

Dalje je ispitivano da li se ugao trenja značajno razlikuje kod ispitivanih đubriva u uzorcima uzetim u skladištu, iz bunkera rasipača i sa parcele. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je značajan uticaj kako vrste đubriva i mesta uzorkovanja ponaosob, tako i njihovog interaktivnog delovanja na vrednost ugla trenja.

U tabeli 67 dat je pregled nivoa značajnosti dobijenih pomoću Tukey-evog testa, gde su A, B, C i D oznake za različite nivoe značajnosti u pogledu ugla trenja kod ispitivanih đubriva; a, b i c su oznake za različite nivoe značajnosti u pogledu različitih mesta uzorkovanja.

Tab. 67 Određivanje nivoa značajnosti

	Mesto		
	skladište	bunker	parcela
H1	18,73Aa	17,53Aa	18,10Aa
H2	22,17Bb	21,77Ba	21,83Ba
H3	23,00Cc	22,80Cb	23,00Cb
H4	24,37Dc	23,70Db	23,07Cb

U svim slučajevima je razlika značajna, osim u slučaju uzoraka sa parcele posle rasipanja NPK i MAP (međusobno poređenje četiri različita đubriva). U pogledu mesta uzorkovanja, značajne su razlike između uglova trenja kod UREA, KAN i NPK u skladištu, dok između KAN i MAP u uzorku iz skladišta nema značajnih razlika. U uzorcima iz bunkera značajno se razlikuju UREA u odnosu na NPK i MAP, kao i KAN u odnosu na NPK i MAP, dok se UREA i KAN ne razlikuju značajno. Ista je situacija i sa uzorcima sa parcele. Ukratko, razlike u pogledu ovog parametra nisu slučajne kada su različita mineralna đubriva u pitanju. Takođe, manipulacija i aplikacija različitih đubriva značajno utiče na vrednosti navedenog parametra.

7.2.3.4 Statički i dinamički ugao nasipanja

Na osnovu izmerenih vrednosti za statički i dinamički ugao nasipanja, urađena je faktorska analiza. Rezultati za statički ugao nasipanja su dati u tabeli 68.

Tab. 68 Analiza varijanse za statički ugao nasipanja

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	148,311	3	49,437	304,760	0,000
Mesto	5,753	2	2,876	17,732	0,000
Đubrivo * Mesto	1,444	6	0,241	1,483	0,226
Greška	3,893	24	0,162		
Korigovana suma	159,401	35			

Evidentan je uticaj vrste đubriva i mesta sa kojeg je uzet uzorak na vrednosti ovog parametra. Interakcija ova dva faktora ne postoji ($p > 0,05$).

Ispitivano je da li se statički ugao nasipanja značajno razlikuje za četiri ispitana đubriva u uzorcima iz skladišta, iz bunkera i sa parcele. Rezultati dobijeni pomoću Tukey-evog testa su prikazani u tabeli 69. Slovima A, B, C i D su označeni različiti nivoi značajnosti u pogledu statičkog ugla nasipanja kod različitih đubriva; a, b i c su oznake za različite nivoe značajnosti u pogledu različitih mesta uzorkovanja.

Postoji značajna razlika u pogledu ovog parametra između uzoraka iz skladišta kod sva četiri mineralna đubriva (A je najniži prosek, odnosno najniži nivo značajnosti). U uzorcima uzetim iz bunkera rasipača je ista situacija, kao i kod uzoraka uzetih sa parcele posle rasipanja.

Tab. 69 Određivanje nivoa značajnosti

	Mesto		
	skladište	bunker	parcela
H1	32,48Bb	32,07Ba	32,38Ba
H2	34,71Cb	33,69Ca	33,73Ca
H3	36,91Db	35,95Da	36,16Da
H4	31,76Ab	30,62Aa	30,34Aa

Što se tiče značajnosti razlika ovog parametra kod istog đubriva za različito mesto uzorkovanja, one su značajne kod sva četiri đubriva između skladišta i bunkera i između skladišta i parcele, dok ta razlika nije značajna u uzorcima iz bunkera i parcele. Navedeni podaci pokazuju da nisu slučajne razlike između različitih đubriva i da njihovom manipulacijom i aplikacijom dolazi do promene navedenog parametra, što dalje utiče na ravnomernost aplikacije.

Analiza varijanse za dinamički ugao nasipanja data je u tabeli 70.

Tab. 70 Analiza varijanse za dinamički ugao nasipanja

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	165,712	3	55,237	5848,667	0,000**
Mesto	2,816	2	1,408	149,059	0,000**
Đubrivo * Mesto	2,238	6	0,373	39,490	0,000**
Greška	0,227	24	0,009		
Korigovana suma	170,992	35			

Evidentan je uticaj vrste đubriva i mesta sa kojeg je uzet uzorak na vrednosti ovog parametra. Interakcija ova dva faktora postoji i ima uticaj na dinamički ugao nasipanja.

Ispitivano je da li se statički ugao nasipanja značajno razlikuje za četiri ispitana đubriva u uzorcima iz skladišta, iz bunkera i sa parcele. Rezultati su prikazani u tabeli 71. Slovim A, B, C i D su označeni nivoi značajnosti u pogledu statičkog ugla nasipanja kod različitih đubriva; a, b i c su oznake za nivoje značajnosti u pogledu različitih mesta uzorkovanja.

Tab. 71 Određivanje nivoa značajnosti

	Mesto		
	skladište	bunker	parcela
H1	23,35Aa	23,35Aa	23,45Aa
H2	32,46Cb	31,80Cab	31,68Ca
H3	36,13Db	35,24Dab	35,04Da
H4	29,19Ba	28,65Ba	29,05Ba

Isti je komentar kao i u slučaju statičkog ugla nasipanja. Razlike u dinamičkom uglu postoje, one nisu slučajne i utiču na različit kvalitet distribucije za četiri navedena mineralna đubriva.

7.2.3.5 Čvrstoća granule

Metodom linearne korelacione analize je utvrđena relativna veza između maksimalnih sila kojima su granule đubriva bile opterećene i deformacija koje su one izazivale, a koje su prethodile lomu granula. Korelacija je vrlo značajna u svim slučajevima osim kod uzoraka đubriva H4 iz skladišta i bunkera rasipača, gde je značajna i kod đubriva H2 u uzorku uzetom iz bunkera rasipača i uzorku sa parcele i đubriva H3 u uzorku uzetom iz bunkera rasipača, gde nije statistički značajna.

Rezultati analize linearne regresije dati su u tabeli 72.

Tab. 72 Vrednosti Pearsonovog koeficijenta linearne korelacije za vezu sile i deformacije granule

Đubrivo		Mesto uzorkovanja		
		skladište	bunker	parcela
H1	Pearson koef.	0,797	0,829	0,858
	Znač.	0,000**	0,000**	0,000**
H2	Pearson koef.	-0,419	0,075	0,191
	Znač.	0,033*	0,377	0,210
H3	Pearson koef.	0,661	0,284	0,779
	Znač.	0,001**	0,113	0,000**
H4	Pearson koef.	0,501	0,446	0,700
	Znač.	0,012*	0,024*	0,000**

Vrednosti koeficijenta determinacije, kao i vrednosti regresionih parametara date su u tabeli 73.

Tab. 73 Vrednosti parametara regresije za vezu sile i deformacije granule

Đubrivo	Mesto uzorkovanja	Parametri		
		R	const.	b
H1	skladište	0,635	-0,029	0,015
	bunker	0,687	-0,026	0,015
	parcela	0,736	-0,019	0,014
H2	skladište	0,176	1,498	-0,021
	bunker	0,006	0,953	0,004
	parcela	0,036	0,972	0,011
H3	skladište	0,437	0,351	0,004
	bunker	0,081	0,402	0,003
	parcela	0,606	0,166	0,007
H4	skladište	0,251	0,013	0,009
	bunker	0,199	0,083	0,007
	parcela	0,491	-0,019	0,013

Kao što se može uočiti, vrednost koeficijenta determinacije je mala kod uzorka H2 iz bunkera i sa parcele i kod uzorka H3 iz bunkera, što potvrđuje podatak da jedino u ovim slučajevima korelacija nije značajna ($p > 0,05$), odnosno da veza između dve navedene promenljive nije jaka i značajna.

Na osnovu parametara iz tabele 73 pišu se regresione jednačine oblika:

$$\hat{y}_i = const. + bx_i \quad (\text{Jed. 48})$$

Kao što se može uočiti, vrednost koeficijenta determinacije je mala kod uzorka H2 iz bunkera i sa parcele i kod uzorka H3 iz bunkera, što potvrđuje podatak da jedino u ovim slučajevima korelacija nije značajna, odnosno da veza između dve navedene promenljive nije jaka.

Sve regresione jednačine koje opisuju oblik veze između intenziteta sile, kao nezavisno i vrednosti deformacije granule, kao zavisno promenljive su date u tabeli 74.

Tab. 74 Regresione jednačine koje opisuju oblik veze između sile i deformacije granule

Đubrivo	Mesto uzorkovanja	Regresiona jednačina
H1	skladište	$\hat{y}_i = -0,029 + 0,015x_i$
	bunker	$\hat{y}_i = -0,026 + 0,015x_i$
	parcela	$\hat{y}_i = -0,019 + 0,014x_i$
H2	skladište	$\hat{y}_i = 1,498 - 0,021x_i$
	bunker	$\hat{y}_i = 0,953 + 0,004x_i$
	parcela	$\hat{y}_i = 0,972 + 0,011x_i$
H3	skladište	$\hat{y}_i = 0,351 + 0,004x_i$
	bunker	$\hat{y}_i = 0,402 + 0,003x_i$
	parcela	$\hat{y}_i = 0,166 + 0,007x_i$
H4	skladište	$\hat{y}_i = 0,013 + 0,009x_i$
	bunker	$\hat{y}_i = 0,083 + 0,007x_i$
	parcela	$\hat{y}_i = -0,019 + 0,013x_i$

Na osnovu predstavljenih jednačina može se zaključiti pozitivna veza između intenzitet sile i vrednosti deformacije, osim u uzorku KAN iz skladišta. Ocenjeni regresioni koeficijenti pokazuju da se deformacija prosečno povećava za njihovu vrednost, a ko se intenzitet sile poveća za 1 N. U slučaju uzorka đubriva KAN iz skladišta, deformacija se smanjuje za 0,021 mm ako se sila povećava za 1 N. U navedenom slučaju je koeficijent determinacije nizak, odnosno promene u vrednosti deformacije se objašnjavaju sa samo 17,6 % promenama intenziteta sile. U suštini, koeficijenti korelacije i determinacije su najviši kod đubriva UREE u sva tri uzorka, što govori da vrednost deformacije zavisi od intenziteta sile koja deluje na granulu, na šta se mora obratiti pažnja u primeni ovog đubriva.

Na osnovu dvofaktorske analize varijanse definisani su nivoi značajnosti u pogledu uticaja vrste đubriva i mesta uzorkovanja na veličinu sile koja izaziva lom kod granule. Rezultati su prikazani u tabeli 75.

Tab. 75 Analiza varijanse za čvrstoću granule

Izvor varijacija	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	p
Đubrivo	82338,127	3	27446,042	162,336	0,000**
Mesto	1265,912	2	632,956	3,744	0,025*
Đubrivo * Mesto	3589,757	6	598,293	3,539	0,002**
Greška	38547,785	228	169,069		
Korigovana suma	125741,581	239			

Evidentan je veoma značajan uticaj vreste đubriva na ovaj parametar, značajan uticaj mesta uzorkovanja, ali i veoma značajan uticaj interakcije ova dva faktora. Daljom analizom putem Tukey-evog testa došlo se do nivoa značajnosti u pogledu razlika između četiri navedena đubriva kada je čvrstoća granule u pitanju (Tab. 76).

Tab. 76 Određivanje nivoa značajnosti

	Mesto		
	skladište	bunker	parcela
H1	6,22Aa	6,23Aa	6,21Aa
H2	24,71Ba	19,54Ba	21,11Ba
H3	54,62Cab	68,08Cb	47,21Ca
H4	21,18Ba	22,40Ba	19,29Ba

Slovima A, B, C i D su označeni različiti nivoi značajnosti u pogledu čvrstoće kod različitih đubriva (sile loma i deformacije); a, b i c su oznake za različite nivoje značajnosti u pogledu čvrstoće granula u uzorcima uzetim sa različitih mesta. Zaključak je da postoji značajna razlika u pogledu sile loma i deformacije između đubriva UREA, KAN i NPK, kao i UREA, MAP i NPK u sva tri uzorka i da te razlike nisu slučajne. Značajna razlika između đubriva KAN i MAP ne postoji u pogledu ovog parametra, jer su to đubriva sa sličnim vrednostima sile loma.

7.3 Energetski pokazatelji biljne proizvodnje

Poljoprivreda je sama po sebi veliki proizvođač, ali i potrošač energije. Ona koristi velike količine lako dostupnih nekomercijalnih izvora energije, kao što su seme, stajnjak i sl., kao i komercijalne izvore energije u obliku dizel goriva, električne energije, mineralnih đubriva, vode za navodnjavanje, mehanizacije itd. Efikasno korišćenje tih energetskih izvora pomaže povećanju produktivnosti proizvodnje i doprinosi profitabilnosti i konkurentnosti poljoprivrede.

Budućnost poljoprivrede i njena stabilnost i održivost zavisi od rešavanja mnogih pitanja i problema vezanih za produktivnost, životnu sredinu i ekonomiju. Među njima, poboljšanje energetske efikasnosti proizvodnje i smanjenje zagađenja životne sredine su fundamentalni (Alluvione et al., 2011). Energetske potrebe u

poljoprivredi su niske u odnosu na druge proizvodne sektore, ali ipak i ovde treba efikasnije koristiti neobnovljive izvore energije, što je ključno za postizanje ekonomske stabilnosti (Asakereh et al., 2010).

Energija je sastavni deo društva i igra ključnu ulogu u privrednom rastu i društvenom razvoju, podizanjem životnog standarda i kvaliteta života. Naučne prognoze i analize utroška energije će biti od velike važnosti za planiranje energetske strategije i politike. Utrošak energije u zemljama u razvoju je povećan zbog ubrzanog privrednog rasta i razvoja. Međutim, unapređenje poljoprivredne proizvodnje ne može doneti maksimalnu dobit zbog povećanja troškova proizvodnje. Efikasno korišćenje energije je jedan od glavnih uslova za održivi razvoj poljoprivredne proizvodnje. To će smanjiti ekološke probleme i unaprediti razvoj poljoprivrede. Razvoj poljoprivrednih sistema s niskim utroškom energije u odnosu na dobijene prinose rezultirao bi poboljšanjem energetske efikasnosti i smanjenjem štetnog uticaja na životnu sredinu. Povećanje energetske efikasnosti ne samo da pomaže u poboljšanju konkurentnosti kroz smanjenje troškova, nego i rezultira minimizacijom štetnog uticaja na okolinu, čime se pozitivno doprinosi održivom razvoju. Odnos energetske inputa i outputa najčešće se koristi za procenu efikasnosti i uticaja proizvodnih sistema na životnu sredinu. Energetska analiza danas je neophodna kako bi se precizno izvršila procena celokupne potrošnje neobnovljivih izvora energije u poljoprivredi. Kao što su zaključili Dalgaard et al. (2001), energetska održivosti poljoprivrede podrazumeva efikasno korišćenje neobnovljivih resursa i progresivnu zamenu neobnovljivih obnovljivim resursima. Saznanja iz oblasti upotrebe energije i kranjih dobitaka u proizvodnji za različite sisteme su neophodna kako bi se istražili preduslovi za unapređenje energetske efikasnosti.

Za razliku od ekonomske analize, energetska analiza posredno osigurava informacije o iscrpljivanju neobnovljivih energetske izvora i klimatskim promenama koje opterećuju proizvodnju useva. Kao posledica toga, analiza utroška energije može pružiti sintetisane informacije korisne za poljoprivrednike i donosiocima važnih odluka vezanih za ovu privrednu granu (Pervanchon et al., 2002). Međutim, navedena analiza ne obuhvata sve aspekte održive poljoprivrede. Drugi u razmatranja uključuju privredne i ekonomske pokazatelje, zatim pokazatelje o zagađenju, upotrebi voda, plodnosti zemljišta i erozije (Fresco, 2009).

Jedan od problema kod metoda energetske analize su energetske ekvivalenti koji energetske kvantifikuju utrošak materijala i rada u svakom delu proizvodnog procesa. Često se, usled nedostatka podataka iz regiona, za energetske ekvivalente uzimaju podaci sa drugih lokacija, koji se mogu razlikovati. Drugi problem je kvalitet određenih energetske inputa, tj. da li spadaju u grupu obnovljivih ili neobnovljivih energetske inputa, koja im je cena koštanja i dr.

Direktni energetske inputi u procesu poljoprivredne proizvodnje na otvorenom polju podrazumevaju utrošak energije putem goriva bilo iz grupe obnovljivih ili neobnovljivih izvora energije. Za sada, veći deo direktno utrošene energije u zemljama u razvoju se odnosi na energiju utrošenu putem fosilnih goriva, zatim gasa, uglja i električne energije. U strukturi utrošene energije u proizvodnji na otvorenom polju skoro jednu trećinu predstavljaju direktni energetske inputi.

Indirektni energetske inputi podrazumevaju energiju utrošenu putem hraniva, hemijskih zaštitnih sredstava, semena, upotrebljene mehanizacije, vode i uložnog ljudskog rada. U proizvodnji na otvorenom polju učešće indirektnih energetske inputa iznosi oko 2/3 od ukupno utrošene energije.

Nakon utvrđivanja energetske inputa i energetske outputa, određuje se energetske odnos, specifični energetske input i energetske produktivnost kao osnovni parametri analize tehnološko-tehničkog sistema proizvodnje.

Specifični energetske input (EI) predstavlja odnos uložene energije u proizvodnom ciklusu i ostvarenog prinosa i na taj način ukazuje na to koliki je utrošak energije po jedinici ostvarenog prinosa. Vrednost ovog parametra takođe zavisi od kulture koja se gaji, regiona, sistema proizvodnje, pa je tako za šećernu repu u Iranu iznosio 1,3 MJ/kg (Asgharipour et al., 2012). U proizvodnji soje u Iranu izračunati su specifični energetske inputi od 10,95 MJ/kg (Mousavi-Avval et al., 2011 i 2012), 16,16 MJ/kg (Abbas and Majid, 2012) i 12,12 MJ/kg (Kordhili et al., 2013). Ramah and Baali (2011) navode da je EI u proizvodnji ozimih pšenice i ječma u Maroku redom iznosio 4,9 MJ/kg i 3,7 MJ/kg, dok je u slučaju konkretnog istraživanja prosečna vrednost bila 5,81 MJ/kg za pšenicu i 2,82 MJ/kg za ozimi ječam.

Energetske odnos (ER) se definiše kao odnos između energetske vrednosti proizvodnje i ukupno utrošene energije u proizvodnom ciklusu. Ovim parametrom se može ukazati na uticaj energetske inputa na dobijeni prinos. U zavisnosti od tipa proizvodnog sistema, tehničko-tehnoloških rešenja koja se primenjuju, biljne kulture,

regiona, energetska inputa variraju. U proizvodnji merkantilnog kukuruza u Pakistanu vrednost ovog parametra po Memonu et al. (2012) iznosila je 6,55, dok je u različitim provincijama u Iranu 2,03 (Abdi et al., 2012) i 1,86, odnosno 2,90 (Lorzadeh et al., 2011 i 2012). U slučaju semenskog suncokreta, Davoodi and Haushhyar (2009) i Uzunož et al. (2008) dobili su vrednosti 2,17 i 2,95, respektivno. Prva grupa autora je uradila ispitivanja u provinciji Fars u Iranu, dok su drugi izvršili merenja u Turskoj. Mousavi et al. (2012) su izračunali da je energetska odnos u ovoj proizvodnji u Golestanu u Iranu bio 4,24. Energetska odnos u proizvodnji šećerne repe je bio predmet istraživanja više autora. Reineke et al. (2013) su naveli vrednost 15,4 za Nemačku, Gulistan et al. (2007) i Haciseferogullari et al. (2013) za dve regije u Turskoj navode vrednosti od 25,75, odnosno 19,15, dok su Asgharipour et al. (2012) dobili energetska odnos od 13,35 nakon ispitivanja u Iranu. Odnos između energetske vrednosti proizvodnje i ukupno utrošene energije u proizvodnji soje u Iranu je ispitivana u nekoliko provincija i isti je varirao od 1,81 (Abbas and Majid, 2012), preko 2,06 (Kordheili et al., 2013), 2,29 (Mousavi-Avval et al., 2011 i 2012), pa do 3,95 (Remedani et al., 2011). U proizvodnji pšenice u Iranu energetska odnos iznosio je po Shanin et al. (2008) 3,13, po Ziaei et al. (2012) 1,49, dok su Kardoni et al. (2013) predstavili svoje rezultate i naveli da ER ima vrednost od 1,77. Ozimi ječam je po Mobtakeru (2010) kultura koja u proizvodnji u Iranu imao energetska odnos od 2,86, dok su Azarpour (2012) i Ziaei et al. (2012) u odvojenim istraživanjima u istoj zemlji naveli vrednosti 2,70 i 1,94, redom.

Energetska produktivnost (EP) predstavlja odnos ostvarenog prinosa i utrošene energije. Ovaj parametar je specifičan za svaki deo proizvodnog ciklusa, lokaciju i vreme. Može poslužiti kao parametar za ocenu efikasnosti korišćenja energije u različitim tehnološko-tehničkim sistemima proizvodnje. Da bi se poboljšala energetska produktivnost moguće je ili smanjiti vrednost energetske inputa ili povećati prinos. Ukoliko se pored energije u obzir uzmu i ekologija i ekonomija, rešenje za povećanje energetske produktivnosti bi ipak bilo smanjenje energetske inputa (Dimitrijević, 2010). Energetska produktivnost u proizvodnji šećerne repe u Turskoj je iznosila 1,53 kg/MJ (Gulistan et al., 2007), dok je u Iranu ovaj parametar bio niži, iznosio je 0,80 kg/MJ (Asgharipour et al., 2012). U proizvodnji soje ovaj parametar takođe varira. Mousavi-Avval et al. (2011, 2012) navode da je u Iranu energetska produktivnost iznosila 0,09 kg /MJ, po Abbas and Majid (2012) bila je nešto niža 0,06kg/MJ, dok su

Kordheili et al. (2013) izračunali da je bila 0,08 kg/MJ. Ramah and Baali (2011) su izračunali energetske produktivnosti u proizvodnji ozimih pšenice i ječma u Maroku i ona je redom iznosila 0,20 i 0,27 kg/MJ.

Generalno gledano, upotreba mineralnih đubriva u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji značajno opterećuje energetske bilans. Procentualno učešće mineralnih đubriva i utrošak energije u operacijama vezanim za skladištenje, aplikaciju i manipulaciju đubriva predstavljena su u narednom poglavlju.

7.3.1 Energetski bilans proizvodnje kukuruza

Proizvodnja merkantilnog kukuruza je jedna od osnovnih delatnosti gazdinstva gde je istraživanje izvršeno. Dobijeni su podaci o utrošku energije, kao i o energiji dobijenoj preko prinosa u tri proizvodne sezone: 2009/10, 2010/11 i 2011/12. Predstavljeni su utrošak energije po operacijama (Tab. 77) i energetske output (Tab. 78) za svaku tehnološku operaciju ponaosob, sa procentualnim učešćem u energetske bilansu proizvodnje.

Podaci sakupljeni u poljoprivrednoj 2009/10. godini pokazuju da je procentualno u energetske bilansu najzastupljeniji azot sa 59,50 % i da su zajedno sa fosforom mineralna đubriva nosila najviše energije. Zatim sledi potrošeno gorivo sa procentualnim udelom od 22,86 %. Rezultati iz naredne proizvodne godine pokazuju da je mineralno đubrivo sa svojim udelom od 33,76 % na prvom mestu, s tim što je sada značajan utrošak stajskog đubriva. Gorivo je takođe imalo visok udeo u ukupno utrošenoj energiji. U poslednjoj posmatranoj sezoni zabeležena je minimalna količina padavina, tako da je celokupan rod pokošen na zeleno i iskorišćen za pripremu stočne hrane. Potrošene su značajne količine azotnog đubriva, koje je bilo procentualno zastupljeno sa 65,19 %. Gorivo je i ovoga puta bilo na drugom mestu sa 24,07 %.

Tab. 77 Utrošak energije u proizvodnji kukuruza

Input	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Energija (MJ ha ⁻¹)			Učesće energetskog inputa u energetskom bilansu (%)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Direktni									
Gorivo (l)	80,75	87,35	82,83	3859,85	4175,33	3959,24	22,86	16,92	24,07
Ukupno direktni				3859,85	4175,33	3959,24	22,86	16,92	24,07
Indirektni									
Rad (h)	4,98	8,27	4,27	9,76	16,21	8,36	0,05	0,07	0,05
Traktor (h)	4,50	7,81	3,81	412,34	715,63	349,11	2,44	2,91	2,13
Kombajn (h)	0,48	0,47	0,47	42,06	41,19	41,19	0,25	0,17	0,25
Transport (h)	1,12	1,15	1,27	33,38	34,27	37,85	0,20	0,14	0,23
Mašine (h)	4,81	7,13	3,00	301,59	447,05	188,10	1,79	1,81	1,14
Stajnjak (t)		28,61			8671,69			35,14	
Azot (kg)	151,9 0	125,97	162,13	10092,24	8369,45	10771,92	59,50	33,76	65,19
Fosfor (kg)	45,67		38,13	568,13		474,34	3,38		2,88
Kalijum (kg)	13,05			145,51			0,86		
Herbicid (kg)	5,24	8,48	1,87	1247,12	2018,24	445,06	7,38	8,18	2,71
Voda (m ³)	0,60	1,00	0,40	0,612	1,02	0,41	0,01	0,01	0,01
Seme (kg)	14,71	15,00	15,00	216,24	220,50	220,50	1,28	0,89	1,34
Ukupno indirektni				13068,24	20535,25	12536,84	77,14	83,08	75,93
Ukupni input				16928,83	24710,58	16496,08	100	100	100

Tab. 78 Energetski outputi u proizvodnji kukuruza

	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Energija (MJ ha ⁻¹)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Prinos (kg)	5007,62	4406,06				
Zelenamasa (kg)			20800,00			
Output				73612,01	64769,10	214240,00

Memon et al. (2012) ispitivali su proizvodnju kukuruza u Pakistanu. U konvencionalnoj proizvodnji ove kulture ukupni energetska input iznosi 12,69 GJ/ha, uz primenu NPK đubriva, na koje otpada 10,65 GJ/ha. Energetski output u ovoj varijanti je bio 83,11 GJ/ha. U poređenju sa gazdinstvom u Jakovu, ukupni inputi su niži u odnosu na sve tri ispitivane proizvodne godine. Energetski output je nešto viši u odnosu na prvu sezonu i značajno viši u odnosu a drugu, što dalje implicira da je i prinos bio viši.

Abdi et al. (2012) su ispitivali gajenje kukuruza u iranskoj provinciji Kermanšah. Ukupni energetska input u proseku je iznosio 26,92 GJ/ha, što je više u odnosu na gazdinstvo „7.juli“. Procentualno učešće mineralnih đubriva iznosi 56 %, što je manje u odnosu na prvu i treću sezonu, a gotovo dvostruko više u odnosu na drugu.

Lorzadeh et al. (2011, 2012) su ispitivali proizvodnju kukuruza u dve iranske provincije – Dezful i Izeh. U prvoj provinciji je energetska input iznosio 29,31 GJ/ha, sa učešćem mineralnog đubriva 48,25 %. U drugoj provinciji energetska input je iznosio 34,640 GJ/ha, dok je procenat đubriva bio niži (20,80 %). U poređenju sa regionom Save, inputi u obe provincije su viši. Procentualno učešće đubriva je manje u odnosu na isti parametar proizvodnje u Srbiji.

Pregled energetskih parametara dat je u tabeli 79.

Tab. 79 Parametri za energetska analizu proizvodnje merkantilnog kukuruza

Energetski parametar	Sezona			Prosek
	2009/10	2010/11	2011/12	
EI (MJ/kg)	3,38	5,61	0,79	3,26
ER	4,35	2,62	12,99	6,65
EP (kg/MJ)	0,3	0,18	1,26	0,58

7.3.2 Energetska bilans proizvodnje semenskog suncokreta

Suncokret se na gazdinstvu, gde je obaljeno ispitivanje, proizvodi u svrhu dobijanja semenskog materijala. Podaci o utrošku energije u proizvodnji semenskog suncokreta po operacijama i njihovi procentualni udeli dati su u tabeli 80, dok je u tabeli 81 predstavljena energija ostvarena kroz prinose.

Tab. 80 Utrošak energije u proizvodnji semenskog suncokreta

Input	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Energija (MJ ha ⁻¹)			Učehće energetskog inputa u energetskom bilansu (%)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Direktni									
Gorivo (l)	88,60	79,58	76,57	4235,08	3803,92	3660,05	24,68	25,08	25,81
Kerosin (l)		5,00	10,50		183,50	385,35		1,21	2,72
Ukupno direktni	88,6	84,58	87,07	4235,08	3987,42	4045,40	24,68	26,29	28,53
Indirektni									
Rad (h)	28,2	7,83	6,62	55,27	15,35	12,98	0,32	0,10	0,09
Traktor (h)	21,0	6,92	5,76	1924,23	634,08	527,79	11,46	4,27	3,80
Kombajn (h)	0,10	0,47	0,67	8,76	41,19	58,71	0,05	0,27	0,41
Transport (h)	2,55	1,25	1,47	75,99	37,25	43,81	1,54	0,24	0,31
Mašine (h)	18,55	6,16	5,00	1163,09	386,23	313,50	10,95	2,55	2,21
Azot (kg)	92,00	88,36	79,12	6112,40	5870,64	5256,73	35,46	38,53	36,91
Fosfor (kg)		46,22	26,37		574,98	328,04		3,79	2,31
Kalijum (kg)			58,01			646,81			4,56
Insekticidi (kg)	1,10	6,44	1,40	111,32	651,73	141,68	0,65	4,30	1,00
Herbicidi (kg)	9,30	12,22	11,51	2213,40	2908,36	2739,38	12,90	19,18	19,32
Voda (m ³)	286,60	0,80	1,02	292,33	0,82	1,04	1,67	0,01	0,01
Seme (kg)	2,74	3,55	3,83	54,80	71,00	76,60	0,32	0,47	0,54
Ukupno indirektni				12011,59	11191,63	10147,07	75,32	73,71	71,47
Ukupni input				16246,67	15179,05	14192,47	100	100	100

Tab. 81 Energetski outputi u proizvodnji semenskog suncokreta

	Količina (jedin. ha ⁻¹)		
	09/10	10/11	11/12
Prinos (kg)	1410,50	1054,44	1610,67
Output (MJ)	35262,50	26361,00	40266,75

Podaci sakupljeni u prvoj proizvodnoj godini pokazuju da je procentualno u energetskom bilansu najzastupljeniji azot sa 35,46 %, zatim gorivo sa 24,68 %. Prema rezultatima iz 2010/11., mineralno đubrivo sa svojim udelom od ukupno 42,32 % je na prvom mestu potrošača energije. Gorivo je takođe imalo visok udeo u ukupnoj energiji utrošenoj u proizvodnji. U poslednjoj sezoni utrošene su značajne količine azotnog đubriva, koje je bilo procentualno zastupljeno sa 36,91 %, dok je učešće fosfora bilo 2,31 %, a kalijuma 4,56 %. Gorivo je i ovoga puta zauzelo drugo mesto sa 25,81 %. Energetski parametri su predstavljeni u tabeli 82.

Podatke o proizvodnji suncokreta u provinciji Golestan u Iranu sakupili su Mousavi et al. (2012). Ova provincija je centar proizvodnje suncokreta u Iranu. Ukupni energetski inputi su iznosili 9,6 GJ/ha, sa učešćem mineralnih đubriva sa 2,09 GJ/ha i 3,44 GJ/ha. U poređenju sa regionom Save inputi su niži u odnosu na sve tri sezone, kao i udeo đubriva i dizel goriva.

Davoodi i Haushhyar (2009) su proučavali gajenje suncokreta kao važne kulture u poljoprivredi Irana. Ispitivana je proizvodnja u provinciji Fars. Ukupan utrošak energije je iznosio 22,95 GJ/ha, od čega na mineralna đubriva otpada 26,64 %. Na električnu energiju je utrošeno 28,64 % od ukupno uložene energije, dok je procentualno učešće goriva iznosilo 27,87 %. Inputi su viši u odnosu Srbiju, upravo zbog navodnjavanja, koje je u regionu Save bilo primenjeno samo u prvoj sezoni, dok je potrošnja mineralnog đubriva manja.

Uzunoz et al. (2008) su istraživali koliki je utrošak energije u proizvodnji suncokreta u Tokt provinciji u Turskoj. Ukupan utrošak energije je iznosio 18,93 GJ/ha. Mineralna đubriva su procentualno bila zastupljena sa 51,28 %, dok je dizel gorivo u energetskom bilansu učestvovalo sa 28,55 %. U Turskoj je upotrebljena veća količina mineralnih đubriva, nego što je to bio slučaj u Srbiji.

Tab. 82 Parametri za energetska analizu proizvodnje semenskog suncokreta

Energetski parametar	Sezona			Prosek
	2009/10	2010/11	2011/12	
EI, MJ/kg	11,52	14,4	8,81	11,58
ER	2,17	1,74	2,84	2,25
EP, kg/MJ	0,09	0,07	0,11	0,09

7.3.3 Energetski bilans proizvodnje šećerne repe

Šećerna repa je od izuzetnog značaja za industrijsku proizvodnju. Na gazdistvu je gaje na velikoj površini, ali za postizanje još boljih rezultata mora se unaprediti tehnologija uz uvođenje navodnjavanja. Podaci o energetska bilansu proizvodnje za tri već pomenute sezone u proizvodnji šećerne repe prikazani su u tabelama 83 i 84. Energetski udeo svake tehnološke operacije u proizvodnji ove kulture izražen je u MJ/ha, kao i procentualno u ukupnom energetska bilansu.

Tab. 83 Utrošak energije u proizvodnji šećerne repe

Input	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Energija (MJ ha ⁻¹)			Učešće energetskog inputa u energetskom bilansu (%)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Direktni									
Gorivo (l)	174,20	173,76	126,82	8326,76	8305,73	6062,00	20,13	28,00	33,18
Kerosin (l)	4,50	6,86	5,00	165,15	251,76	183,50	0,41	1,06	1,00
Ukupno direktni	178,7	180,62	131,82	8491,91	8557,49	6245,50	20,54	29,06	34,18
Indirektni									
Rad (h)	13,50	9,31	6,70	26,46	18,25	13,13	0,07	0,08	0,07
Traktor (h)	12,52	8,42	6,36	1147,21	771,52	582,77	2,89	3,26	3,19
Kombajn (h)	0,63	0,40	1,14	55,21	35,05	99,90	0,96	0,15	0,55
Transport (h)	7,08	2,24	2,02	210,98	66,75	60,20	0,53	0,28	0,33
Mašine (h)	6,09	6,61	5,51	381,84	414,45	345,48	0,96	1,75	1,89
Azot (kg)	311,75	137,59	87,95	20712,67	9141,48	5843,40	51,89	38,44	31,83
Fosfor (kg)	56,57	69,76	61,47	703,73	867,81	764,69	1,77	3,66	4,18
Kalijum (kg)	110,00	111,22	47,10	1226,50	1240,10	525,17	3,09	5,24	2,87
Insekticidi (kg)	6,74	7,27	6,44	682,09	735,72	651,73	1,72	3,11	3,57
Fungicidi (kg)	1,69	0,28		365,05	60,48		0,92	0,26	
Herbicidi (kg)	21,35	11,70	8,93	5081,30	2784,60	2125,34	12,71	11,76	11,64
Voda (m ³)	1,84	1,84	1,43	1,88	1,88	1,46	0,01	0,01	0,01
Seme (kg)	15,43	13,90	20,78	771,50	695,00	1039,00	1,94	2,94	5,69
Ukupno indirektni				31366,42	16833,09	12052,27	79,46	70,94	65,82
Ukupni input				39858,33	25390,58	18297,77	100	100	100

Tab. 84 Energetski outputi u proizvodnji šećerne repe

	Količina (jedin. ha ⁻¹)		
	09/10	10/11	11/12
Prinos (kg)	78323,43	56128,78	10020,00
Output (MJ)	1315833,60	942963,50	168336,00

U sezoni 2009/10 dobijeni podaci pokazuju da je najveća količina energije utrošena kroz mineralna đubriva. Procentualno učešće đubriva je iznosilo 56,75 %. Voda je korišćena samo za pripremu hemijskih sredstava za zaštitu bilja, tako da je njeno procentualno učešće u energetskom bilansu nisko. Prema rezultatima iz naredne proizvodne godine, procentualno učešće mineralnih đubriva u energetskom bilansu proizvodnje bilo je niže. Prinos je takođe opao u odnosu na prethodnu sezonu i to za 20 t/ha. U poslednjoj proizvodnoj godini količina mineralnih đubriva po hektaru je manja u odnosu na prethodnu sezonu, pa je procentualno učešće NPK đubriva iznosilo 38,88 %. Udeo potrošnje goriva je bio visok i iznosio je 33,18 %. Voda je korišćena samo u zaštiti useva, pa je bez dopunskog navodnjavanja prinos bio nizak. Značajno manja količina mineralnog đubriva je upotrebljena usled nedostatka sredstava za nabavku većih količina.

Gulistan et al. (2007) su uradili ekonomsku analizu proizvodnje šećerne repe u provinciji Tokat u Turskoj. Prema rezultatima ukupna iskorišćena količina energije je iznosila 39,69 GJ/ha, sa procentualnim udelom mineralnih đubriva 49,33 % i dizel goriva sa 24,16 %. Odnos output/input je bio 25,75. U poređenju sa rezultatima sa ispitivanog gazdinstva, procentualno učešće đubriva i goriva je približno isto.

Asgharipour et al. (2012) izvršili su ekonomsku analizu proizvodnje šećerne repe u Korasan Razavi provinciji u Iranu. Prosečan ukupan utrošak energije je iznosio 42,23 GJ/ha, od čega je 29 % i 22 % pripadalo mineralnim đubrivima i irigaciji, redom. Ekonomska procena je pokazala da su energetski inputi preko ljudskog rada, mehanizacije, dizel goriva, mineralnih đubriva, stajskog đubriva, struje i vode za navodnjavanje napravili značajan doprinos proizvodnji u energetskom smislu. Energetski inputi su približno jednaki u ovoj studiji i u sezoni 2009/10, ali su viši u odnosu na dve naredne sezone 2010/11 i 2011/12 u Srbiji.

Energetski parametri su predstavljeni u tabeli 85.

Tab. 85 Parametri za energetska analizu proizvodnje šećerne repe

Energetski parametar	Sezona			Prosek
	2009/10	2010/11	2011/12	
EI, MJ/kg	0,51	0,45	1,83	0,93
ER	33,01	37,14	9,2	26,45
EP, kg/MJ	1,97	2,21	0,55	1,58

7.3.4 Energetski bilans proizvodnje soje

Proizvodnja soje takođe ima svoje mesto na gazdinstvu. Trend viših letnjih temperatura, kada je soji i neophodna najveća količina vode, raste. Rezultati energetskog bilansa sakupljeni u tri proizvodne godine predstavljani su u tabelama 86 i 87.

Tab. 86 Utrošak energije u proizvodnju soje

Input	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Energija (MJ ha ⁻¹)			Učesće energetskog inputa u energetskom bilansu (%)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Direktni									
Gorivo (l)	90,48	87,05	82,61	4324,94	4160,99	3948,76	36,02	37,44	36,70
Ukupno direktni	90,48	87,05	82,61	4324,94	4160,99	3948,76	36,02	37,44	36,70
Indirektni									
Rad (h)	5,73	6,15	5,75	11,23	12,05	11,27	0,09	0,11	0,10
Traktor (h)	5,14	5,60	5,35	470,98	513,13	490,22	3,92	4,66	4,56
Kombajn (h)	0,58	0,47	0,40	50,83	41,19	35,05	0,16	0,37	0,33
Transport (h)	1,26	1,10	0,96	37,55	32,78	28,61	0,31	0,30	0,26
Mašine (h)	4,43	5,01	4,80	277,76	314,13	300,96	2,33	2,83	2,80
Azot (kg)	68,43	66,46	64,06	4546,49	4415,66	4256,15	37,86	39,55	39,38
Fosfor (kg)	45,23		29,96	562,66		372,70	4,69		3,46
Kalijum (kg)		22,92			255,56			2,30	
Insekticidi (kg)	1,08	0,88	1,05	109,30	89,06	106,26	0,91	0,80	0,99
Herbicidi (kg)	5,70	4,21	4,03	1356,60	1001,98	959,14	11,30	9,01	8,91
Voda (m ³)	1,00	1,40	1,00	1,02	1,43	1,02	0,01	0,01	0,01
Seme (kg)	94,30	95,40	92,63	339,48	343,44	333,47	2,40	2,62	2,50
Ukupno indirektni				7763,90	7020,41	6894,85	63,98	62,56	63,30
Ukupni input				12088,84	11181,40	10843,61	100	100	100

Tab. 87 Energetski output u proizvodnji soje

	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Output energija (MJ ha ⁻¹)			Učešće energetskog outputa u energetskom bilansu outputa (%)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Prinos (kg)	3300,00	2350,00	1351,26	82500,00	58750,00	33781,50	77,34	77,35	59,04
Slama (kg)	1208,77	860,00	1172,00	24175,40	17200,00	23440,00	22,66	22,65	40,96
Ukupni output				106675,40	75950,00	57221,58	100	100	100

Podaci iz sezone 2009/10 pokazuju da je procentualno učešće dizel goriva bilo 36,02 %. Učešće mineralnog đubriva iznosilo je 37,86 % za azotnu komponentu i 4,69 % za fosfor. Procentualno učešće goriva u energetskom bilansu naredne godine je iznosilo 37,44 %. Udeo mineralnih đubriva bio je 41,85 %. Voda je korišćena samo u procesu zaštite bilja. U poslednjoj sezoni je korišćeno manje mineralnih đubriva. Učešće azota je iznosilo 39,38 %, a fosfora 3,46 %.

Ramedani et al. (2011) su izračunali utrošak energije za proizvodnju soje u provinciji Kordkuj u Iranu. Rezultati su pokazali da je ukupan energetski input 18,03 GJ/ha, ukupna energetski output 71,23 GJ/ha, a 66,67 %, 14,32 % i 6,18 % otpada na dizel gorivo, mineralna đubriva i navodnjavanje, respektivno. Inputi u Vojvodini u sve tri sezone su bili niži. Izostalo je navodnjavanje, a korišćene su znatno niže količine dizel goriva. Međutim, korišćene su veće količine mineralnih đubriva.

Abbas i Majid (2012) izvode ekonomsku analizu proizvodnje soje u glavnim poljoprivrednim proizvodnim područjima u Iranu. Rezultati su pokazali da je za proizvodnju soje utrošeno ukupno 29,90 GJ/ha, od čega je učešće dizel goriva i mineralnih đubriva u energetskom bilansu 67,47 i 9,5 %, redom. Od ukupnih energetskih inputa korišćenih u proizvodnji soje 68,4 % otpada na ljudski rad i dizel gorivo, a ostatak, 31,6 %, je utrošen preko potrošnog materijala (seme, đubrivo, hemikalije, mehanizacija). Kada se ovi rezultati uporede sa regionom u Srbiji može se zaključiti da je upotrebljeno znatno manje đubriva, ali je na povećanje uložene energije u Iranu uticalo navodnjavanje.

Kordkheili et al. (2013) su izračunali uloženu i dobijenu energiju kroz prinose i takođe sprovedi ekonomsku analizu za proizvodnju soje u pokrajini Mazandaran u Iranu. Rezultati su pokazali da je ukupna energija koja je uložena u proizvodnju soje 38,76 GJ/ha. Među svim energetske potrošačima, najveći su električna energija (49,42 %) i mineralna đubriva (20,82 %).

Analizom svega navedenog dobijeni su energetske parametri, koji su prikazani u tabeli 88.

Tab. 88 Parametri za energetske analizu proizvodnje soje

Energetske parametar	Sezona			Prosek
	2009/10	2010/11	2011/12	
EI, MJ/kg	3,66	7,76	8,02	6,48
ER	8,82	6,79	5,28	6,96
EP, kg/MJ	0,27	0,21	0,12	0,20

7.3.5 Energetske bilans proizvodnje ozime pšenice

Najveći deo biljne proizvodnje na gazdinstvu, pored kukuruza, zauzima ozima pšenica. Jedna je od najznačajnijih ratarskih kultura. Rezultati za energetske inpute i outpute, kao i njihovo procentualno učešće dati su u tabelama 89 i 90.

Tab. 89 Utrošak energije u proizvodnji ozime pšenice

Input	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Energija (MJha ⁻¹)			Učešće energetskog inputa u energetskom bilansu (%)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Direktni									
Gorivo (l)	93,26	84,47	84,40	4457,83	4037,67	4034,32	15,98	21,78	25,46
Ukupno direktni	93,26	84,47	84,40	4457,83	4037,67	4034,32	15,98	21,78	25,46
Indirektni									
Rad (h)	13,00	5,88	5,15	25,48	11,52	10,09	0,08	0,06	0,06
Traktor (h)	12,25	5,36	4,13	1122,47	491,14	378,43	3,74	2,43	2,11
Kombajn (h)	0,60	0,52	0,33	52,58	45,57	28,92	0,17	0,23	0,16
Transport (h)	1,93	2,07	1,10	57,51	61,69	32,78	0,19	0,31	0,18
Mašine (h)	10,96	3,86	3,43	687,19	242,02	215,06	2,29	1,20	1,20
Azot (kg)	272,74	137,85	113,17	18120,85	9158,75	7519,02	60,31	45,41	41,98
Fosfor (kg)	34,00	39,20	41,11	422,96	487,65	511,41	1,76	3,02	3,56
Insekticidi (kg)	0,08	0,18	0,30	8,10	18,22	30,36	0,03	0,09	0,17
Herbicidi (kg)	0,12	1,14	0,67	28,56	271,32	159,46	0,11	1,35	0,89
Fungicidi (kg)	0,90		1,08	194,40		233,28	0,65		1,30
Voda (m ³)	0,20	0,003	0,003	0,20	0,003	0,003	0,01	0,01	0,01
Seme (kg)	300,00	330,77	279,25	4410,00	4862,32	4104,98	14,68	24,11	22,92
Ukupno indirektni				25130,30	15650,20	13223,79	84,02	78,22	74,54
Ukupni input				29588,13	19687,87	17258,11	100	100	100

Tab. 90 Energetski output u proizvodnji ozime pšenice

	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Output energija (MJ ha ⁻¹)			Učešće energetskog outputa u energetskom bilansu outputa (%)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Prinos (kg)	2942,00	5030,77	4993,13	43247,40	73952,32	73399,01	81,60	80,19	77,66
Slama (kg)	780,00	1492,31	1688,87	9750,00	18653,88	21110,88	18,40	19,81	22,34
Ukupni output				52997,40	92606,20	94509,89	100	100	100

Podaci o utrošku energije u proizvodnji pšenice u poljoprivrednoj 2009/10 godini pokazuju da je najveća količina energije utrošena kroz mineralna đubriva. Procentualno učešće azota je iznosilo 60,31 %, a fosfora 1,76 %. Gorivo je sa 14,83 % učešća u energetskom bilansu bilo na drugom mestu među potrošačima energije. U sezoni 2010/11 procentualno učešće mineralnih đubriva u energetskom bilansu proizvodnje bilo je niže. Ipak, prinos je porastao, što ukazuje na povoljnu sezonu po pšenicu, što se klimatskih uslova tiče. U poslednjoj proizvodnoj godini količina mineralnih đubriva po hektaru bila je manja u odnosu na prethodnu, pa je procentualno učešće iznosilo 41,98 % za azot i 3,56 % za fosfor.

Prema Ramahu i Baaliju (2011) energetski inputi u proizvodnji pšenice u Maroku su iznosili 7,48 GJ/ha. Procentualno učešće mineralnih đubriva je bilo 40,50 %. U poređenju sa rezultatima iz Jakova, sve vrednosti su niže u Maroku.

Shanin et al. (2008) sproveli su istraživanja o utrošku energije u poljoprivrednoj proizvodnji pšenice u iranskoj provinciji Ardabil. Prema dobijenim rezultatima ukupni energetski inputi su 38,36 GJ/ha, sa učešćem đubriva od 38,45 %.

Kardoni et al. (2013) su uradili energetsku analizu proizvodnje pšenice u iranskoj provinciji Kuzestan. Rezultati pokazuju da su ukupni energetski inputi 35,61 GJ/ha, dok su ukupni outputi 62,99 GJ/ha. Mineralna đubriva su u inputima učestvovala sa 47,30 %, a navodnjavanje sa 13,80 %. U poređenju sa posmatrane tri sezone u regionu Save, u iranskoj provinciji su inputi veći u odnosu na sve tri, upravo zbog navodnjavanja, a i većeg procenta đubriva u odnosu na drugu i treću sezonu.

Nakon izvršene energetske analize, dobijene su vrednosti predstavljene u tabeli 91.

Tab. 91 Parametri za energetska analizu proizvodnje ozime pšenice

Energetski parametar	Sezona			Prosek
	2009/10	2010/11	2011/12	
EI, MJ/kg	10,06	3,91	3,46	5,81
ER	1,79	4,70	5,48	3,99
EP, kg/MJ	0,10	0,26	0,29	0,22

7.3.6 Energetski bilans proizvodnje ozimog ječma

Ječma je posle pšenice žitarica koja se seje na najvećoj površini gazdinstva. Pregled potrošnje sredstava za proizvodnju, energije u svim tehnološkim operacijama i procentualno učešće u ukupnom energetskom bilansu dati su u tabeli 92. Podaci za energetske outpute su prikazani u tabeli 93. Prikupljeni su podaci za sezone 2009/10, 2010/11 i 2011/12.

Tab. 92 Utrošak energije u proizvodnji ozimog ječma

Input	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Energija (MJha ⁻¹)			Učešće energetskog inputa u energetskom bilansu (%)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Direktni									
Gorivo (l)	85,50	83,20	78,51	4086,90	3976,96	3752,78	24,84	27,73	26,11
Ukupno direktni	85,50	83,20	78,51	4086,90	3976,96	3752,78	24,84	27,73	26,11
Indirektni									
Rad (h)	7,94	6,60	5,45	15,56	12,94	10,68	0,09	0,08	0,07
Traktor (h)	6,60	6,52	4,62	604,76	597,43	423,33	3,56	3,88	2,69
Kombajn (h)	1,32	0,73	0,50	115,67	63,97	43,82	0,68	0,41	0,28
Transport (h)	4,31	3,36	1,41	128,44	100,13	42,02	0,76	0,65	0,27
Mašine (h)	3,62	3,90	3,76	226,97	244,53	235,75	1,33	1,59	1,50
Azot (kg)	119,61	104,83	101,82	7946,89	6964,91	6764,92	46,71	45,25	43,05
Fosfor (kg)	26,90	39,00	44,07	334,64	485,16	548,23	1,76	3,15	3,49
Kalijum (kg)			58,69			654,39			4,16
Insekticidi (kg)	0,10	0,27	0,30	10,12	27,32	30,36	0,06	0,18	0,19
Herbicidi (kg)	0,37	1,40	0,10	88,06	333,20	22,80	0,58	2,16	0,14
Fungicidi (kg)	0,85		1,06	183,60		228,96	1,07		1,46
Voda (m ³)	0,13	0,40	0,003	0,13	0,41	0,003	0,01	0,01	0,01
Seme (kg)	214,62	183,33	177,27	3154,91	2695,95	2605,87	18,55	14,91	16,58
Ukupno indirektni				12809,75	11525,95	11611,13	75,16	72,27	73,89
Ukupni input				16896,65	15502,91	15363,91	100	100	100

Tab. 93 Energetski outputi u proizvodnji ozimog ječma

	Količina (jedin. ha ⁻¹)			Output energija (MJha ⁻¹)			Učešće energetskog outputa u energetskom bilansu outputa (%)		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
Prinos (kg)	4746,92	6300,00	6296,20	69779,72	92610,00	92554,14	99,34	82,39	77,39
Slama (kg)	936,92	1583,33	2163,30	11711,50	19791,63	27041,25	0,66	17,61	22,61
Ukupni output				81491,22	112401,63	119595,39	100	100	100

Podaci sakupljeni u prvoj proizvodnoj godini pokazuju da je procentualno u energetskom bilansu najzastupljeniji bio azot sa 46,71 % i da se putem mineralnih đubriva utrošilo najviše energije. Zatim sledi potrošeno gorivo sa procentualnim udelom od 24,02 %. Rezultati iz naredne godine pokazuju da je preko đubriva utrošeno 48,40 % ukupno uložene energije u proizvodnju. Gorivo je takođe imalo visok udeo. Značajne količine azotnog đubriva su upotrebljene u poslednjoj sezoni. Đubrivo je procentualno bilo zastupljeno sa 50,70 %.

Ramah i Baali (2011) su uradili studiju o energetskom bilansu cerealija u Maroku. Ukupni energetski inputi u proizvodnji ječma iznose 3,23 GJ/ha, sa procentualnim učešćem mineralnih đubriva sa 40,50 %. U poređenju sa gazdinstvom u Jakovu inputi su niži u odnosu na sve tri sezone, kao i upotrebljene količine mineralnih đubriva.

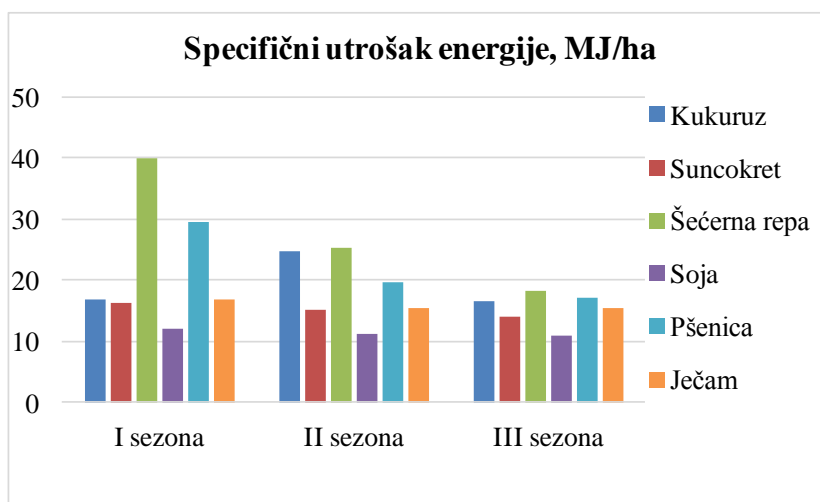
Parametri energetske analize za proizvodnju ozimog ječma dati su u tabeli 94.

Tab. 94 Parametri za energetske analizu proizvodnje ozimog ječma

Energetski parametar	Sezona			Prosek
	2009/10	2010/11	2011/12	
EI, MJ/kg	3,56	2,46	2,44	2,82
ER	4,82	7,25	7,78	6,62
EP, kg/MJ	0,28	0,41	0,41	0,37

7.3.7 Uporedni rezultati analize energetskog bilansa za šest kultura

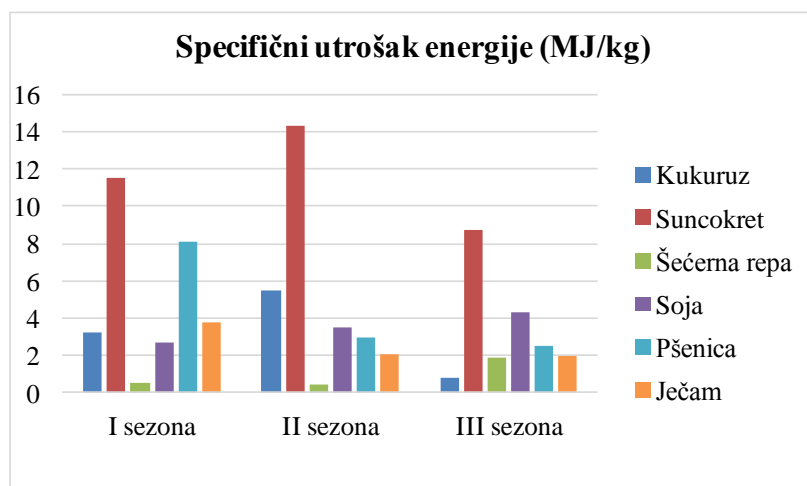
Upoređivanjem dobijenih energetskih parametara u proizvodnji šest navedenih ratarskih kultura stiče se konkretna slika o intenzivnosti svake od njih pojedinačno, o prednostima i nedostacima, na osnovu čega se može planirati buduća proizvodnja u regionu. Utrošak energije po hektaru za svaku od šest ratarskih kultura data je na slici 51.



Sl. 51 Utrošak energije po hektaru u proizvodnji šest kultura tokom tri sezone

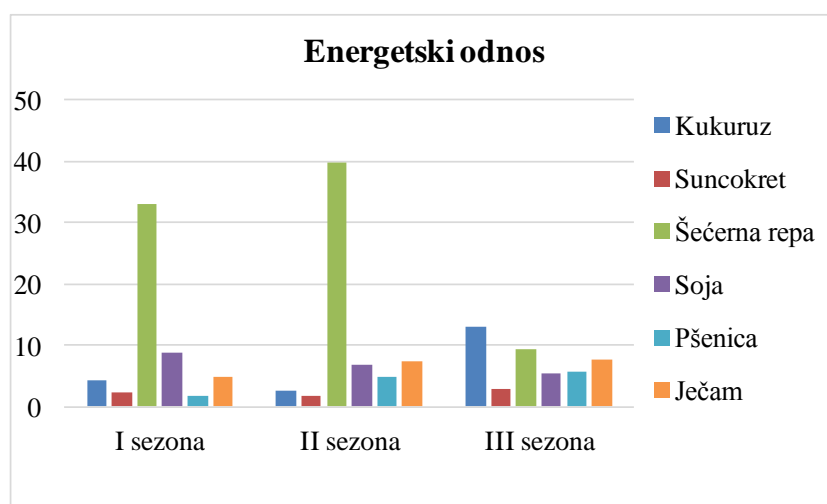
Uočava se trend da je utrošak energije najveći u proizvodnji šećerne repe. Slede kukuruz i pšenica, ječam i semenski suncokret i soja, kao najmanji energetski potrošač.

Uporedne vrednosti specifičnih energetskih inputa predstavljene su na slici 52. Odavde se vidi da je najmanje energije uloženo po jedinici prinosa šećerne repe, dok je u slučaju semenskog suncokreta utrošeno znatno više energije po kilogramu prinosa. Preostale četiri kulture – kukuruz, soja, ozima pšenica i ozimi ječam su na približnom nivou, što se navedenog energetskog parametra tiče. Izuzetak je proizvodnja pšenice u prvoj proizvodnoj godini, gde su mineralna đubriva u povećala energetske inpute, a prinos je bio na prosečnom nivou.



Sl. 52 Specifični energetska input u proizvodnji šest kultura tokom tri sezone

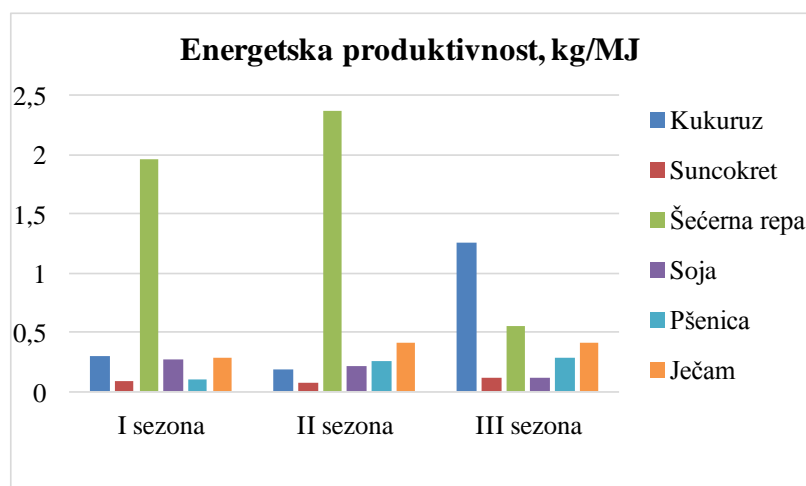
Ako se uporede vrednosti energetske odnosa u proizvodnji šest navedenih ratarskih kultura tokom tri sezone, vidi se da je on najveći za šećernu repu (Sl. 53). Čak i u poslednjoj proizvodnoj godini, kada je zbog niske količine atmosferskih padavina tokom jula i avgusta, prinos šećerne repe drastično umanjen, parametar ER ima vrednost koja je veća od vrednosti za druge kulture. Izuzetak je samo kukuruz u trećoj sezoni, gde rod ubran na zeleno i ima visoku energetska vrednost, upravo zbog velike količine zelene mase koja je dobijena. To čini i da količnik outputa i inputa bude nešto veći, ali proizvodnja sama po sebi nije donela željene rezultate.



Sl. 53 Energetski odnos u proizvodnji šest kultura tokom tri sezone

Koliko je šećerna repa u prednosti u odnosu na ostale kulture, potvrđuju i uporedni rezultati za energetska produktivnost (Sl. 54). Vrednost ovog parametra je kod

šećerne repe daleko viša nego kod ostalih, što se objašnjava visokim prinosima i njihovom visokom energetske vrednošću. Kao i u prethodnom slučaju, kod kukuruza u trećoj sezoni vrednost energetska produktivnost je visoka, ali samo zbog velike količine dobijene zelene mase, koja sama po sebi nema visoku energetske vrednost, ali ako je masa iste velika, krajnja vrednost nije zanemarljiva.



Sl. 54 Energetska produktivnost u proizvodnji šest kultura tokom tri sezone

Sumirano gledano, rezultati merenja su očekivani i prate trend zemalja u regionu. Tradicionalna proizvodnja žitarica je zastupljena i u ovom slučaju, a prinosi su na nivou proseka. Semenski suncokret je karakterističan po posebnim agrotehničkim merama, upravo zbog namene krajnjeg proizvoda, pa otuda i niska energetska produktivnost. U pogledu proizvodnje šećerne repe i soje, ostvareni su dobri rezultati, ali se naročita pažnja mora posvetiti razvijanju segmenta navodnjavanja, jer nedostatak padavina u kritičnim letnjim mesecima značajno smanjuje prinose kod ove dve kulture. Samim tim se umanjuju energetska produktivnost i energetski odnos, a povećavaju specifični energetski inputi proizvodnje.

7.3.8 Utrošak energije pri transportu, manipulaciji i aplikaciji mineralnih đubriva

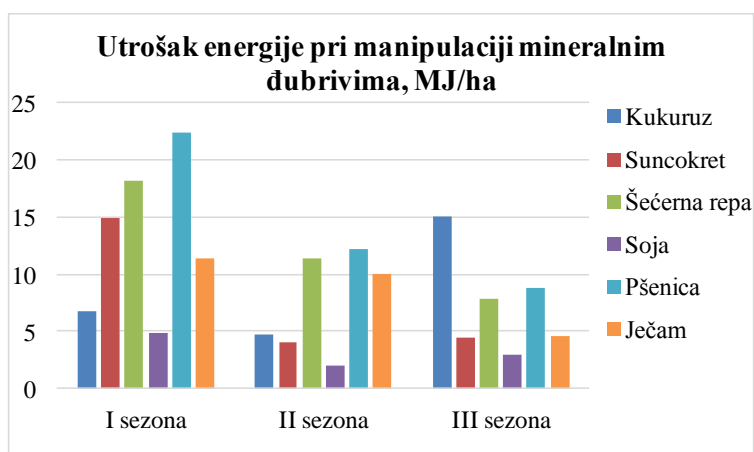
Na osnovu dobijenih podataka o utrošenim sredstvima za proizvodnju očigledno je da se najveća količina energije utrošila preko mineralnih đubriva i operacija koje su vezane za njih – transport, manipulaciju i aplikaciju. Urađena je posebna analiza za

proces kroz koji prolaze mineralna đubriva od skladišta do parcele, a rezultati su prikazani u tabelama 95, 96 i 97.

Tab. 95 Utrošak energije pri manipulaciji mineralnim đubrivima
(utovar+transport +punjenje rasipača)

Kultura	Sezona		
	2009/10	2010/11	2011/12
	Utrošak energije (MJ/ha)		
Pšenica	22,47	12,27	8,87
Ječam	11,35	10,08	4,59
Kukuruz	6,81	4,71	15,00
Šećerna repa	18,14	11,37	7,84
Soja	4,81	1,94	2,92
Suncokret	14,90	4,11	4,52

Analizom podataka koji su prikazani u tabeli 95 uočava se variranje energije potrebne za utovar i transport mineralnih đubriva do parcele, kao i energije korišćene u procesu punjenja rasipača, potrošene preko rada utovarivača. Na to uticaj ima više različitih faktora: udaljenost parcele od skladišta, različite potrebe različitih kultura za đubrivima, što dalje implicira različit broj pogonskih i priključnih mašina. Udeo procesa rukovanja mineralnim đubrivima pre same operacije rasipanja nije zanemarljiv u kontekstu utroška energije. Šećerna repa prednjači i u ovom slučaju, zbog najveće potrebe za đubrivima, a za ostale kulture su veliku ulogu odigrali ostali navedeni faktori (Sl. 55).



Sl. 55 Utrošak energije pri manipulaciji mineralnim đubrivima u proizvodnji šest kultura tokom tri sezone

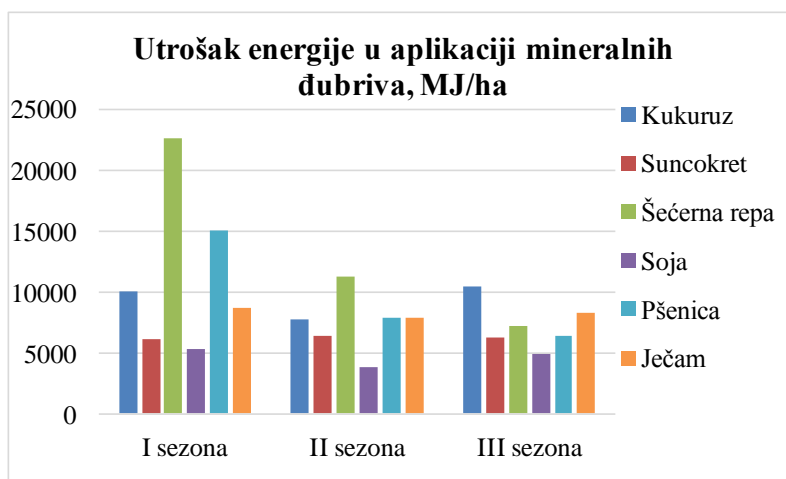
Šećerna repa je karakteristična po najsloženijoj tehnologiji proizvodnje. Kada se uporede rezultati u sve tri proizvodne godine, najveća količina energije je uložena u prvoj. Utrošene su značajne količine azotnog mineralnog đubriva, što objašnjava ovakav bilans. To se odrazilo na prinos, koji je u pomenutom periodu iznad proseka. Slična situacija je bila prisutna i kod soje. U poslednjoj proizvodnoj sezoni prinos je takođe znatno ispod proseka, na šta je uticala nedovoljna količina atmosferskih padavina u kritičnim mesecima (jul i avgust).

Kod suncokreta su, u procesu đubrenja, utrošene približno jednake količine energije. Doze azota, fosfora i kalijuma koje su korišćene, bile su niže od preporučenih, pa je i prinos bio niži od optimalnog.

Tab. 96 Utrošak energije u aplikaciji mineralnih đubriva (đubrivo+traktor+rasipač)

Kultura	Sezona		
	2009/10	2010/11	2011/12
	Utrošak energije (MJ/ha)		
Pšenica	18695,15	9702,96	8064,55
Ječam	8317,67	7499,80	8031,63
Kukuruz	10844,62	8394,72	11288,50
Šećerna repa	22722,87	11296,85	7177,75
Soja	5140,02	4692,05	4664,26
Suncokret	6190,56	6485,57	6297,69

Analizom podataka iz tabele 96 vidi se da je utrošak energije po jedinici površine u procesu rasipanja mineralnog đubriva kod pšenice i ječma na približno jednakom nivou, osim u prvoj proizvodnoj godini u slučaju pšenice. Energija utrošena putem mineralnih đubriva u proizvodnji kukuruza ima gotovo jednake vrednosti 2009/10 i 2011/12, dok je u drugoj sezoni utrošeno znatno manje MJ/ha putem đubriva. Poređenjem predstavljenih vrednosti zaključuje se da je šećerna repa najveći potrošač energije u aplikaciji mineralnih đubriva, kao najzahtevnija kultura u pogledu ishrane (Sl. 56).



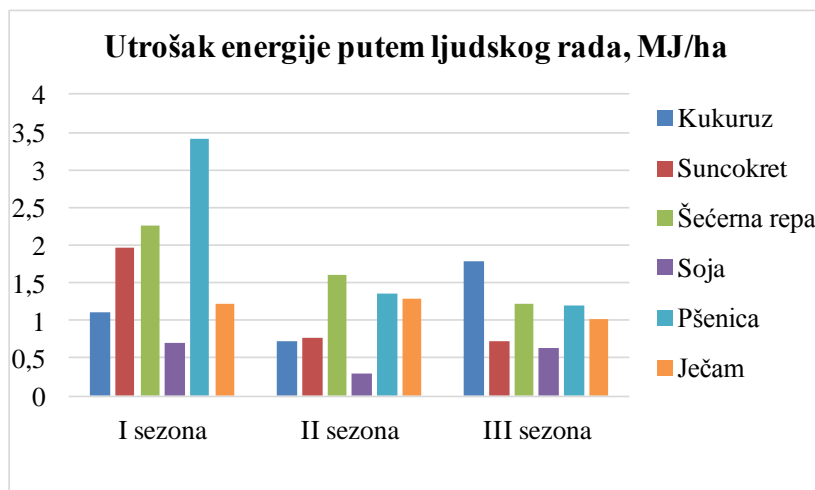
Sl. 56 Utrošak energije u aplikaciji mineralnih đubriva u proizvodnji šest kultura tokom tri sezone

Tab. 97 Utrošak energije putem ljudskog rada (manipulacija i aplikacija mineralnog đubriva)

Kultura	Sezona		
	2009/10	2010/11	2011/12
	Utrošak energije (MJ/ha)		
Pšenica	3,42	1,35	1,20
Ječam	1,22	1,29	1,01
Kukuruz	1,10	0,73	1,78
Šećerna repa	2,27	1,60	1,22
Soja	0,71	0,30	0,64
Suncokret	1,96	0,77	0,72

Podaci iz tabele 97 takođe ukazuju na slične faktore koji su uticali na različite energetske inpute uložene preko ljudskog rada u proizvodnji. U zavisnosti od obima posla, broj radnika je varirao. Bilo je slučajeva gde se na manjoj površini javila potreba za više ljudi. To je bio slučaj tamo gde se koristilo više mineralnih đubriva. Ekonomska kriza se negativno odrazila i na moć poljoprivrednih gazdinstava, pa je korišćeno količinski manje mineralnog đubriva, a sve to je učinilo da i utrošak energije u procesu đubrenja bude manji na većim površinama.

Ljudski rad u konvencionalnom načinu biljne proizvodnje je jako značajan, jer je radna snaga ključna u svim delovima procesa, koliko god oni bili automatizovani. Rezultati se, u načelu, poklapaju sa prethodnim podacima, što potvrđuje važnost i obim agrotehničke mere đubrenja i svih pratećih operacija (Sl. 57).



Sl. 57 Utrošak energije putem ljudskog rada u aplikaciji i manipulaciji mineralnim đubrivima u proizvodnji šest kultura tokom tri sezone

Analizom svega do sada predstavljenog, nameće se zaključak da upotreba mineralnih đubriva u biljnoj proizvodnji značajno utiče na njen energetske bilans. Mineralna đubriva, sama po sebi, imaju značajnu energetske vrednost, a na osnovu prethodnih tabela je očigledno da u energetskom bilansu učestvuju i operacije manipulacije i aplikacije đubriva. Na osnovu rezultata iz ove analize, kao i komparativnih rezultata iz drugih istraživanja, vidi se da je procentualni udeo mineralnih đubriva u energetskom bilansu visok i da se teži povećanju energetske efikasnosti njihove upotrebe. Jedan od važnih činilaca u ovoj težnji jeste i optimizacija aplikacije mineralnih đubriva, gde se radi na tome da se uz što manje prohoda izvrši njihovo optimalno rasipanje. Svaki prohod, svako eventualno preklapanje prohoda i neravnomerna aplikacija iziskuju dodatno angažovanje radne snage i mehanizacije, ali i dodatne količine đubriva, što sve zajedno utiče na povećanje energetske potrošnje i smanjenje efikasnosti proizvodnje.

7.3.9 Statistička analiza dobijenih rezultata

U analizi podataka vezanih za energetske bilans proizvodnje ispitivana je povezanost između ukupnih inputa i prinosa, zatim povezanost inputa preko đubriva i prinosa i na kraju veza između ukupnih inputa i outputa.

Kod ispitivanja stepena povezanosti ukupnih inputa i prinosa za šest kultura, dobijene su dosta velike vrednosti koeficijenta linearne korelacije, osim kod kukuruza ($r=0,567$) i suncokreta ($r=-0,168$). Samo u slučaju soje korelacija je značajna. Rezultati su prikazani u tabeli 98.

Tab. 98 Pearsonovi koeficijenti korelacije ukupnih inputa i prinosa

Kultura			Prinos (t/ha)
Pšenica	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,981
		Značajnost	0,061
Kukuruz	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,567
		Značajnost	0,308
Ječam	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,982
		Značajnost	0,060
Soja	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	0,993
		Značajnost	0,039*
Suncokret	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,168
		Značajnost	0,446
Šećerna repa	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	0,926
		Značajnost	0,123

Ocenjeni parametri linearne regresije su dati u tabeli 99, dok su u tabeli 100 prikazane jednačine linearne regresije.

Tab. 99 Ocenjeni parametri linearne regresije za ukupne inpute i prinose

Kultura	Korelacija	Model		Parametri	
		R	Znač.	Const.	b
Pšenica	Linearna	0,963	0,061	8,450	-0,182
Kukuruz	Linearna	0,322	0,308	32,105	-1,139
Ječam	Linearna	0,965	0,060	22,216	-1,025
Soja	Linearna	0,985	0,039*	-22,650	2,238
Suncokret	Linearna	0,028	0,446	1,844	-0,031
Šećerna repa	Linearna	0,858	0,123	-34,028	2,953

Tab. 100 Jednačine linearne regresije za ukupne inpute i prinose

Kultura	Regresiona jednačina
Pšenica	$\hat{y}_i = 8,450 - 0,182x_i$
Kukuruz	$\hat{y}_i = 32,105 - 1,139x_i$
Ječam	$\hat{y}_i = 22,216 - 1,025x_i$
Soja	$\hat{y}_i = -22,650 + 2,238x_i$
Suncokret	$\hat{y}_i = 1,844 - 0,031x_i$
Šećerna repa	$\hat{y}_i = -34,028 + 2,953x_i$

Na osnovu prikazanih regresionih jednačina vidi se da su kod soje i šećerne repe koeficijenti regresije pozitivni, odnosno da se sa povećanjem ukupnih inputa za 1 GJ/ha prinosi povećavaju, u slučaju soje 2,238 t/ha, dok je kod repe to povećanje za 2,953 t/ha. Kod preostale četiri kulture, za svaku novu uloženu jedinicu energije, prinosi se umanjuju i to od 0,031 t/ha za suncokret, preko 0,182 t/ha za pšenicu, 1,025 t/ha za ječam i 1,139 t/ha u slučaju kukuruza. Korelacija je visoka za sve kulture, osim za kukuruz i suncokret, ali je statistički značajna samo kada je soja u pitanju. Prinosi su visoko uslovljeni ukupnim inputima, osim u slučaju proizvodnje semenskog kukuruza i soje.

Kod stepena povezanosti inputa preko đubriva i prinosa, situacija je slična kao u prethodnom slučaju, samo što je korelacija značajna kod pšenice. Vrednosti Pearsonovog koeficijenta su date u tabeli 101.

Tab. 101 Pearsonovi koeficijenti korelacije inputa preko đubriva i prinosa

Kultura		Prinos (t/ha)	
Pšenica	Inputi preko đubriva (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,991
		Značajnost	0,042*
Kukuruz	Inputi preko đubriva (GJ/ha)	Pearson koeficijent	0,633
		Značajnost	0,282
Ječam	Inputi preko đubriva (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,750
		Značajnost	0,230
Soja	Inputi preko đubriva (GJ/ha)	Pearson koeficijent	0,212
		Značajnost	0,432
Suncokret	Inputi preko đubriva (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,752
		Značajnost	0,229
Šećerna repa	Inputi preko đubriva (GJ/ha)	Pearson koeficijent	0,894
		Značajnost	0,148

Ocenjeni parametri linearne regresije dati su u tabeli 102, dok su jednačine linearne regresije date u tabeli 103.

Tab. 102 Ocenjeni parametri linearne regresije za inpute preko đubriva i prinose

Kultura	Korelacija	Model		Parametri	
		R	Znač.	Const.	b
Pšenica	Linearna	0,983	0,042*	6,489	-0,165
Kukuruz	Linearna	0,401	0,282	-28,560	3,815
Ječam	Linearna	0,562	0,230	18,850	-1,644
Soja	Linearna	0,045	0,432	1,119	0,260
Suncokret	Linearna	0,565	0,229	10,838	-1,503
Šećerna repa	Linearna	0,800	0,148	-5,009	3,883

Tab. 103 Jednačine linearne regresije za inpute preko đubriva i prinose

Kultura	Regresiona jednačina
Pšenica	$\hat{y}_i = 6,489 - 0,165x_i$
Kukuruz	$\hat{y}_i = -28,560 + 3,815x_i$
Ječam	$\hat{y}_i = 18,850 - 1,644x_i$
Soja	$\hat{y}_i = 1,119 + 0,260x_i$
Suncokret	$\hat{y}_i = 10,838 - 1,503x_i$
Šećerna repa	$\hat{y}_i = -5,009 + 3,883x_i$

Funkcionalna veza između inputa uloženi putem mineralnih đubriva i prinosa je jaka, osim u slučaju soje, gde vrednost koeficijenta proste korelacije iznosi 0,212. Regresione jednačine predstavljene u prethodnoj tabeli pokazuju pozitivnu zavisnost prinosa od uložene energije putem đubriva kod svih kultura, osim kod pšenice, ječma semenskog suncokreta. Kod kukuruza, soje i šećerne repe za svaki 1 GJ/ha energije uložene putem mineralnih đubriva, prinosi se povećaju i to 3,815 t/ha kod kukuruza, 0,260 t/ha kod soje i 3,883 t/ha kod šećerne repe. U slučaju ozimih žitarica i suncokreta prinosi su se smanjivali sa porastom uložene energije preko đubriva, što ukazuje na to da treba poštovati zakon optimuma kada je ishrana biljaka u pitanju. To je naročito izraženo kod ozime pšenice, koja ima i najveći koeficijent determinacije od 0,983, odnosno 98,3% promena u prinosima je uslovljeno promenom inputa putem đubriva. Pored ove biljke, i prinos šećerne repe je veoma uslovljen inputima preko đubriva (čak 80 %). Za ječam, kukuruz i suncokret inputi determinišu prinose u visokom procentu, dok je ta vrednost neznatna kod soje.

Kod ispitivanja povezanosti inputa i outputa, dobijena je značajna korelacija za pšenicu i vrlo značajna za soju. Vrednosti Pearsonovog koeficijenta za sve ispitivane kulture date su u tabeli 104.

Tab. 104 Pearsonovi koeficijenti korelacije ukupnih inputa i output

Kultura		Output (GJ/ha)	
Pšenica	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,992
		Značajnost	0,040*
Kukuruz	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,584
		Značajnost	0,301
Ječam	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,948
		Značajnost	0,103
Soja	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	0,999
		Značajnost	0,010**
Suncokret	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	-0,171
		Značajnost	0,445
Šećerna repa	Ukupni inputi (GJ/ha)	Pearson koeficijent	0,926
		Značajnost	0,123

Parametri linearne regresije za navedene kulture dati su u tabeli 105:

Tab. 105 Ocenjeni parametri linearne regresije za inpute i outpute

Kultura	Korelacija	Model		Parametri	
		R	Znač.	Const.	b
Pšenica	Linearna	0,984	0,040*	161,382	-3,588
Kukuruz	Linearna	0,341	0,301	322,184	-10,581
Ječam	Linearna	0,899	0,103	573,348	-29,470
Soja	Linearna	0,999	0,010**	-564,298	57,711
Suncokret	Linearna	0,029	0,445	46,298	-0,795
Šećerna repa	Linearna	0,858	0,123	-571,781	49,616

Na osnovu prikazanih parametara definisane su jednačine linearne regresije date u tabeli 106.

Tab. 106 Jednačine linearne regresije za ukupne inpute i outpute

Kultura	Regresiona jednačina
Pšenica	$\hat{y}_i = 161,382 - 3,588x_i$
Kukuruz	$\hat{y}_i = 322,184 - 10,581x_i$
Ječam	$\hat{y}_i = 573,348 - 29,470x_i$
Soja	$\hat{y}_i = -564,298 + 57,711x_i$
Suncokret	$\hat{y}_i = 46,298 - 0,795x_i$
Šećerna repa	$\hat{y}_i = -571,781 + 49,616x_i$

Jednačine linearne regresije za ispitivanih šest kultura pokazuju da pozitivna veza između uloženi inputa i outputa postoji samo kod soje i šećerne repe. To dovodi do zaključka da samo kod ove dve kulture rastu energetske outputi sa porastom energetskih ulaganja. Preostale četiri kulture su osetljive po ovom pitanju i zahtevaju optimalna ulaganja u svakom pogledu. Rezultati za kukuruz su ovakvi upravo zbog treće sezone, gde rezultat proizvodnje nije bio očekivan u tom obliku, dok su pšenica, ječam i suncokret kulture koje zahtevaju određena ulaganja, ali sa ograničenjima. Ne znači da su soja i šećerna repa biljke za koje nema optimalnih količina sredstava koja treba uložiti, već samo da je u navedenom slučaju tehničko-tehnološki aspekt zadovoljen.

Sledeći korak je podrazumevao utvrđivanje da li i kako različito đubrivo, različiti rasipač i norma utiču na variranje energetske vrednosti rasutog đubriva širinom radnog zahvata. U tabeli 107 su predstavljeni rezultati ispitivanja nivoa značajnosti razlika između navedenih faktora pomoću Tukey-evog testa..

Tab. 107 Novo značajnosti razlika

Đubrivo	Norma	Rasipač		
		Vicon	RCW	Amazone
UREA	1	5110,61DaY	6372,48AbY	/
	2	4569,82CbX	4137,17AaX	/
KAN	1	3179,59CaX	3005,01BaX	/
	2	2920,35BaX	2920,35AaX	/
NPK	1	2239,51BaX	2239,52BaX	/
	2	2272,11BaX	1890,32AaX	/
MAP	1	1212,04AaX	/	1271,78aX
	2	981,58AaX	/	1045,60aX

Slova a,b i c se koriste za označavanje značajnosti razlike između pojedinih rasipača u pogledu utroška energije putem đubriva. To znači da ako dva rasipača (kada se fiksiraju đubrivo i norma), nemaju isto malo slovo, oni se značajno razlikuju. Isto je kod ostalih upoređivanja. Oznake X i Y predstavljaju nivoe značajnosti razlika u pogledu energije kod dve norme rasipanja, a A, B, C i D nivoe značajnosti razlika u utrošku energije kod različitih đubriva. Prisutni su različiti nivoi značajnosti razlika u pogledu utrošene energije preko đubriva u svim upoređivanjima, što pokazuje da razlike nisu slučajne. Na osnovu podataka iz prethodne tabele može se zaključiti da đubriva različitih fizičko – mehaničkih osobina, rasipana različitim normama i pomoću različitih

rasipača značajno utiču na ravnomernost distribucije i energetske bilans u operaciji đubrenja, a samim ti i na ukupni energetske bilans proizvodnje.

Predstavljeni rezultati ukazuju na visok stepen povezanosti između energije uložene u biljnu proizvodnju i energije dobijene kroz prinose. Između ostalog, veoma veliki uticaj na krajnje efekte proizvodnje imaju mineralna đubriva koja su primenjena u samom procesu. Određene količine đubriva utiču na povećanje prinosa, ali u slučaju sa pšenicom je dokazano da ova konstatacija važi samo donekle. Naime, svaka količina đubriva iznad optimuma izaziva kontraefekat u vidu smanjenja prinosa, a sa druge strane povećava opasnost od zagađenja životne sredine. Kod ostalih kultura je takođe utvrđen visok stepen zavisnosti inputa i outputa. Detaljniji podaci o značajnosti ovih veza bi se mogli dobiti dodatnim ponavljanjima, koja podrazumevaju višegodišnje praćenje proizvodnje datih kultura.

7.4 Optimizacija biljne proizvodnje i aplikacije mineralnih đubriva

7.4.1 Optimizacija biljne proizvodnje

U cilju pronalaženja optimalnog sistema proizvodnje, sa težnjom da se postignu najbolji rezultati, uz minimalan utrošak energije, nakon sakupljanja i analize podataka pristupilo se izradi modela optimizacije biljne proizvodnje.

Zadata je funkcija minimuma:

$$C_{min} = 22,18x_1 + 15,92x_2 + 19,38x_3 + 15,21x_4 + 27,85x_5 + 11,37x_6 \quad (\text{Jed. 49}),$$

gde je:

x_1 - pšenica,

x_2 - ječam,

x_3 - kukuruz,

x_4 - suncokret,

x_5 - šećerna repa,

x_6 - soja.

Koeficijenti uz promenljive predstavljaju prosečne energetske inpute u proizvodnji svake od navedenih šest kultura.

Takođe su zadate polazne jednačine, na osnovu kojih se pristupilo programiranju (Tab. 108).

Tab. 108 Obeležja za linearno programiranje

R.br.	Obeležje	Ograničenje
1.	$x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6 \leq 4000$	Ukupan broj hektara kojim gazdinstvo raspolaže
2.	$0,12x_1+0,29x_2+1,68x_3+3,00x_4+1,91x_5+1,65x_6 \leq 7840$	Radna snaga u aprilu mesecu (broj radnih sati po hektaru za svaku kulturu \leq od raspoloživog broja radnih sati radnika)
3.	$2,27x_1+2,41x_2+0x_3+0,28x_4+2,35x_5+0x_6 \leq 9800$	Radna snaga u septembru mesecu (broj radnih sati po hektaru za svaku kulturu \leq od raspoloživog broja radnih sati radnika)
4.	$4,01x_1+0,05x_2+0,38x_3+0,56x_4+0,08x_5+1,08x_6 \leq 7840$	Radna snaga u oktobru mesecu (broj radnih sati po hektaru za svaku kulturu \leq od raspoloživog broja radnih sati radnika)
5.	$0,08x_1+0,28x_2+1,34x_3+2,67x_4+1,52x_5+1,00x_6 \leq 6000$	Upotreba traktora srednje kategorije u aprilu mesecu (broj radnih sati traktora po hektaru za svaku kulturu \leq od raspoloživog broja radnih sati traktora)
6.	$1,06x_1+2,19x_2+0x_3+0,18x_4+1,89x_5+0x_6 \leq 6250$	Upotreba traktora srednje kategorije u septembru mesecu (broj radnih sati traktora po hektaru za svaku kulturu \leq od raspoloživog broja radnih sati traktora)
7.	$1,75x_1+0,05x_2+0,38x_3+0,52x_4+0,05x_5+0,55x_6 \leq 6250$	Upotreba traktora srednje kategorije u oktobru mesecu (broj radnih sati traktora po hektaru za svaku kulturu \leq od raspoloživog broja radnih sati traktora)
8.	$x_1+x_2 \geq 1200$	Ograničenje za površine pod strnim žitaricama ($\geq 30\%$)
9.	$x_3 \geq 1200$	Ograničenje za površine pod kukuruzom ($\geq 30\%$)
10.	$x_1+x_2 \leq 2000$	Ograničenje za površine pod strnim žitima ($\leq 50\%$)
11.	$x_3+x_4+x_5+x_6 \leq 2000$	Ograničenje za površine pod okopavinama ($\leq 50\%$)
12.	$x_1-9x_2 \geq 0$	Zahtev tržišta (odnos površina pod pšenicom i ječmom)
13.	$x_6 \geq 400$	Ograničenje za površine pod sojom ($\geq 10\%$)
14.	$x_4 \geq 60$	Ograničenje za površine pod semenskim suncokretom ($\geq 1,5\%$)
15.	$x_5 \geq 200$	Ograničenje za površine pod šećernom repom ($\geq 5\%$)

Izlazni parametri softvera Lindo, dati su na slici 58. U tabeli 109 prikazano je kolike su optimalne površine pod kulturama koje se uzgajaju na imanju.

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      6

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      60151.40

      VARIABLE                VALUE                REDUCED COST
      X1                    1080.000000                0.000000
      X2                     120.000000                0.000000
      X3                   1200.000000                0.000000
      X4                      60.000000                0.000000
      X5                     200.000000                0.000000
      X6                     400.000000                0.000000

      ROW    SLACK OR SURPLUS    DUAL PRICES
    2)           940.000000           0.000000
    3)          4437.600098           0.000000
    4)          6572.399902           0.000000
    5)          2565.600098           0.000000
    6)          3407.800049           0.000000
    7)          4453.600098           0.000000
    8)          3636.800049           0.000000
    9)              0.000000          -21.554001
   10)              0.000000          -19.379999
   11)           800.000000           0.000000
   12)          140.000000           0.000000
   13)              0.000000          -0.626000
   14)              0.000000          -11.370000
   15)              0.000000          -15.210000
   16)              0.000000          -27.850000

NO. ITERATIONS=         6

```

Sl. 58 Izlazni rezultati optimizacije ratarske proizvodnje primenom softvera Lindo

Tab. 109 Optimalne površine pod ratarskim kulturama

Kultura	Optimalna površina (ha)
Pšenica	1080
Ječam	120
Kukuruz	1200
Suncokret	60
Šećerna repa	200
Soja	400

Kao što se može videti, setva suncokreta i šećerne repe sa takvim utroškom energije se svodi na optimalnu površinu, kako bi se ispoštovao plodored. Drugo rešenje je promena utroška energije za ove dve kulture, što bi povećalo i njihov udeo u optimalnom modelu ratarske proizvodnje.

Rezultati optimizacije biljne proizvodnje pomoću linearnog programiranja pokazuju da ostaje neiskorišćeno 940 ha obradive površine.

U daljoj analizi je data mogućnost menjanja koeficijenata u ograničenjima, a da se baza ne menja (odnosno, da proizvodnja ostane optimalna, sa minimalnim utroškom energije). Rezultati dobijeni primenom Lindo softvera dati su na slici 59.

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	22.180000	INFINITY	6.260000
X2	15.920000	6.260000	21.740009
X3	19.379999	INFINITY	19.379999
X4	15.210000	INFINITY	15.210000
X5	27.850000	INFINITY	27.850000
X6	11.370000	INFINITY	11.370000

RIGHTHAND SIDE RANGES			
ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	4000.000000	INFINITY	940.000000
3	7840.000000	INFINITY	4437.600098
4	9800.000000	INFINITY	6572.399902
5	7840.000000	INFINITY	2565.600098
6	6000.000000	INFINITY	3407.800049
7	6250.000000	INFINITY	4453.600098
8	6250.000000	INFINITY	3636.800049
9	1200.000000	709.905945	1200.000000
10	1200.000000	140.000000	1200.000000
11	2000.000000	INFINITY	800.000000
12	2000.000000	INFINITY	140.000000
13	0.000000	1200.000000	10800.000000
14	400.000000	140.000000	400.000000
15	60.000000	140.000000	60.000000
16	200.000000	140.000000	200.000000

Sl. 59 Izlazni paramteri softvera Lindo o mogućnostima menjanja ograničenja u cilju postizanja optimalne proizvodnje

U tabeli 110 prikazano je do koje vrednosti ograničenja mogu rasti i smanjivati se, a da to ne utiče na promenu baznih promenljivih, odnosno strukturu biljne proizvodnje. To daje manevarskog prostora za optimizaciju utroška energije.

Tab. 110 Mogućnost promene koeficijenata u ograničenjima

Naziv ograničenja	Vrednost ograničenja	Dozvoljeno povećanje	Dozvoljeno smanjenje
Ukupan broj hektara kojim gazdinstvo raspolaže	4000	∞	940
Broj radnih sati po hektaru za svaku kulturu	7840	∞	4437,600098
Broj radnih sati po hektaru za svaku kulturu)	9800	∞	6572,399902
Broj radnih sati po hektaru za svaku kulturu	7840	∞	2565,600098
Broj radnih sati traktora po hektaru za svaku kulturu	6000	∞	3407,800049
Broj radnih sati traktora po hektaru za svaku kulturu	6250	∞	4453,600098
Broj radnih sati traktora po hektaru za svaku kulturu	6250	∞	3636,800049
Ograničenje za površine pod strnim žitaricama	1200	709,905945	1200
Ograničenje za površine pod kukuruzom	1200	140	1200
Ograničenje za površine pod strnim žitima	2000	∞	800
Ograničenje za površine pod okopavinama	2000	∞	140
Odnos površina pod pšenicom i ječmom	0	1200	10800
Ograničenje za površine pod sojom	400	140	400
Ograničenje za površine pod semenskim suncokretom	60	140	60
Ograničenje za površine pod šećernom repom	200	140	200

7.4.2 Optimizacija aplikacije mineralnih đubriva

Sledeći korak je optimizacija aplikacije mineralnih đubriva, sa postojećim mašinama i četiri vrste mineralnih đubriva.

7.4.2.1 Optimizacija aplikacije mineralnog đubriva UREA

Zadata je funkcija minimuma:

$$C_{min} = 5110,69x_{13} + 4569,85x_{14} + 6372,49x_{23} + 4137,11x_{24} \quad (\text{Jed. 50}),$$

gde je:

x_{13} – prvi rasipač u kukuruzu,

x_{14} – prvi rasipač u suncokretu,

x_{23} – drugi rasipač u kukuruzu,

x_{24} – drugi rasipač u suncokretu.

Koeficijenti uz promenljive predstavljaju utrošak energije u operaciji đubrenja navedenim rasipačima u proizvodnji navedenih kultura. U tabeli 111 prikazana su ograničenja za ovu funkciju cilja.

Tab. 111 Obeležja za linearno programiranje

R.br.	Obeležje	Ograničenje
1.	$167,98x_{13} + 209,45x_{23} \leq 250$	Norma tretiranja (kg/ha) u kukuruzu za oba rasipača \leq od zadate norme
2.	$150,20x_{14} + 135,98x_{24} \leq 150$	Norma tretiranja (kg/ha) u suncokretu za oba rasipača \leq od zadate norme
3.	$1547,00x_{13} + 1255,8x_{23} \geq 670$	Proizvodnost agregata (koliko hektara može da obradi rasipač u agrotehničkom roku) \geq od broja planiranih hektara za setvu kukuruza
4.	$1582,00x_{14} + 1276,8x_{24} \geq 45$	Proizvodnost agregata (koliko hektara može da obradi rasipač u agrotehničkom roku) \geq od broja planiranih hektara za setvu suncokreta
5.	$x_{13} + x_{14} + x_{23} + x_{24} \leq 2$	Broj raspoloživih rasipača na imanju

Izlazni parametri softvera Lindo dati su na slici 60. Na osnovu njih se dolazi do zaključka da je za rasipanje mineralnog đubriva u kukuruzu optimalno koristiti jedan rasipač R1, dok je u slučaju suncokreta to jedan rasipač R2.

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      1
OBJECTIVE VALUE = 2343.41040

NEW INTEGER SOLUTION OF 9247.79980 AT BRANCH 0 PIVOT 1
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1) 9247.800

VARIABLE      VALUE      REDUCED COST
X13      1.000000      5110.689941
X14      0.000000      4569.850098
X23      0.000000      6372.490234
X24      1.000000      4137.109863

ROW  SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
2) 82.020004      0.000000
3) 14.020004      0.000000
4) 877.000000      0.000000
5) 1231.800049      0.000000
6) 0.000000      0.000000

NO. ITERATIONS= 1
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

```

Sl . 60 Izlazni rezultati optimizacije aplikacije mineralnog đubriva UREA

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da, ukoliko se želi ostvariti minimalan utrošak energije u rasipanju UREE od 9247,8 MJ/ha, potrebno je da se koristi jedan rasipač R1 u kukuruzu i jedan rasipač R2 u suncokretu. Rezultati dalje ukazuju da ukoliko se rasipač R1 koristi u đubrenju suncokreta, utrošena energija se povećava za 4569,85 MJ/ha. Ako se rasipač R2 koristi u đubrenju za kukuruz, vrednost utrošene energije u ovoj operaciji će porasti za 6372,49 MJ/ha.

Rezultati pokazuju da je norma rasipanja manja za 82,02 kg/ha i da je potrebno preklapanje prohoda, kako bi se ostvarena norma što više približila zadatoj. U slučaju suncokreta, ostvarena norma je niža za 14,02 kg/ha. U slučaju proizvodnosti agregata, nedostaju resursi u rasipanju mineralnog đubriva u obe kulture, što znači da je potrebno angažovati dodatne rasipače.

7.4.2.2 Optimizacija aplikacije mineralnog đubriva KAN

Zadata je funkcija minimuma:

$$C_{min}=3179,58x_{15}+2920,29x_{16}+3064,52x_{25}+2920,41x_{26} \quad (\text{Jed. 51}),$$

gde je:

x_{15} – prvi rasipač u šećernoj repi,

x_{16} – prvi rasipač u soji,

x_{25} – drugi rasipač u šećernoj repi,

x_{26} – drugi rasipač u soji.

Koeficijenti uz promenljive predstavljaju utrošak energije u operaciji đubrenja navedenim rasipačima u proizvodnji navedenih kultura. U tabeli 112 prikazana su ograničenja za ovu funkciju cilja.

Tab. 112 Obeležja za linearno programiranje

R.br.	Obeležje	Ograničenje
1.	$178,05x_{15}+171,61x_{25} \leq 250$	Norma tretiranja (kg/ha) u š.repi za oba rasipača \leq od zadate norme
2.	$163,53x_{16}+163,54x_{26} \leq 200$	Norma tretiranja (kg/ha) u soji za oba rasipača \leq od zadate norme
3.	$2074,8x_{15}+1262,1x_{25} \geq 583$	Proizvodnost agregata (koliko hektara može da obradi rasipač u agrotehničkom roku) \geq od broja planiranih hektara za setvu š.repe)
4.	$1733,2x_{16}+1393,0x_{26} \geq 427$	Proizvodnost agregata (koliko hektara može da obradi rasipač u agrotehničkom roku) \geq od broja planiranih hektara za setvu soje)
5.	$x_{15}+x_{16}+x_{25} +x_{26} \leq 2$	Broj raspoloživih rasipača na imanju

Izlazni parametric softvera dati su na slici 61. Na osnovu njih se dolazi do zaključka da je za rasipanje mineralnog đubriva u šećernoj repi optimalno koristiti jedan rasipač R1, dok je u slučaju soje to takođe jedan rasipač R1.

Da bi se ostvario minimalan utrošak energije u rasipanju đubriva KAN od 3099,87 MJ/ha, potrebno je da se koristi jedan rasipač R1 u šećernoj repi i jedan rasipač R1 u soji. To znači da je potreban još jedan rasipač R1 ili da se predsetvena priprema za ove dve kulture obavi u različito vreme.

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0
 OBJECTIVE VALUE = 769.917908

NEW INTEGER SOLUTION OF 3099.87012 AT BRANCH 0 PIVOT 0
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 3099.870

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X15	1.000000	179.580002
X16	1.000000	2920.290039
X25	0.000000	3064.520020
X26	0.000000	2920.409912

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	71.949997	0.000000
3)	36.470001	0.000000
4)	1491.800049	0.000000
5)	1306.199951	0.000000
6)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 0
 BRANCHES= 0 DETERM. = 1.000E 0

Sl. 61 Izlazni rezultati optimizacije aplikacije mineralnog đubriva KAN

Iz prikazanog se vidi da ukoliko se rasipač R2 koristi u đubrenju šećerne repe, utrošena energija se povećava za 3064,52 MJ/ha. Ako se rasipač R2 koristi u đubrenju za soju, vrednost energetske potrošnje u ovoj operaciji će porasti za 2920,41 MJ/ha.

Rezultati pokazuju da je norma rasipanja za prvu kulturu manja za 71,95 kg/ha i da je potrebno preklapanje prohoda, kako bi se ostvarena norma što više približila zadatoj. U slučaju ječma, ostvarena norma je niža za 36,47 kg/ha. U slučaju proizvodnosti agregata, nedostaju resursi u rasipanju mineralnog đubriva u obe kulture, što znači da je potrebno angažovati još rasipača mineralnog đubriva.

7.4.2.3 Optimizacija aplikacije mineralnog đubriva NPK

Zadata je funkcija minimuma:

$$C_{min} = 2239,53x_{11} + 2272,12x_{12} + 2239,53x_{21} + 1890,22x_{22} \quad (\text{Jed. 52}),$$

gde je:

x_{11} – prvi rasipač u pšenici,

x_{12} – prvi rasipač u ječmu,

x_{21} – drugi rasipač u pšenici,

x_{22} – drugi rasipač u ječmu.

Koeficijenti uz promenljive predstavljaju utrošak energije u operaciji đubrenja navedenim rasipačima u proizvodnji navedenih kultura. U tabeli 113 prikazana su ograničenja za ovu funkciju cilja.

Tab. 113 Obeležja za linearno programiranje

R.br.	Obeležje	Ograničenje
1.	$142,5x_{11}+142,5x_{21} \leq 250$	Norma tretiranja (kg/ha) u pšenici za oba rasipača \leq od zadate norme
2.	$144,57x_{12}+120,28x_{22} \leq 150$	Norma tretiranja (kg/ha) u ječmu za oba rasipača \leq od zadate norme
3.	$3278,8x_{11}+2732,8x_{21} \geq 553$	Proizvodnost agregata (koliko hektara može da obradi rasipač u agrotehničkom roku) \geq od broja planiranih hektara za setvu pšenice)
4.	$2410,8x_{12}+1948,8x_{22} \geq 326$	Proizvodnost agregata (koliko hektara može da obradi rasipač u agrotehničkom roku) \geq od broja planiranih hektara za setvu ječma)
5.	$x_{11}+x_{12}+x_{21} +x_{22} \leq 2$	Broj raspoloživih rasipača na imanju

Izlazni parametric softvera dati su na slici 62. Na osnovu njih se dolazi do zaključka da je za rasipanje mineralnog đubriva u pšenici optimalno koristiti jedan rasipač R2, dok je u slučaju ozimog ječma to takođe jedan rasipač R2.

Da bi se ostvario minimalan utrošak energije u rasipanju đubriva NPK od 4129,750 MJ/ha, potrebno je da se koristi jedan rasipač R2 u pšenici i jedan rasipač R2 u ječmu. To znači da je potreban još jedan rasipač R2 ili da se predsetvena priprema za ove dve kulture obavi u različito vreme.

Iz prikazanog se vidi da ukoliko se rasipač R1 koristi u đubrenju ozime pšenice, utrošena energija se povećava za 2239,53 MJ/ha. Ako se rasipač R1 koristi u đubrenju za ozimi ječam, vrednost energetske potrošnje u ovoj operaciji će porasti za 1890,22 MJ/ha.

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2
 OBJECTIVE VALUE = 684.964478

NEW INTEGER SOLUTION OF 4129.75000 AT BRANCH 0 PIVOT 2
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 4129.750

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	0.000000	2239.530029
X12	0.000000	2272.120117
X21	1.000000	2239.530029
X22	1.000000	1890.219971

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	107.500000	0.000000
3)	29.720001	0.000000
4)	2179.800049	0.000000
5)	1622.800049	0.000000
6)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 2
 BRANCHES= 0 DETERM. = 1.000E 0

Sl. 62 Izlazni rezultati optimizacije aplikacije mineralnog đubriva NPK

Rezultati pokazuju da je norma rasipanja za prvu kulturu manja za 107,50 kg/ha i da je potrebno preklapanje prohoda, u cilju postizanja norme približne zadatoj. U slučaju ječma, ostvarena norma je niža za 29,72 kg/ha. Što se tiče proizvodnosti agregata, nedostaju resursi u rasipanju mineralnog đubriva u obe kulture, što znači da je potrebno angažovati još rasipača mineralnog đubriva.

7.4.2.4 Optimizacija aplikacije mineralnog đubriva MAP

Zadata je funkcija minimuma:

$$C_{min} = 1211,99x_{11} + 981,55x_{12} + 1276,05x_{31} + 1045,61x_{32} \quad (\text{Jed. 53}),$$

gde je:

x_{11} – prvi rasipač u pšenici,

x_{12} – prvi rasipač u ječmu,

x_{31} – treći rasipač u pšenici,

x_{32} – treći rasipač u ječmu.

Koeficijenti uz promenljive predstavljaju utrošak energije u operaciji đubrenja navedenim rasipačima u proizvodnji navedenih kultura. U tabeli 114 prikazana su ograničenja za ovu funkciju cilja.

Tab. 114 Obeležja za linearno programiranje

R.br.	Obeležje	Ograničenje
1.	$84,13x_{11}+88,58x_{31} \leq 90$	Norma tretiranja (kg/ha) u pšenici za oba rasipača \leq od zadate norme
2.	$68,14x_{12}+72,58x_{32} \leq 70$	Norma tretiranja (kg/ha) u ječmu za oba rasipača \leq od zadate norme
3.	$4522x_{11}+8736x_{31} \geq 937$	Proizvodnost agregata (koliko hektara može da obradi rasipač u agrotehničkom roku) \geq od broja planiranih hektara za setvu pšenice)
4.	$3013,5x_{12}+6142,5x_{32} \geq 257$	Proizvodnost agregata (koliko hektara može da obradi rasipač u agrotehničkom roku) \geq od broja planiranih hektara za setvu ječma)
5.	$x_{11}+x_{12}+x_{31}+x_{32} \leq 2$	Broj raspoloživih rasipača na imanju

Izlazni parametric softvera dati su na slici 63 . Na osnovu njih se dolazi do zaključka da je za rasipanje mineralnog đubriva u pšenici optimalno koristiti jedan rasipač R1, dok je u slučaju ozimog ječma to takođe jedan rasipač R1.

Da bi se ostvario minimalni utrošak energije u rasipanju đubriva MAP od 2193,540 MJ/ha, potrebno je da se koristi jedan rasipač R1 u pšenici i jedan rasipač R1 u ječmu. To znači da je potreban još jedan rasipač R1 ili da se predsetvena priprema za ove dve kulture obavi u različito vreme.

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2
 OBJECTIVE VALUE = 180.613663

NEW INTEGER SOLUTION OF 2193.54004 AT BRANCH 0 PIVOT 2
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2193.540

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	1.000000	1211.989990
X12	1.000000	981.549988
X31	0.000000	1276.050049
X32	0.000000	1045.609985

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	5.870003	0.000000
3)	1.860001	0.000000
4)	3585.000000	0.000000
5)	2756.500000	0.000000
6)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 2
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Sl. 63 Izlazni rezultati optimizacije aplikacije mineralnog đubriva MAP

Iz prikazanog se vidi da ukoliko se rasipač R3 koristi u đubrenju ozime pšenice, utrošena energija se povećava za 1276,05 MJ/ha. Ako se rasipač R3 koristi u đubrenju za ozimi ječam, vrednost energetske potrošnje u ovoj operaciji će porasti za 1045,61 MJ/ha.

Rezultati pokazuju da su ostvarene norme rasipanja za obe culture neznatno manje i da je potrebno preklapanje prohoda eventualno samo na krajnjim pozicijama radnog zahvata. Što se tiče proizvodnosti agregata, nedostaju resursi u rasipanju mineralnog đubriva u obe kulture, što znači da je potrebno angažovati dodatne rasipače mineralnog đubriva.

8. ZAKLJUČCI

Tačno doziranje količine đubriva i ravnomerna distribucija po površini polja su preduslovi optimalne ishrane i prinosa gajene biljne kulture. Važno je da biljka dobije sve potrebne mikro i makroelemente, a sa druge strane, neophodno je voditi računa o ukupnoj potrošnji đubriva i očuvanju životne sredine.

Dobijeni rezultati tokom ispitivanja ravnomernosti distribucije mineralnih đubriva pokazuju sledeće:

- Prosečne vrednosti koeficijenta varijacije prilikom rasipanja mineralnih đubriva najniže su za MAP (od 6,70 % do 12,16 %). Sledi NPK (od 10,55 % do 16,15 %), Urea (od 11,06 % do 16,64 %) i KAN (od 12,49 % do 20,18 %).
- Norme rasipanja najpribližnije zadatim postignute su u toku rasipanja MAP-a pomoću oba korišćena rasipača. U slučaju Uree su najveća odstupanja od zadatih normi.

Dobijeni rezultati tokom ispitivanja fizičko – mehaničkih osobina primenjivanih mineralnih đubriva pokazuju sledeće:

- Ispitivanje granulacije navedenih mineralnih đubriva je pokazalo da je kod Uree najprisutnija frakcija granula prečnika između 2 mm i 3,3 mm, dok je kod ostala tri đubriva najveći procenat granula prečnika između 3,3 mm i 4,75 mm.
- Ugao trenja je najmanji kod Uree, najveći kod MAP-a, a KAN i NPK su po ovom parametru između ovih vrednosti i približno isti.
- Analizom čvrstoće granula četiri navedena mineralna đubriva dobijeno je da je za UREU prosečan intenzitet sile koja lomi granulu najmanji. Za KAN i MAP ove sile su približno jednakih vrednosti, dok je najveća sila potrebna za lomljenje granule NPK.
- Vrednosti statičkog ugla nasipanja su najmanje kod Uree i MAP-a, a najveće kod NPK i KAN-a.

Dobijeni rezultati tokom ispitivanja energetskog bilansa proizvodnje šest ratarskih kultura tokom tri proizvodne sezone pokazuju da je šećerna repa najveći

potrošač energije u proizvodnji i takav trend je prisutan iz sezone u sezonu. Činjenica da se najviše energije dobija kroz prinose navedene kulture ne menja podatak da se treba težiti racionalizaciji ove vrste proizvodnje, prvensveno u pogledu potrošnje mineralnih đubriva. Najmanje energetske inputa je utrošeno u proizvodnji soje, slede semenski suncokret i ječam, a kukuruz i pšenica su na vrhu po energetske potrošnji (iza šećerne repe).

Ravnomernost aplikacije se razlikuje u zavisnosti od tipa đubriva i mašine kojom je ono primenjivano. Kod đubriva sa većim procentom granula sa prečnikom preko 3,3 mm uočeni su nešto niži koeficijenti varijacije, što ukazuje na homogenije raspoređene mase đubriva širinom radnog zahvata. U kombinaciji sa vučenim tipom rasipača, vrednosti ovog statističkog parametra su manje, naročito kod mineralnih đubriva boljih karakteristika u smislu granulacije, čvrstoće i ugla trenja. Vrednosti uglova trenja su najveće za ona đubriva koja su imala manji koeficijent varijacije u ispitivanju kvaliteta rasipanja. Takva đubriva se duže zadržavaju na disku rasipača i dobijaju mogućnost za veće ubrzanje, što utiče na to da i periferni delovi radnog zahvata dobiju određene količine đubriva. Čvrstoća granula je karakteristika na koju treba obratiti pažnju, jer lom čestice dovodi do njenog sitnjenja, a onda i stvaranja mogućnosti za neujednačenu raspodelu, pojačan uticaj bočnog vetra i eventualne gubitke. Na proces skladištenja utiču uglovi nasipanja, to dalje ima uticaj na eventualne pojave lomova ili stvaranja grumenova đubriva od čega zavisi kako će se ono ponašati u difuzoru rasipača i koliko će ga ustvari dospeti na površinu zemljišta.

Kod pšenice i ječma ostvareni su očekivani prinosi, odnosno nedostatak padavina i umanjena količina đubriva nisu u velikoj meri uticale na njih. Ipak, u prvoj proizvodnoj godini je u vidu mineralnih đubriva za pšenicu utrošena znatno veća količina energije, što nije drastično povećalo prinose. To potvrđuje neophodnost upotrebe optimalne količine đubriva, koja će biti i ekonomski i ekološki opravdana. Isto važi i za ozimi ječam. Što se tiče kukuruza, u prve dve sezone prinosi su bili na očekivanom nivou, dok je u poslednjoj rod požnjeven ‘na zeleno’, jer se usled nedostatka padavina klipovi nisu u potpunosti formirali. Zelen masa ima svoju energetske vrednost i pogodnost za upotrebu u spravljanju silaže, ali to nije ono što je očekivano od proizvodnje ove kulture, pa se pored adekvatne primene đubriva mora isplanirati i sistem za navodnjavanje. Ulaganja će se povećati, jer je i svaki kWh

električne energije koju koriste sistemi za navodnjavanje ima svoju energetska vrednost, koja nije zanemarljiva. Ipak, taj deo se nadoknađuje prinosom kukuruza u zrnu, čija je energetska vrednost znatno veća, nego što je to vrednost kilograma zelene mase, a i sama upotreba merkantilnog zrna pruža mogućnosti za veću dobit. Soja i šećerna repa su u trećoj sezoni drastično umanjile prinose, jer u kritičnim letnjim mesecima nisu dobile ni potreban minimum vlage. Prinosi su i više nego očekivani u proizvodnim godinama koje su prethodile navedenoj, ali ipak se u ovoj vrsti proizvodnje ne sme osloniti samo na optimalne količine mineralnih đubriva. Ipak, jedino su kod soje i šećerne repe pozitivne veze u zavisnosti ukupnih energetskih inputa i outputa, što ukazuje na to da se uz dobro isplanirana ulaganja može očekivati i pozitivan energetski bilans proizvodnje. Približno jednaki rezultati u sve tri sezone su ostvareni u proizvodnji suncokreta, što pokazuju i energetski parametri proizvodnje, koji su relativno ujednačeni. Gajenje ove biljke u cilju dobijanja semenskog materijala energetski je veoma zahtevno, što se i vidi na osnovu parametara koji su dobijeni analizom. Potrebno je dobro isplanirati svaki korak u ovom vidu proizvodnje, na šta ukazuje i funkcionalna veza između inuputa i outputa, koja je negativna, odnosno nije energetski opravdana u ovom slučaju.

Do rešenja problema vezanih za najefikasniju primenu mineralnih đubriva u biljnoj proizvodnji, a samim tim i za poboljšanje njenog energetskog bilansa, može se doći na više načina:

- Potrebna je godišnja analiza zemljišta sa dubokim uzorkovanjem u cilju dobijanja informacija o hemijskom sastavu zemljišta, a samim tim i o eventualnim nadoknadama određenih elemenata. Takođe, treba obratiti pažnju na plodored i na predusev, jer su mogući rezidualni ostaci u smislu hraniva.
- Izbalansirana fertilizacija je ključ za poboljšanje efikasnosti upotrebe mineralnih đubriva. Sinhronizovanjem količina hraniva sa sposobnošću biljaka da ih iskoriste može se primeniti praksa sa pravim izvorom hranljivih materija, pravom normom rasipanja u pravo vreme i na pravo mesto.
- Neophodna je upotreba savremenih tehničko – tehnoloških rešenja. Precizna poljoprivreda zaživljava sve više. GPS navođenjem u

kombinaciji sa mapiranjem zemljišta i praćenjem prinosa ostvaruje se ušteda u procesu đubrenja i do deset posto. Koriste se i uređaji za merenje boje lista pomoću elektromagnetnih talasa, koji u kombinaciji sa kartom produktivnosti delova parcele utiču na primenu optimalne količine hraniva prilikom prihrane.

- Potrebno je raditi na razvoju i primeni „pametnih“ đubriva, koja oslobađaju hranljive materije prema potrebama biljaka. Proizvođači treba da primenjuju savremene tehnološke procese u proizvodnji i da ugrađuju najsavremeniju opremu i instrumente, kako bi se dobila visoka koncentracija hranljivih materija u đubrivu, ujednačena granulacija, isti hemijski sastav svake granule i da su sadržaji mikroelemenata u odnosu na osnovne elemente prilagođeni potrebama biljaka.

Cilj svake razvijene države bi trebalo da bude razvoj održive regionalne poljoprivrede. Održiva poljoprivreda predstavlja integrisani sistem biljnih i stočarskih proizvodnih praksi, koji će dugoročno zadovoljiti potrebe ljudi za hranom, poboljšati kvalitet životne sredine i prirodnih resursa od kojih zavisi poljoprivredna ekonomija. Takođe, ovi sistemi treba da omoguće efikasnu upotrebu neobnovljivih i obnovljivih energetske resursa i odvijanje prirodnih bioloških ciklusa, da održe ekonomsku vrednost proizvodnje i unaprede kvalitet života poljoprivrednih proizvođača u celini.

9. LITERATURA

Abbas, D., Majid, A. (2012). Input-output and economic analysis of soybean production in the main cultivation areas in Iran. *African Journal of Agricultural Research* 7 (35): 4894-4899.

Abdi, R., Taki, M., Akbarpur, M. (2012). An Analysis of Energy input- output and Emissions of Greenhouse Gases from Agricultural Productions. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* 6 (3):73-79.

Abdi, R., Hematian, A., Mobtaker, H.G., Shahamat, E.Z. (2012). Sensitivity analysis of energy input for maize production system in Kermanshah province of Iran. *Animal and Environmental Sciences* 2 (3): 84-91.

ASAE Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders. ASAE Standard S341.2, 1998.

ASAE Standard 343.1, 1998.

ASAE Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders. ASAE Standards, S341.2, 1999.

Asakereh, A., Shiekhdavoodi, M.J., Almassi, M., Sami, M. (2010). Effects of mechanization on energy requirements for apple production in Esfahan province, Iran. *African Journal of Agricultural Research* 5 (12): 1424-1429.

Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D., Grignani, C. (2011). EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy* 36 (7): 4468-4481.

Arvidsson, J. (2010). Energy use efficiency in different tillage systems for winter wheat on a clay and silt loam in Sweden, *European Journal of Agronomy* 33 (3): 250-256.

Asgharipour, M.R., Mondani, F., Riahinia, S. (2012). Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. *Energy* 44: 1078-1084.

- Azarpour, E. (2012). Evaluation energy balance and energy indices of barley production under watered farming in North of Iran. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 7 (3): 163-168.
- Basso, B., Cammarano, D., Fiorentino, C., Ritchie, J.T. (2013). Wheat yield response to spatially variable nitrogen fertilizer in Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy* 51: 65-70.
- Bingham, I.J., Karley, A.J., White, P.J., Thomas, W.T.B., Russell, J.R. (2012). Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. *European Journal of Agronomy* 42: 49-58.
- Brock, W.H. (2002). *Justus von Liebig: The Chemical Gatekeeper*. Cambridge Science Biographies. Cambridge University Press, The Pitt Building, Trumpington Street.
- Bruulsema, T.W. et al. (2012): *Fertilizing Crops to Improve Human Health: A Scientific Review*. Publication, first edition, IPNI, Norcross, GA, USA; IFA, Paris, France.
- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., Ozmerzi, A. (2005). Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. *Energy Conversion and Management* 46: 655-666.
- Dalgaard, T., Halberg, N., Porter, J.R. (2001). A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 87(1):51- 65
- Davoodi, M.J.S., Houshyar, E. (2009). Energy Consumption of Canola and Sunflower Production in Iran. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science* 6 (4): 381-384.
- Dawson, C.J., Hilton, J. (2011). Fertilizer availability in a resource-limited world: production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food Policy* 36: S14-S22.
- Dimitrijević, A. (2010). Energetska efikasnost proizvodnje salate i paradajza na otvorenom polju i u objektima zaštićenog prostora. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Đević, M. (1992). Fizičke osobine mineralnih đubriva i njihov uticaj na kvalitet aplikacije, Zbornik radova simpozijuma "Poljoprivredna tehnika i energetika u poljoprivredi", D.Milanovac, pp. 64-72.

Đević, M. (1992). Fizičke osobine mineralnih đubriva i njihov uticaj na kvalitet aplikacije. Zbornik skupa POT, Lepenski Vir.

Đević, M., Miodragović, R. (1996). Preconditions for balanced distribution of solid fertilizers. Review of Research Words at the Faculty of agriculture, 41 (1).

Đević, M., Dimitrijević, A. (2009). Fizičke osobine đubriva kao faktor izbora tehnološko-tehničkog sistema skladištenja. Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, 13(3): 239-243.

Đević, M., Božić, M., Mileusnić, Z. (2009). Uticaj fizičkih osobina mineralnog đubriva na efikasnost aplikacije. Časopis Poljoprivredna tehnika, 34 (2): 133-141

Džamić, R., Stevanović, D. (2000). Agrohemija. Poljoprivredni fakultet, Zemun

Ercoli, L., Masoni, A., Pampana, S., Mariotti, M., Arduini, I. (2013) As durum wheat productivity is affected by nitrogen fertilisation management in Central Italy. European Journal of Agronomy 44: 38-45.

FAO/IFA/IFDC (1999). Fertilizer use by crop. 4th ed. Rome.

FAO (2012). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> and <http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/csdb/en/>. Verified April 2012.

Ferraro, D.O. (2010). Energy use in cropping systems: A regional long-term exploratory analysis of energy allocation and efficiency in the Inland Pampa (Argentina). Energy 44 (1): 490-497.

Fresco, L.O. (2009). Challenges for food system adaptation today and tomorrow. Environmental Science and Policy, 12(4): 378-385.

Frick, B., Lemke, R., Malhi, S.S., Fernandez, M.R. (2011). Effects of input management and crop diversity on non-renewable energy use efficiency of cropping systems in the Canadian Prairie. European Journal of Agronomy 34 (2): 113-123.

Fulton, J.P., Shearer, S.A., Chabra G., Higgins S.F. (2001). Performance assessment and model development of a variable-rate, spinner-disc fertilizer applicator. *American Society of Agricultural Engineers*, 44(5): 1071–1081.

Fulton, J.P., Shearer, S.A., Stombaugh, T.S., Anderson, M.E., Burks, T.F., Higgins, S.F. (2003). Simulation of Fixed and Variable-Rate Application of Granular Materials. *Trans. Of ASAE*. 46(5): 1311–1321.

Fulton, J.P., Shearer, S.A., Higgins, S.F., Stombaugh, T.S., Darr, M.J., Hancock, D.W., Hutchins, E.L. (2004). Comparison of VRT Granular Applicators. 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting. Ottawa, Paper Number: 041113.

Gülistan, E., Esengün, K., Erdal, H., Gündüz, O. (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32: 35-41.

Gavrilovic, M., Dimitrijevic, A., Mileusnic, Z., Miodragovic, R. (2013). Influence of physical – mechanical properties of fertilizer on uniformity of distribution. *Actual Tasks on Agricultural Engineering*: 164-171.

Gavrilovic, M., Dimitrijevic, A., Mileusnic, Z., Miodragovic, R. (2013). Influence of fertilizer physical properties on its distribution uniformity. *The First International Symposium on Agricultural Engineering, Book of Abstracts*, 4.

Gelings, C.W., Permenter, K.E., (2004). Energy Efficiency in Fertilizer Production and Use. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford ,UK, [<http://www.eolss.net>].

Graß, R., Heuser, F., Stülpnagel, R., Piepho, H.P., Wachendorf M. (2013). Energy crop production in double-cropping systems: Results from an experiment at seven sites. *European Journal of Agronomy* 51: 120-129.

Grift, T.E., Hofstee, J.W. (2002). Testing an online spread pattern determination sensor on a broadcast fertilizer spreader, *Transactions of the ASAE*, 45(3): 561–567.

Haciseferoğullari H., Acaroğlu M., Gezer I. (2003). Determination of the energy balance of the sugar beet plant. *Energy Sources*, 25 (1): 15-22.

- Hatirli, S.A.B, Ozkan, U., Fert, C. (2005). An econometric analysis of energy input output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Review* 9: 608-623.
- Hematian, A., Bakhtiari, A.A., Yaghubi, O., Zarei-Shahamat, E. (2013). Optimization of energy consumption in sugar-beet production using genetic algorithm “A case study in Kermanshah Province, Iran”. *International journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (6): 1351-1356.
- Hofstee, J.W. (1992). Handling and spreading of fertilizers: Part 2, Physical properties of fertilizer, measuring methods and data. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 53: 141-162.
- Hofstee, J.W. (1995). Handling and spreading of fertilizers: Part 5, The spinning disc type fertilizer spreader. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 62: 142-162.
- Hofstee, J.W., Huisman, W. (1990): Handling and spreading of fertilizers: Part 1, Physical properties of fertilizer in relation to particle motion. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 62: 9-24.
- Hülsbergen, K.J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.W., Kalk, W.D., Diepenbrock, W. (2001). A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86: 303–321.
- IFA(2012). <http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/STATISTICS>. Verified April, 2012.
- Jevtić, S., Šuput, M., Gotlin, J., Pucarić, A., Miletić, N., Klimov, S., Đorđevski, J., Španring, J., Vasilevski, G.(1986.). *Posebno ratarstvo I. Naučna knjiga*, Beograd.
- Kardoni, F., Parande, S., Jassemi, K., Karami, S. (2013). Energy Input-output Relationship and Economical Analysis of Wheat Production in Khuzestan Province of Iran. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (9): 2187-2193.
- Kiani, Sh., Houshyar, E. (2012). Energy Consumption of Rainfed Wheat Production in Conventional and Conservation Tillage Systems. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4 (5): 213-219.

Kordkheili, P.Q., Kazemi, N., Hemmati, A., Taki, M. (2013). Energy input-output and economic analysis for soybean production in Mazandaran province of Iran. *Elixir Agriculture* 56: 13246-13251.

Kovacevic, D., Oljaca, S., Dolijanovic, Z., Milic, V. (2012). Climate changes: Ecological and agronomic options for mitigating the consequences of drought in Serbia. Third International Scientific Symposium „Agrosym 2012“ Jahorina, Book of the proceedings, November 15 - 17, [editor in chef Dušan Kovačević]. - Istočno Sarajevo: Poljoprivredni fakultet, 2012. - 1 elektronski optički disk (CD-ROM). ISBN 978-99955-751-0-6 COBISS.BH-ID 3336984 <http://www.agrosym.unssa.rs.ba.>: 17-36.

Laegried, M., Bockman, O. C., Kaarstad, E. O. (1999). Agriculture fertilizers and environment. CABI Publishing and Norsk Hydro ASA.

Lakić, N., Maletić, R. (1996). Zbirka zadataka iz statistike. Naučna knjiga, Beograd.

Lal, B., Rajput, D.S., Tamhankar, M.B., Agarwal, I., Sharma, M.S. (2003). Energy Use and Output Assessment of Food-Forage Production Systems. *Journal of Agronomy & Crop Science* 189: 57-62.

Lorzadeh, Sh., Mahdavidamghani, A., Enayatgholizadeh, M.R., Yousefi, M. (2011). Agrochemical Input Application and Energy Use Efficiency of Maize Production Systems in Dezful, Iran. *Middle-East Journal of Scientific Research* 9 (2): 153-156.

Lorzadeh, Sh., Mahdavidamghani, A., Enayatgholizadeh, M.R., Yousefi, M. (2012). Reasearch of Energy use efficiency for maize production systems in Izeh, Iran. *Acta agriculturae Slovenica*, 99 (2): 137 – 142.

Macák, M., Nozdrovický, L. (2010). Relation of the dynamic strenght of fertilizers and their particle size distribution from the point of field application. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36 (3): 239-246.

Malinović, N., Meši, M., Kostić, M. (2011). Uticaj osobina mineralnih đubriva na protok i ravnomernost površinske distribucije. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 37 (4): 334-438.

- Malnou, C.S., Jaggard, K.W., Sparkes, D.L. (2008). Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer. *European Journal of Agronomy* 28 (1): 47-56.
- Mandal, K.G., Saha, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M., Bandyopadhyay K.K. (2002). Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass Bioenergy* 23(5): 337-345.
- McCosh, F. W. J. (1984). Boussingault, chemist and agriculturist. D. Reidel Pub. Co.; Hingham, MA; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht; Boston.
- Memon, Sh. Q., Mirjat, M.S., Mughal, A. Q., Amjad, N. (2012). Evaluation of inputs and outputs energy for maize grain yield. *Sarhad Journal of Agriculture*, 28 (3): 387-393.
- Mićić, J. (1990). Poljoprivedne mašine i uređaji. Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- Mićić, J., Ercegović, Đ., Novaković, D., Đević, M., Oljača, M., Radivojević, D., Božić, S. (1997). Savremena poljoprivredna tehnika u biljnoj proizvodnji. Poljoprivredni fakultet Zemu.
- Mileusnic, Z., Djevic, M., Miodragovic, R., Bozic, M. (2010). The influence of different traction systems on tractor use in tillage. *Actual Tasks on Agricultural Engineering*: 75-85.
- Miodragović, R. (1993). Problemi aplikacije mineralnih đubriva. Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- Mirković, S. (2003). Savremeni rasipači mineralnih đubriva. Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- Mobtaker, H.G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, Sh., Akram, A. (2010). Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137 (3–4): 367–372.

- Mohammadi A., Omid M. (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy* 87: 191-196.
- Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A., Mohammadi, A. (2011). The functional relationship between energy inputs and yield value of soybean production in Iran. *International Journal of Green Energy* 8: 398-410.
- Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A., Mohammadi, A. (2011). Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. *Applied Energy* 88: 3765–3772.
- Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A., Mohammadi, A. (2011). Energy efficiency and cost analysis of canola production in different farm sizes. *International Journal of Energy and Environment*, 2 (5): 845-852.
- Mousavi Avval, S.H., Rafiee, S., Keyhani, A. (2012). Energy efficiency analysis in agricultural productions: parametric and non-parametric approaches. *Energy Efficiency - A Bridge to Low Carbon Economy*, 135-158.
- Nasso, N., Bosco, S., Di Bene, C., Coli, A., Mazzoncini, M., Bonari, E. (2011). Energy efficiency in long-term Mediterranean cropping systems with different management intensities. *Energy* 36 (4): 1924-1930.
- Ortiz-Cañavate, J., Hernanz, J.L. (1999). Energy analysis and saving, energy for biological systems. *CIGR Handbook*, Vol. 5. St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Ozkan, B., Akcaoz, H., Fert C. (2004). Energy input–output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy* 29: 39–51.
- Pervanchon, F., Bockstaller, C., Girardin, P. (2002). Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agricultural Systems*, 72(2):149-172.
- Prasad, R. (2009). Efficient fertilizer use: The key to food security and better environment. *Journal of Tropical Agriculture* 47 (1-2): 1-17.

Ramah, M., Baali, E.H. (2012). Energy balance of wheat and barley under Moroccan conditions. International Conference Of Agricultural Engineering CIGR-AgEng2012 Papers Book, C-0822.

Ramedani, Z., Rafiee, S., Heidari, M.D. (2011). An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farm. Energy 36 (11): 6340-6344.

Reineke, H., Stockfisch, N., Märländer, B. (2013). Analysing the energy balances of sugar beet cultivation in commercial farms in Germany. European Journal of Agronomy 45: 27-38.

Roberts, T. (2008). Improving nutrient use efficiency. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 177-182.

Ryan, J. (2008). A perspective on balanced fertilization in the mediterranean region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 79-89.

Scheufler, B. (2010). Mineral Fertilizing. Yearbook Agricultural Engineering, 22:109-115.

Shahin, S., Jafari, A., Mobli, H., Rafiee, S., Karimi, M. (2008). Effect of Farm Size on Energy Ratio for Wheat Production: A Case Study from Ardabil Province of Iran. American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science, 3 (4): 604-608.

Standard ISO 5690/2, 2000.

Stewart, L., Bandel, A. V. (2002). Uniform Lime and Fertilizer Spreading. Publication EB254. Mearyland Cooperative Extension.

Tony, E. (2006). Development of a Uniformity Controlled Granular Fertilizer Spreader. ASABE Paper Number : 061069. St. Joseph, Mich.: ASABE.

Trenkel, M.E. (2010). Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. Publication, second edition, International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France.

Turan, J., Kosovac, M. (2008). Poprečna distribucija mineralnog đubriva. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 34(1-2): 40-46.

Turan, J., Findura, P. (2009). Preklapanje prohoda pri raspodeli mineralnih đubriva. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 35 (1-2): 9-15.

Turan, J., Findura, P., Vucelja, D. (2010). Uticaj vlažnosti na ugap nasipanja mineralnog đubriva. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36 (1): 32-38.

Uzunoz, M., Akcay, Y., Esengun, K. (2008). Energy Input-output Analysis of Sunflower Seed (*Helianthus annuus L.*) Oil in Turkey. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 3 (3): 215-223.

Wang, Y.W. (2009). Sustainable agricultural practices: energy inputs and outputs, pesticide, fertilizer and greenhouse gas management. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 18(4): 498-500.

Yule, I. (2010). The Effect of Fertilizer Particle Size on Spread Distribution. NZ Centre for Precision Agriculture, Massey University, Palmerston North, New Zealand, [<http://www.massey.ac.nz>].

Zengin, M., Gökmeni, F., Yazici, M.A., Gezgin, S. (2009). Effects of potassium, magnesium, and sulphur containing fertilizers on yield and quality of sugar beets (*Beta vulgaris L.*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 33: 495-502.

Zentner, R.P., Basnyat, P., Brandt, S.A., Thomas, A.G., Ulrich, D.J., Campbell, C.A., Nagy, C.N., Frick, B.L., Lemke, R.L., Malhi, S.S., Olfert, O.O., and Fernandez, M.R. (2011). Effects of input management and crop diversity on economic returns and riskiness of cropping systems in the semi-arid Canadian Prairie. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 26(3): 208-223.

Ziaei, S.M., Mazlounzadeh, S.M., Jabbary, M. (2014). A comparison of energy use and productivity of wheat and barley (case study). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, article in press.

http://www.agromehanika.si/ads/razsipalniki_ag.html

<http://www.amazone.net/150.asp>

<http://media.agrobiograin.com/2012/02/Fizicke-osobine-polj-materijala-20101.pdf>

<http://ien.vicon.eu/Spreading-Equipment/Fertiliser-Spreaders/Rear-Mounted-Disc-Spreaders/Vicon-RotaFlow-RO-XL>

Statistički godišnjak Repulike Srbije, 2010/11/12.

<http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView>

10. BIOGRAFIJA

Marija Gavrilović je rođena 30.6.1983. godine u Loznici. Osnovnu školu i gimnaziju je završila u Malom Zvorniku. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu je upisala u školskoj 2005/06, gde je i diplomirala u septembru 2009. godine, na Odseku za poljoprivrednu tehniku. U oktobru 2009. godine je upisala doktorske akademske studije na istom fakultetu.

Marija Gavrilović je bila stipendista Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije od 2010. do 2014. godine. Učestvovala je na projektu Ministarstva nauke br. TR 20076 "Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje" i na projektu TR 31051 "Unapređenje biotehnoloških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda" finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

Marija Gavrilović je nagrađivana od strane: Zadužbine Nikole Spasića za najboljeg studenta treće godine Poljoprivrednog fakulteta (2008) zatim od Poljoprivrednog fakulteta za najboljeg studenta četvrte godine Odseka za poljoprivrednu tehniku (2009), Univerziteta u Beogradu za studenta generacije na Poljoprivrednom fakultetu u školskoj 2008/2009. godini kao i od Fondacije Dr Karl Schleinzer, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, 23.04.2010, za istraživanja u oblasti zaštite životne sredine.

Autor je 7 naučnih radova od čega je jedan obavljen u međunarodnom časopisu sa SCI-e liste.

Govori engleski i ruski jezik.

11. PRILOZI

IZJAVE DOKTORANDA

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Марија Гавриловић

Број индекса: 3/09

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

Утицај физичких особина минералних ђубрива на квалитет рада центрифугалних расипача и енергетски биланс биљне производње

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 30.5.2016.

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије
докторске дисертације**

Име и презиме аутора Марија Гавриловић

Број индекса или пријаве докторске дисертације 3/09

Студијски програм Пољопривредне науке

Наслов докторске дисертације Утицај физичких особина минералних ђубрива на
квалитет рада центрифугалних расипача и енергетски биланс биљне производње

Ментор Др Александра Димитријевић, доцент

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 30.5.2016.

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Утицај физичких особина минералних ђубрива на квалитет рада центрифугалних расипача и енергетски биланс биљне производње

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис докторанда

У Београду, 30.5.2016.

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.