

ISPITIVANJE PNEUMATSKIH SIJAČICA PRIMJENOM ISO STANDARDA 7256/1

Kamenčak, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:541424>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-22**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ivan Kamenčak

Sveučilišni diplomski studij Mehanizacija

**ISPITIVANJE PNEUMATSKIH SIJAČICA PRIMJENOM
ISO STANDARDA 7256/1**

Diplomski rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ivan Kamenčak

Sveučilišni diplomski studij Mehanizacija

**ISPITIVANJE PNEUMATSKIH SIJAČICA PRIMJENOM
ISO STANDARDA 7256/1**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. prof. dr. sc. Đuro Banaj, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Vjekoslav Tadić, član

Osijek, 2021.

SADRŽAJ

Strana

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE	2
3. MATERIJAL I METODE RADA.....	4
3.1. Ispitni stol za pneumatske sijačice.....	4
3.2. Ispitivani hibrid.....	7
3.3. Podtlačna pneumatska sijačica PSK4-OLT Osijek za sjetvu okopavina.....	8
Trotočje i noseća greda	10
Sjetvena sekcija.....	10
Mjenjačka kutija i prijenosnici.....	12
Radijalni ventilator sijačice PSK4.....	15
4. REZULTATI	18
4.1. Sjeme hibrida kukuruza korištenih u istraživanju.....	18
4.2. Rezultati ostvarenih vrijednosti podtlaka kod sijačice <i>PSK4</i>	19
4.3. Rezultati istraživanja u laboratoriju pri simulaciji sjetve sijačice PSK	20
5. RASPRAVA.....	25
6. ZAKLJUČAK.....	26
7. POPIS LITERATURE.....	27
8. SAŽETAK.....	30
9. SUMMARY	31
10. POPIS TABLICA.....	32
11. POPIS SLIKA	33
12. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
13. BASIC DOCUMENTATION CARD	

1. UVOD

Veliku pozornost treba posvetiti sjetvi kukuruza budući da je ona jedan od bitnijih koraka u cjelokupnoj proizvodnji kukuruza. Iznimnu važnost u planiranju sjetve čine slijedeći čimbenici: odabir hibrida (zrno, silaža, klip), određivanje sklopa, izbor i podešavanje sijačice (s obzirom na preporučeni sklop), rokovi sjetve, dubina sjetve, te brzina gibanja sijačice tijekom sjetve. Priprema i podešavanje sijačice prije sjetve u današnjim uvjetima proizvodnje predstavlja važan čimbenik za uspješnu sjetvu. Kukuruz se uzgaja u cijelome svijetu, a područje uzgoja mu je vrlo veliko, što omogućuje različita duljina vegetacije, raznolika mogućnost upotrebe i sposobnost kukuruza da može uspijevati na lošijim tlima i lošijim klimatskim uvjetima. Kukuruz (*Zea mays* L.) je podrijetlom iz Centralne Amerike, a nakon otkrića američkog kontinenta prenesen je i proširen u Europu i druge kontinente. Kukuruz, nakon pšenice i riže zauzima najveće površine. Površine zasijane kukuruzom stalno se povećavaju jer mnoge zemlje žele same proizvesti dovoljno kukuruza, te se prinosi stalno povećavaju. Maksimalni prinos po jedinici površine iznosi oko 25 000 kg ha⁻¹. Svi dijelovi (osim korijena) se mogu iskoristiti, jednim dijelom u prehrani ljudi i industriji, a cijele stabljike s listom za silažu ili prehranu domaćih životinja. Zrno je osnovna sirovina u pripravljanju koncentrirane stočne hrane, te ima veliku važnost zbog visokog udjela ugljikohidrata (70 – 75 %), oko 10 % bjelančevina, oko 5 % ulja, oko 15 % mineralnih tvari, te oko 2,5 % celuloze. U Hrvatskoj 2016. godine prema podacima Državnog zavoda za statistiku o biljnoj proizvodnji, zasijan na ukupno 252 000 ha s ukupnom proizvodnjom zrna od 2 154 470 tona i s prosječnom proizvodnjom od 8 500 kg ha⁻¹ što je u odnosu na godinu ranije za 11 000 ha manje zasijanih površina ali s prinosima većim za 13 %. Zemljišni i klimatski uvjeti za proizvodnju kukuruza u Hrvatskoj su među najboljima u svijetu, te bi zbog te spoznaje trebali iskoristiti i dati veći značaj kukuruzu kao strateškoj žitarici u proizvodnji stočarske hrane za razvitak ukupne stočarske proizvodnje. Kukuruz bi trebao biti osnova ratarske, stočarske pa i cijele poljoprivredne proizvodnje, a isto tako bi mogao biti i baza mnogih industrijskih proizvoda. Proizvodnja se ostvaruje na području između rijeka Drave, Save i Dunava, a poglavito na području istočne Hrvatske (Slavonija, Baranja i zapadni Srijem). Sjetva kukuruza na našem prostoru obavlja se na razmak redova od 70 i 75 cm. U novije vrijeme provode se znanstvena istraživanja sjetve kukuruza u udvojene redove, u svijetu poznata kao *twin row* tehnologija. Takva tehnologija sjetve omogućava bolje iskorištenje tla, sunčeve svjetlosti i u većini pokusa doprinosi ostvarenju jednakog ili većeg prinosa po hektaru.

2. PREGLED LITERATURE

Nakon odabira hibrida i podešavanja prijenosnog odnosa, potrebno je podesiti skidač sjemena s obzirom na oblik i veličinu zrna koje sijemo. Berus, P. (2010.) navodi da je zadovoljavajuća podešenost skidača viška sjemena ako je postotak isijavanja veći od 95 %. Međutim u ovom postotku se nalaze i dvostruko izbačene sjemenke koju negativno utječu na ostvarenje zadanog sklopa. Pojavu duplih sjemenki na otvoru sjetvene ploče, kao i praznih mjesta istražuju (Schrödl, J., 1993. i Berus, P., 2010.). Navedeni autori zaključuju da postotak veći od 5 % praznih mjesta ili udvojenih sjemenki zahtjeva ponovno podešavanje sijačice.

Fanigliulo i Pochi (2011.) navode da je ujednačen razmak sjemena u sjetvi temeljni čimbenik kvalitete rada i ostvarenje prinosa za mnoge poljoprivredne kulture.

Prema autorima Banaj, A. i sur., (2017a) i Lauer, J. (2002.) nedostatak između 7 do 10 % biljaka od planiranog sklopa u vrijeme berbe uzrokovan je lošim podešavanjem sijačice i nepravilnim odabirom tehničkih čimbenika sjetve. Veliki problem pri sjetvi s pneumatskim sijačicama je nedostatak podataka za podešavanje podtlaka s obzirom na 4 različite frakcija sjemena kukuruza koji se distribuira na hrvatskom tržištu.

Guberac i sur., (2000.) navode da se prosijavanjem 100 kg naturalnog sjemena hibrida OSSP-644 u prosjeku dobije 52,60 % srednje okrugle, 15,10 % velike okrugle, 21,30 srednje plosnate, 6,20 % velike plosnate frakcije sjemena.

Nepoznati su podaci specifičnih masa i postotni udio oblika zrna te minimalne vrijednosti podtlaka (kPa) potrebnih za prihvaćanje ovakvih različitih sjemenki na sjetvenu ploču. Podtlak je najvažniji tehnički čimbenik sjetve jer o njemu ovisi mogućnost zadržavanja zrna na sjetvenoj ploči.

Bracy i Parish (1998.) navode da je za proizvodnju zrna kukuruza nužno ostvariti zadani sklop upotrebom optimalnog podtlaka i pravilnim podešavanjem skidača viška sjemena. U hrvatskim uvjetima koristi se podtlak od 3,00 do 5,00 kPa (PSK4 i MaterMacc Twin Row-2). Brzina gibanja sijačice u vrijeme sjetve treba se povećati do te mjere dok se ne naruši kvaliteta rada (Banaj i Šmrčković 2003.).

Lauer (2001.) navodi da je brzina sjetve uvjetovana s više čimbenika kao što su: priprema tla, nagib parcele itd.

Staggenborg i sur. (2004.) navode da pravilno podešavanje sijačice ima važnu ulogu u ukupnoj proizvodnji kukuruza. Također navode da brzina sjetve nepovoljno utječe na ujednačenost razmaka biljaka u sjetvi.

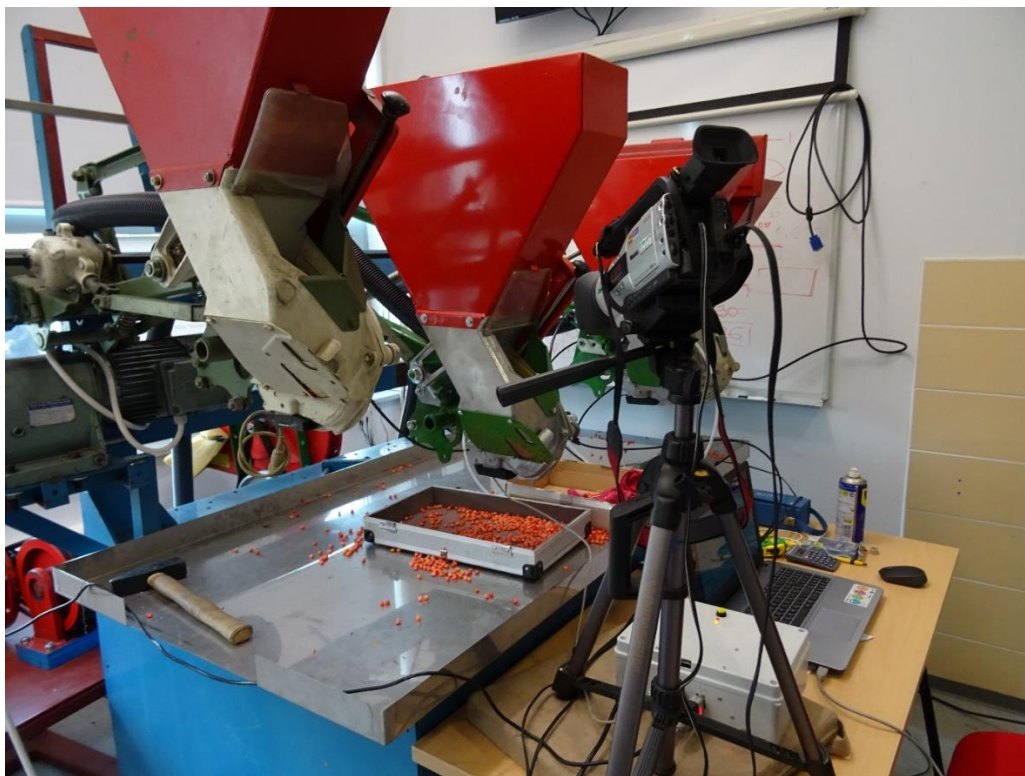
Bilandžić i Vitas (1991.) ukazuju na značajan utjecaj radne brzine na koncentraciju distribucije po odgovarajućim razredima sjetve. Nepovoljna koncentracija distribucije pojavljuje se pri brzini gibanja sijačice od 8 km h^{-1} . Isti autori zaključuju da se simulacijom sjetve u laboratoriju bez obzira na jednaku udaljenost otvora na sjetvenoj ploči, sjemenke ne raspoređuju na jednaki međusobni razmak. Kao uzrok tome navode različite mase sjemena i momenta odvajanja od sjetvene ploče.

Značajan broj autora (Yazgi i Degirmencioglu 2007., Bozdoğan 2008., Ogrizović 2015., Fanigliulo i Pochi) u istraživanju kvalitete rada sijačica primjenjuju *ISO standard 7256/1 i 7256/2* odnosno indeks *MISS (miss indeks)*, *MULT (multiple indeks)* i *QFI (quality of feed indeks)*. Cilj ovog diplomskog rada je simulacijom sjetve na ispitnom stolu utvrditi utjecaj tehničkih čimbenika sjetve (različite frakcije sjemena, podtlaka, brzine gibanja sijačice, položaja skidača viška sjemena) na kvalitetu sjetve tj. ujednačenost međusobnog razmaka između sjemena. Na temelju rezultata doći do saznanja koja kombinacija tehničkih čimbenika ostvaruje najveću kvalitetu sjetve.

3. MATERIJAL I METODE RADA

3.1. Ispitni stol za pneumatske sijačice

Na ispitni stol postavljena je sijačica *PSK4* (OLT OSIJEK – Osječka ljevaonica željeza i tvornica strojeva) za simulaciju sjetve kukuruza s različitim podešavanjima tehničkih čimbenika sjetve.



Slika 1. Ispitni stol za pneumatske sijačice

Izvor: I. Kamenčak

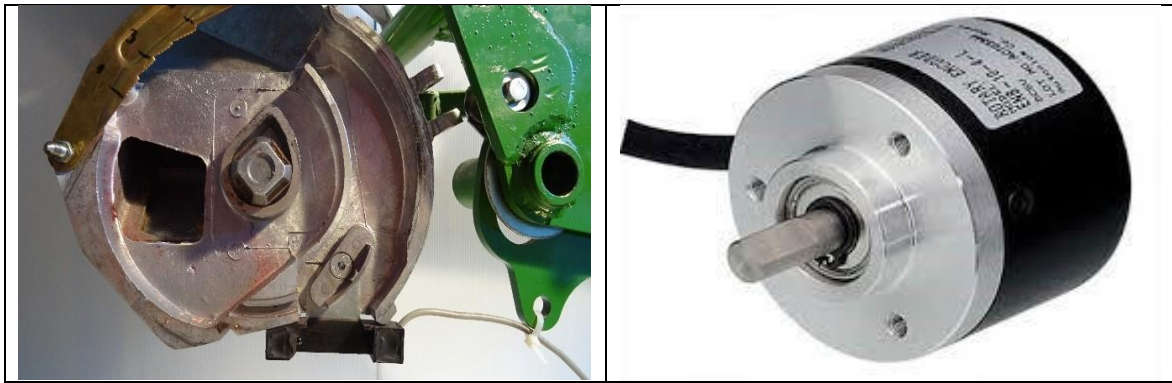
Pogon na sijačici konstrukcijski je izveden s pomoću dvaju trofaznih elektromotora. Jedan služi za pogon centralnoga pogonskog vratila sijačice, dok drugi pogoni ventilator. Broj okretaja oba elektromotora nadziran je statičkim frekventnim regulatorom (*Adjustable Speed Drives, Variable Frequency Drives – VFD*).



Slika 2. Statički frekventni regulator

Izvor: I. Kamenčak

Utvrđivanje ostvarenih razmaka obavljeno je pomoću senzora za detekciju vremena prolaza zrna, pri čemu centralna jedinica uz simuliranu brzinu rada izračunava razmake sjetve. Položaj sijačice određivan je enkoderom 1200, s pogreškom pri mjerenju prijeđenoga puta od $\pm 1,62$ mm, pri čemu je postignuta vrlo velika preciznost položaja, a postavljen je na pogonsko vratilo sijačice.



Slika 3. Senzor prolaza zrna (lijevo) i enkoder 1200 za praćenje položaja sijačice (desno)

Izvor: I. Kamenčak

Utvrđivanje kvalitete rada sijačice obavljeno je s pomoću koeficijenata kvalitete sjetve uz primjenu *ISO standarda 7256/1* i *7256/2*, odnosno indeksa *MISS* (*miss index*), *MULT* (*multiple index*) i *QFI* (*quality of feed index*):

$$\text{Missing-seeding indeks: } MISS \text{ indeks} = \frac{n_0}{N} \cdot 100\% \quad (1),$$

$$\text{Quality of feeding indeks: } QFI \text{ indeks} = \frac{n_1}{N} \cdot 100\% \quad (2),$$

$$\text{Multiple indeks: } MULT \text{ indeks} = \frac{n_2}{N} \cdot 100\% \quad (3),$$

gdje su:

n_0 = broj zabilježenih razmaka koji su veći od 1,5 predviđenoga razmaka sjemena unutar reda,

n_1 = broj zabilježenih razmaka koji su od >0,5 do <1,5 predviđenoga razmaka sjemena unutar reda,

n_2 = broj zabilježenih razmaka koji su \leq od 0,5 predviđenoga razmaka sjemena unutar reda,

N - ukupan broj mjerenja.

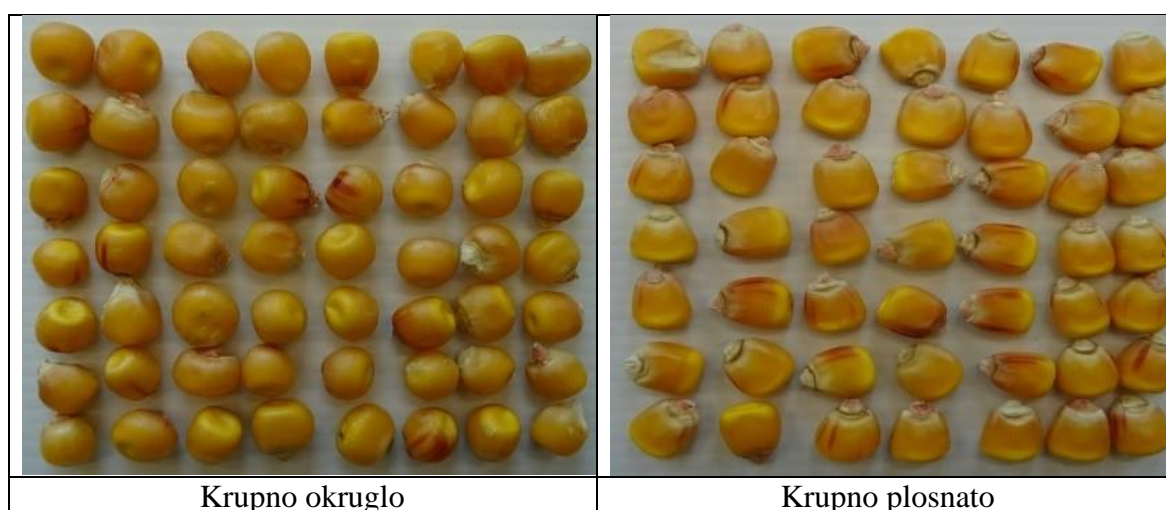
Tablica 1. Vrijednosti indeksa kvalitete sjetve za ocjenjivanje rada sijačica

<i>MULT</i> indeks	<i>QFI</i> indeks	<i>MISS</i> indeks	Ocjena sijačice
< 0,7	> 98,6	< 0,7	vrlo dobra
≥ 0,7 < 4,8	> 90,4 ≤ 98,6	≥ 0,7 < 4,8	dobra
≥ 4,8 ≤ 7,7	≥ 82,3 ≤ 90,4	≥ 4,8 ≤ 10	zadovoljavajuća
> 7,7	< 82,3	> 10	nezadovoljavajuća

(Kachmann, S. D., Smith, J. A. 1995.)

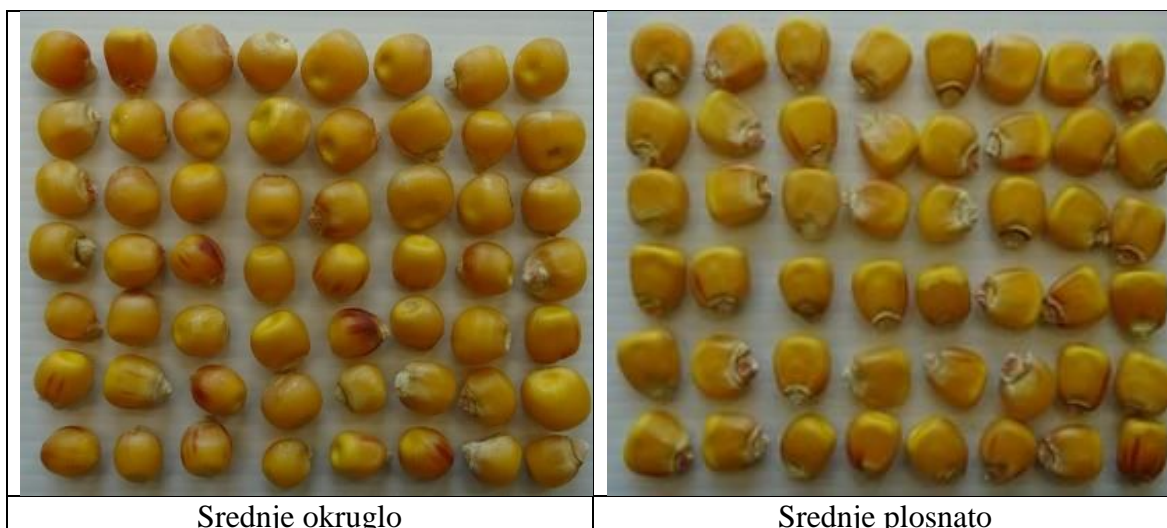
3.2. Ispitivani hibrid

U istraživanja su ispitivane četiri frakcije: krupno plosnato (KP), krupno okruglo (KO), srednje okruglo (SO) i srednje plosnato sjeme hibrida kukuruza H₁. Hibrid H₁ svrstava se u FAO- skupinu 400, a namijenjen je za proizvodnju zrna, ali zbog više, lisnatije i robusnije stabljike ostvaruje izvrsne rezultate u proizvodnji rane silaže. Klip je cilindričan, nešto krupniji i srednje visoko postavljen, sa 16 do 18 redova zrna u tipu pravoga zubana. S dobrim omjerom klipa i stabljike pogodan je i za proizvodnju silaže. Stabljika je srednje visine, robusna, s bujnim listovima i visoke tolerantnosti na polijeganje. Preporučeni sklop za proizvodnju zrna je 70.000 biljaka po hektaru PIOS (2019). Mjerenja osnovnih svojstava debljine, širine i duljine zrna korištenoga sjemena po frakcijama ispitivanog hibrida obavljeno je pomičnim digitalnim mjerilom tvrtke *INSIZE* (Kina), kod slučajno odabranih 200 zrna.



Slika 4. Oblik frakcija zrna hibrida korištenih u istraživanju

Izvor: I. Kamenčak



Slika 5. Oblik frakcija zrna hibrida korištenih u istraživanju

Izvor: I. Kamenčak

3.3. Podtlačna pneumatska sijačica PSK4-OLT Osijek za sjetvu okopavina

Sijačica metalske industrije Osijek prema načinu rada svrstava se u grupu podtlačnih sijačica koje sjemenke izdvajaju uporabom podtlaka. Sijačica je proizvedena prema kupljenom odobrenju od Francuske tvrtke pod nazivom „Nodet gougs pneumasem II“ još davne 1982. godine. Osnovna značajka pneumatske sijačice temelji se na rotaciji vertikalne sjetvene ploče između komore s podtlakom i kućišta sa sjemenom. Zrna se uslijed razlike tlakova priljubljuju na otvore sjetvene ploče, a skidač viška zrna odstranjuje suvišna zrna tako da na svakom otvoru ostaje samo po jedno sjeme a rotacijom ploča donosi zrno do prostora atmosferskog tlaka te se sjemenka odvaja od ploče i pada djelovanjem sile gravitacije u brazdicu koju je otvorio ulagač te se na taj način ostvaruje pojedinačna sjetva. Izmjenom ploča s različitim brojem i promjerom otvora, sijačicom se može obavljati sjetva većeg broja poljoprivrednih kultura. Pogon sjetvenih sekcija je centralni pomoću pneumatskih kotača lančastim načinom do pogonskog vratila i mjenjača. Mjenjačem određuje prijenosni odnos za pogon sjetvenog vratila, odnosno razmak zrna unutar reda.

Korišteno sjeme ne mora biti kalibrirano ali bolji se uspjeh sjetve postiže uporabom što ujednačenog oblika i mase sjemena. Proizvodnja sijačica obavlja se kao 2, 4, 6, 8 i 12 redna, te se mogu opremiti dodatnim uređajima kao što su sustav za gnojidbu i sustav za aplikaciju granuliranih insekticida. Svaka sijačica može se agregirati sa traktorom ovisno o kategoriji prikapčanja.

Tablica 2. Tehnički podaci sijačice PSK4 (OLT)

Izvedba sijačice		PSK-4
Tip sijačice		ovjesna - nošena
Broj redova		4
Najmanji razmak redova (cm)		40
Najmanji razmaci zrna u redu (cm)		1,5
Dubina ulaganja zrna (cm)		2 do 8
Razmak sjetve u redu – kukuruz (cm)		6 – 21 cm, 12 kombinacija
Razmak sjetve u redu – šećerna repa (cm)		9 – 32 cm, 12 kombinacija
Volumen spremnika za:	sjeme (dm ³ /1 redu)	18 ili 26 ili 36
	gnojivo (dm ³ /2 reda)	90 ili 120
	insekticide (dm ³ /1 redu)	15
Potrebna snaga traktora (kW)		30
Brzina rada (km/h)		6 do 10
Najveći broj okretaja PVT-a traktora		540 min ⁻¹
Preporučeni broj okretaja PVT-a traktora pri sjetvi		480 do 500 min ⁻¹
Kategorija priključenja II		klinovi na donjim podiznim polugama Ø 28.7 5 mm, klin gornje podizne poluge Ø 25.5 mm, razmak donjih podiznih poluga 870 mm

Pneumatska sijačica se sastoji od pojedinih elemenata povezanih u jednu cjelinu, a to su: Trotočje i noseća greda, sjetveni uređaj, radijalni ventilator, mjenjačka kutija i prijenosnici, zagrtaič sjemena i nagazni kotač, markeri, te dodatna oprema.

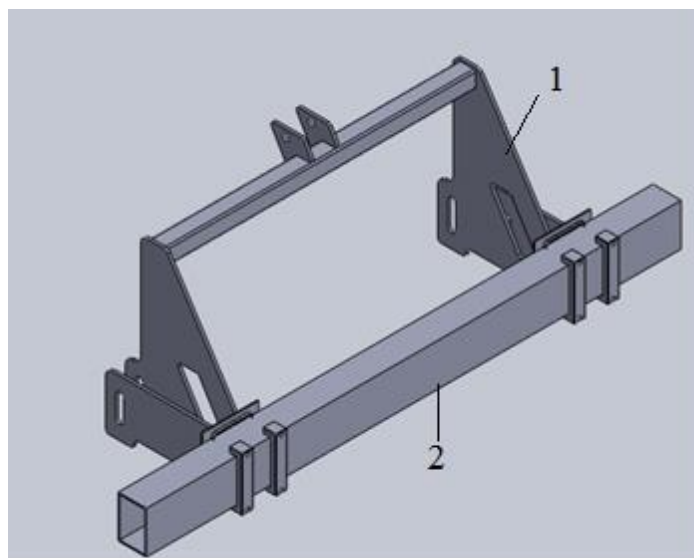


Slika 6. Pneumatska sijačica PSK4

Izvor: I. Kamenčak

Trotočje i noseća greda

Podtlačna pneumatska sijačica sastoji se od nosećeg okvira kojeg sačinjava noseća greda i trotočje. Na noseću gredu paralelogramski su povezane sjetvene sekcije te se na taj način svakoj sijaćoj sekciji omogućava zasebno kopiranje uzdužnih neravnina tla pri sjetvi.



Slika 7. Trotočje PSK4 sijačice

Izvor: L. Kurkutović

Trotočje je napravljeno u obliku jednako straničnog trokuta tako da su priključne točke na samom vrhu trokuta. Trotočje je povezano s glavnom nosećom gredom pomoću vijaka radi potrebe pomicanja sjetvenih sekcija radi podešavanja razmaka redova u sjetvi. Greda je izrađena od čelične pravokutne cijevi, dimenzija 80 x 100 mm i debljine stijenke od 8 mm. duljina grede ovisi o broju sjetvenih sekcija odnosno za PSK4 iznosi 2950 mm.

Trotočje i noseća greda povezuju pogonski stroj i sijačicu, kao i ostale radne elemente u jednu cjelinu. Kod sijačice PSK4 trotočje je izrađeno od čeličnih ploča i cijevi međusobno spojeni varovima te čine vrlo čvrsti konstrukcijski element radi sila koje se javljaju pri vuči a naročito pri transportu.

Sjetvena sekcija

Sjetvene sekcije imaju dvije standardne izvedbe za sjetvu kukuruza i šećerne repe.



Slika 8. Različite izvedbe sjetvenih sekcija za sjetvu kukuruza

Izvor: I. Kamenčak

Sjetveni aparat se sastoji od:

- Spremnika za zrno,
- Komore sa sjetvenom pločom,
- Skidač viška sjemena,
- Mehanizma za pogon sjetvene ploče.
- Plastična cijev za pod tlak,
- Ulagača

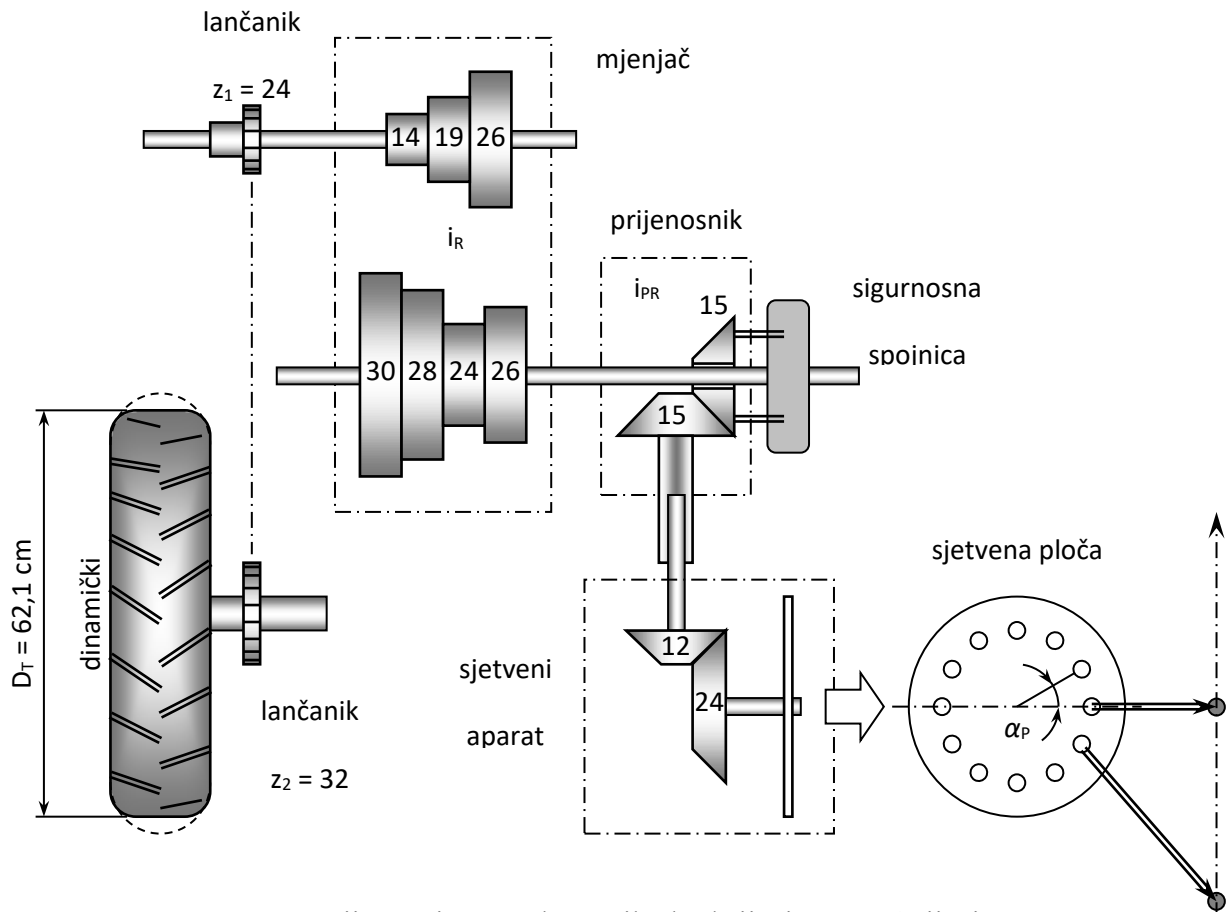


Slika 9. Komora za sjeme (lijevo) i skidač viška sjemena (desno)

Izvor: I. Kamenčak

Mjenjačka kutija i prijenosnici

Razmak zrna u redu ovisi prvenstveno o agrotehničkim zahtjevima uzgajjanog hibrida ili sorte. Sjetvu na zahtijevani razmak u redu nije moguće ostvariti bez mogućnosti promijene prijenosnog odnosa voznog kotača i sjetvene ploče.



Slika 10. Prijenosni sustav lančanika kod sijačice PSK4 sijačice

Izvor: A. Banaj

Promjenu međusobnog odnosa voznog kotača i sjetvene ploče omogućeno je kod sijačice PSK4 primjenom mehaničke kutije postavljene između gornjeg i donjeg vratila sijačice. Podešavanje razmaka zrna pri sjetvi u redu postiže se kombinacijom sjetvenih ploča s različitim brojem otvora i prijenosnog odnosa na mjenjačkoj kutiji lančaničkog prijenosa. Na mjenjačkoj kutiji mogu se odabrati dvanaest kombinacija, koje su iz praktičnih razloga prikazane u poklopcu reduktora.

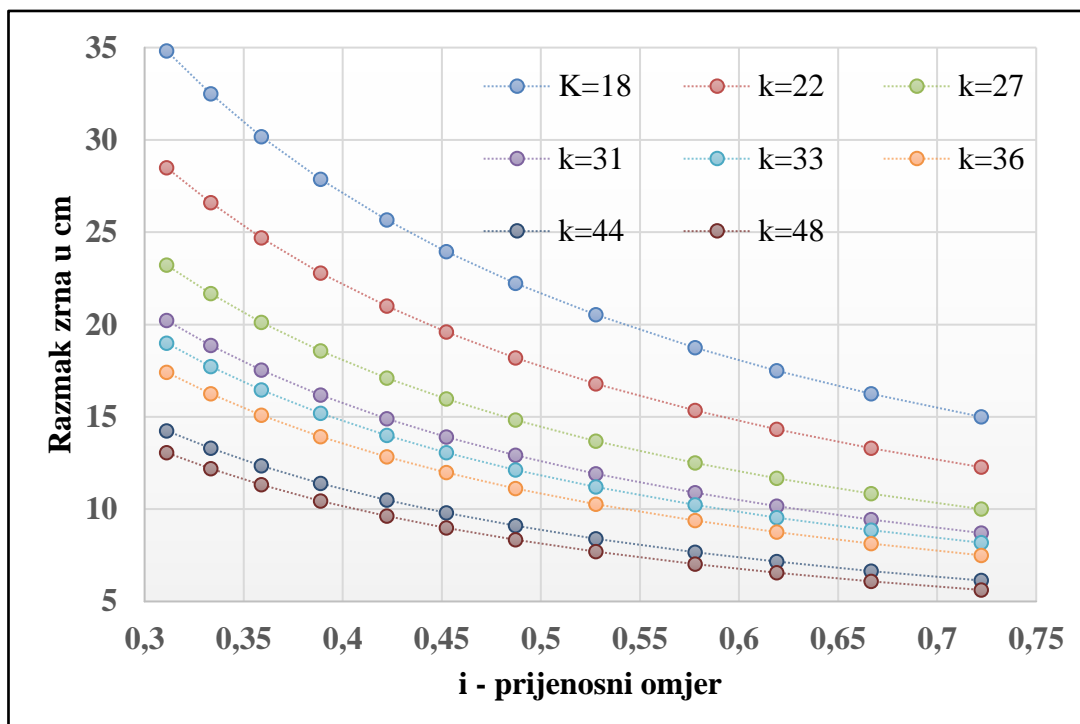


Slika 11. Mjenjačka kutija (lijevo) i pogon od voznog kotača (z32) prema gornjem vratilu (z24) lančanim prijenosom (desno)

Izvor: I. Kamenčak

Tablica 3. Teoretski razmak sjetve u cm kod sjetvenih ploča s različitim brojem otvora s dinamičkim promjerom pogonskog kotača od 62,1 cm te pogonskim lančanicom $z=32$ i s lančanicom $z=24$ na spojni gornjeg vratila

Prijenosna oznaka mjenjača	Prijenosni omjer (i)	BROJ OTVORA NA SJETVENOJ PLOČI							
		18	22	27	31	33	36	44	48
3B	0,722222	15,00	12,272	10,00	8,709	8,181	7,500	6,136	5,625
4A	0,666667	16,250	13,295	10,833	9,435	8,864	8,125	6,648	6,094
2C	0,619048	17,500	14,318	11,667	10,161	9,545	8,750	7,159	6,562
1D	0,577778	18,750	15,341	12,500	10,887	10,227	9,375	7,670	7,031
4B	0,527778	20,526	16,794	13,684	11,919	11,196	10,263	8,397	7,697
5A	0,487179	22,237	18,194	14,825	12,912	12,129	11,118	9,097	8,339
3C	0,452381	23,947	19,593	15,965	13,905	13,062	11,974	9,797	8,980
2D	0,422222	25,658	20,993	17,105	14,898	13,995	12,829	10,496	9,622
5B	0,388889	27,857	22,792	18,571	16,175	15,195	13,929	11,396	10,446
6A	0,358974	30,179	24,692	20,119	17,523	16,461	15,089	12,346	11,317
4C	0,333333	32,500	26,591	21,667	18,871	17,727	16,250	13,295	12,188
3D	0,311111	34,821	28,490	23,214	20,219	18,994	17,411	14,245	13,058



Slika 12. Teoretski razmak zrna u sjetvi primjenom ploča s 18, 22, 27, 31, 33, 36, 44 i 48 otvora (k) pri različitim prijenosnim omjerima (i).

Izvor: I Kamenčak

Radijalni ventilator sijačice PSK4

Radijalni ventilator služi za stvaranje podtlaka izvlačenjem zraka kroz gumirana gibljiva crijeva iz sjetvenih uređaja. Vratilo ventilatora dobiva pogon od priključnog vratila traktora preko kardanskog vratila. Tlak zraka u sustavu se mijenja promjenom brzine vrtnje priključnog vratila traktora. Radijalni ventilator kod sjetve kukuruza mora imati od 450 do 540 min^{-1} priključnog vratila traktora. Kardansko vratilo traktora povezano je na pogonsko vratilo ventilatora na kojemu se nalazi velika pogonska remenica. Pogonska remenica pomoću širokog klinastog remena rotaciju prenosi na manju remenicu radijalnog ventilatora u omjeru 1:8. Ventilator se nalazi u hermetički zatvorenom limenom kućištu širine 60 mm koje je pričvršćeno na trotočje sijačice. Na vanjskom kućištu ventilatora postavljen je razdjelnik kojim se usmjeruje zračna struja iz svakog sjetvenog uređaja sijačice. Razdjelnik ima onoliko ulaza koliko ima sjetvenih sekcija.



Slika 13. Radijalni ventilator sijačice PSK4

Izvor: I. Kamenčak

Prilikom okretanja radijalni ventilator kroz razdjelnik kroz gumirana crijeva uvlači zrak iz sjetvene komore. Tako se s jedne strane sjetvene ploče stvara podtlak koji se na komoru sa sjemenom prenosi kroz otvore na sjetvenoj ploči, te na njih priljubljuje zrno, dok ventilator zadržava stalan podtlak. Nastali podtlak mjeri se manometrom koji se može postaviti i u kabinu traktora, a vrijednosti iznose od 45 do 50 mbar. Podešavanjem brzine okretaja vratila ventilatora na 3200 min^{-1} (400 min^{-1} PVT-a), kod sijačice *PSK4*, s popunjenim sjetvenim pločama $n=22$ otvora $\varnothing 5,5 \text{ mm}$, ostvaren je podtlak od 2,7 kPa. Povećanjem broja okretaja vratila ventilatora na 4.320 min^{-1} (540 min^{-1} PVT-a) ostvaren je podtlak od 4,5 kPa.

Istraživanje ostvarenih razmaka obavljeno je pri triju radnim brzinama, $v_1=4$, $v_2=8$ i $v_3=10$ km h⁻¹, odnosno pri obodnoj brzini ploča 0,162, 0,647, 1,011 m s⁻¹ te kod položaja skidača viška sjemena na oznakama 10, 15, 20 i 25. Simulacija sjetve obavljena je na teorijski razmak 19,59 cm kod dinamičkoga promjera pogonskoga kotača $D_d=62,10$ cm i prijenosnoga odnosa $i=0,452$ (proizvođačka oznaka kombinacije 3C) te s pogonskim lančanicom $z_1=32$. Sijačica tipa "PSK" pneumatskog je principa sjetvenog aparata koji joj omogućava univerzalnost primjene za sve širokoredne kulture. U osnovnoj izvedbi namijenjena je za sjetvu kukuruza, a dodatnom opremom i izmjenom sijaćih ploča omogućena je mnogostruka primjena i u sjetvi šećerne repe, soje, suncokreta te povrtlarskih kultura.

4. REZULTATI

Istraživanje je provedeno u Zavodu za poljoprivrednu tehniku i obnovljive izvore energije na ispitnom stolu pri simulaciji rada sjetve sijačice *PSK 4 OLT*. Laboratorijski dio istraživanja obavljen je radi dobivanja saznanja o optimalnom položaju skidača sjemena i optimalnom podtlaku na sjetvenim pločama za hibrid kukuruza korištenog u istraživanju.

4.1. Sjeme hibrida kukuruza korištenih u istraživanju

Za potrebe simulacije sjetve korišteno je sjeme hibrida kukuruza kupljeno u prodajnoj mreži s prostora Republike Hrvatske u pakiranju po 25 000 sjemenki. Sjeme hibrida H1, prema pratećoj deklaraciji, pakirano je tijekom ožujka 2020. godine te proizvedeno u Hrvatskoj. Utvrđene neke statističke vrijednosti oblika zrna kukuruza primijenjenog ispitivanju prikazane su u narednoj tablici.

Tablica 4. Statističke odlike sjemena ispitivanog hibrida H₁

K.O. frakcija									
	I	II	III	IV	\bar{x}	s.d.	KV	Min	Max
Aps. masa	374	371	381	371	374,25	4,717	1,26	371	381
Hekt.masa	65	67	62,8	69,9	66,175	3,018	4,56	62,8	69,9
Vlaga (%)	9,7	10,2	9,9	10	9,95	0,208	2,09	9,7	10,2
K. P. frakcija									
Aps. masa	319	327	305	323	318,5	9,574	3,01	305	327
Hekt.masa	73,1	70,7	68,5	69,5	70,45	1,982	2,81	68,5	73,1
Vlaga (%)	10,5	10,6	10,5	10,6	10,55	0,058	0,55	10,5	10,6
S. O. frakcija									
Aps. masa	313	316	323	322	318,5	4,796	1,51	313	323
Hekt.masa	69,9	67,9	70	71,7	69,875	1,554	2,22	67,9	71,7
Vlaga (%)	10,1	10	10,2	10	10,075	0,096	0,95	10	10,2
S. P. frakcija									
Aps. masa	296	287	283	282	287	6,377	2,22	282	296
Hekt.masa	72,3	68,9	71,3	67,3	69,95	2,271	3,25	67,3	72,3
Vlaga (%)	18,9	10,4	10,3	10,4	12,5	4,267	34,14	10,3	18,9

Tablica 5. Opisna statistika za dimenzije sjemena hibrida H₁ korištenog u istraživanju

Statističke vrijednosti	\bar{x}	σ	K.V. (%)	Minimum	Maksimum	Očekivana vrijednost aritmetičke sredine (pouzdanost 95 %)	
Hibrid – 4014 – frakcija K.O							
Debljina	6,83	1,010	14,78	5,00	9,66	6,63	7,03
Širina	8,80	0,774	8,79	7,21	11,03	8,64	8,95
Dužina	9,79	1,006	10,27	7,36	12,17	9,59	9,99
Hibrid – 4014 - frakcija K.P.							
Debljina	4,899	0,380	7,76	4,13	6,13	4,823	4,974
Širina	8,626	0,652	7,56	6,81	10,36	8,496	8,755
Dužina	10,696	0,649	6,07	9,11	12,28	10,567	10,825
Hibrid – 4014 – frakcija S.O.							
Debljina	6,788	1,020	15,03	5,56	10,91	6,585	6,991
Širina	8,240	1,038	12,60	6,17	11,12	8,034	8,447
Dužina	9,674	0,840	8,68	6,47	12,07	9,507	9,841
Hibrid – 4014 – frakcija S.P.							
Debljina	5,16	1,089	21,10	3,83	11,41	4,953	5,385
Širina	8,13	0,896	11,02	5,51	9,99	7,953	8,309
Dužina	10,40	0,745	7,16	7,96	12,05	10,254	10,550

4.2. Rezultati ostvarenih vrijednosti podtlaka kod sijačice PSK4

Podtlak je najvažniji tehnički čimbenik sjetve jer o njemu ovisi priljubljenost zrna o sjetvenu ploču i mogućnost prijanjanja/držanja na istoj. Ako je skidač viška sjemena loše postavljen, (preblizu otvora sjetvene ploče) on će dodirivati sjemenku nastojeći je pomaknuti s otvora sjetvene ploče, ali sjemenka ne bi trebala pasti u ulagač sjemena, jer će je odgovarajući podtlak ipak držati na otvoru sjetvene ploče. Stvaranje konstantnog podtlaka omogućeno je rotacijom rotora s lopaticama ventilatora pogonjenog preko kardanskog vratila traktora. Preporuka proizvođača strojeva je primjena standardnog broja okretaja od 540 min⁻¹, međutim ovisno o obliku i masi sjemena broj okretaja znatno može biti i manji. Dobiveni rezultati mjerenja prikazani su u narednoj tablici.

Tablica 6. Ostvarene vrijednosti podtlaka u kPa kod određenog broja okretaja PVT-a

Broj okretaja PVT-a	Podtlak kPa	Broj okretaja PVT-a	Podtlak kPa
544	4,93	431	3,90
539	4,86	427	3,89
531	4,80	422	3,80
526	4,75	416	3,75
520	4,70	410	3,70
514	4,65	406	3,65
509	4,60	400	3,60
503	4,55	394	3,55
498	4,50	389	3,50
492	4,45	383	3,45
487	4,40	378	3,40
481	4,35	373	3,35
481	4,30	367	3,30
471	4,25	362	3,25
465	4,19	356	3,20
459	4,14	350	3,16
455	4,12	345	3,10
449	4,05	338	3,05
443	4,00	335	3,01
438	3,95	331	2,97

Popunjene sjetvene ploče n=22

4.3. Rezultati istraživanja u laboratoriju pri simulaciji sjetve sijačice PSK

Dobiveni rezultati sjetve sijačice PSK prikazano je u narednim tablicama i slikama.

Slika 14. Skupni prikaz izmjerenih razmaka pri različitim uvjetima rada

Izvor: I. Kamenčak

Tablica 7. Ostvareni prosječni razmaci zrna unutar reda pri različitim brzinama gibanja u sjetvi i položaja skidača viška sjemena uz podtlak $p=27,65$ mbar kod hibrida H_1

	Brzina / položaj oznake skidača viška sjemena											
	4/10	4/15	4/20	4/25	8/10	8/15	8/20	8/25	10/10	10/15	10/20	10/25
Frakcija H_1 - KP												
\bar{x}	19,18	19,12	18,90	19,02	19,58	19,46	19,46	19,39	20,28	19,85	20,04	19,72
R(cm)	-0,41	-0,47	-0,69	-0,57	-0,01	-0,13	-0,13	-0,20	0,69	0,26	0,45	0,13
O(%)	-2,11	-2,40	-3,53	-2,91	-0,07	-0,65	-0,64	-1,04	3,52	1,33	2,31	0,66
std	1,45	1,91	2,28	2,12	4,39	3,78	3,79	3,71	5,98	5,34	6,17	5,05
KV	7,54	9,99	12,09	11,14	22,44	19,45	19,50	19,14	29,49	26,91	30,78	25,59
Frakcija H_1 - KO												
\bar{x}	19,32	19,30	19,30	19,06	20,99	20,83	20,62	20,51	26,44	24,58	23,26	22,48
R(cm)	-0,27	-0,29	-0,29	-0,53	1,40	1,24	1,03	0,92	6,85	4,99	3,67	2,89
O(%)	-1,36	-1,47	-1,50	-2,72	7,14	6,31	5,23	4,72	34,98	25,45	18,72	14,73
std	1,84	2,18	2,49	2,35	4,45	3,85	3,88	3,75	6,05	5,42	6,22	5,11
KV	9,53	11,28	12,89	12,32	21,22	18,50	18,84	18,27	22,90	22,05	26,77	22,72
Frakcija H_1 - SO												
\bar{x}	19,23	19,25	19,19	19,21	20,17	20,11	19,73	19,96	23,27	21,51	22,07	21,23
R(cm)	-0,36	-0,34	-0,40	-0,38	0,58	0,52	0,14	0,37	3,68	1,92	2,48	1,64
O(%)	-1,85	-1,74	-2,04	-1,93	2,97	2,67	0,72	1,88	18,81	9,82	12,65	8,38
std	2,05	2,34	2,56	2,46	4,48	3,88	3,95	3,81	6,10	5,45	6,17	5,17
KV	10,64	12,14	13,36	12,82	22,19	19,30	20,00	19,10	26,21	25,33	27,95	24,34
Frakcija H_1 - SP												
\bar{x}	19,17	18,96	18,73	18,60	19,37	19,26	19,19	19,15	19,65	19,36	19,34	19,36
R(cm)	-0,42	-0,63	-0,86	-0,99	-0,22	-0,33	-0,40	-0,44	0,06	-0,23	-0,25	-0,23
O (%)	-2,15	-3,22	-4,40	-5,07	-1,13	-1,67	-2,03	-2,24	0,30	-1,17	-1,27	-1,16
std	2,22	2,48	2,63	2,57	4,54	3,95	4,01	3,86	6,12	5,47	6,17	5,22
KV	11,59	13,10	14,05	13,82	23,42	20,48	20,90	20,17	31,13	28,26	31,89	26,94

R (cm) = teoretski razmak 19,593cm umanjen za ostvareni prosječni razmak cm; O (%) =otklon

Ostvarene prosječne vrijednosti razmaka zrna u redu sa različitim postavkama sjetve (frakcije zrna, položaj skidača sjemena, broj okretaja pogonskog vratila i brzina sjetve) prikazane su u Tablici 8.

Tablica 8. Ostvareni prosječni razmaci zrna unutar reda pri različitim brzinama gibanja sijačice u sjetvi i položaja skidača viška sjemena uz podtlak p=45,58 mbar kod hibrida H₁

	Brzina/položaj-oznaka skidača viška sjemena											
	4/10	4/15	4/20	4/25	8/10	8/15	8/20	8/25	10/10	10/15	10/20	10/25
Frakcija H ₁ - KP												
\bar{x}	19,16	19,10	18,86	18,40	19,19	19,06	19,07	18,81	19,35	19,19	19,39	19,25
R(cm)	-0,43	-0,49	-0,73	-1,19	-0,40	-0,53	-0,52	-0,78	-0,24	-0,40	-0,20	-0,34
O (%)	-2,22	-2,51	-3,72	-6,05	-2,04	-2,71	-2,68	-3,99	-1,23	-2,06	-1,03	-1,72
std	1,73	2,10	2,42	2,28	4,45	3,82	3,85	3,78	6,03	5,39	6,20	5,08
KV	9,02	10,97	12,85	12,37	23,19	20,06	20,21	20,09	31,16	28,09	31,99	26,37
Frakcija H ₁ - KO												
\bar{x}	19,15	19,09	19,10	19,00	19,29	19,19	19,23	19,07	19,42	19,33	19,31	19,32
R(cm)	-0,44	-0,50	-0,49	-0,59	-0,30	-0,40	-0,36	-0,52	-0,17	-0,26	-0,28	-0,27
O (%)	-2,25	-2,55	-2,50	-3,01	-1,53	-2,04	-1,84	-2,65	-0,87	-1,33	-1,43	-1,38
std	1,75	1,94	2,52	3,35	3,41	3,44	3,74	3,75	4,63	4,78	5,51	6,29
KV	9,16	10,16	13,19	17,64	17,66	17,91	19,46	19,65	23,83	24,72	28,55	32,56
Frakcija H ₁ - SO												
\bar{x}	19,19	19,12	18,98	18,96	19,17	19,10	19,17	19,19	19,37	19,35	19,31	19,21
R(cm)	-0,40	-0,47	-0,61	-0,63	-0,42	-0,49	-0,42	-0,40	-0,22	-0,24	-0,28	-0,38
O (%)	-2,04	-2,40	-3,11	-3,22	-2,14	-2,50	-2,14	-2,04	-1,12	-1,23	-1,43	-1,94
std	1,76	1,89	2,53	3,36	3,40	3,45	3,75	3,76	4,64	4,80	5,51	6,27
KV	9,18	9,87	13,31	17,74	17,75	18,06	19,54	19,61	23,98	24,79	28,54	32,66
Frakcija H ₁ - SP												
\bar{x}	19,00	19,19	18,78	17,94	19,10	19,00	18,69	18,71	19,13	19,15	19,21	18,62
R cm)	-0,59	-0,40	-0,81	-1,65	-0,49	-0,59	-0,90	-0,88	-0,46	-0,44	-0,38	-0,97
O (%)	-3,01	-2,04	-4,13	-8,42	-2,50	-3,01	-4,59	-4,49	-2,35	-2,25	-1,94	-4,95
std	1,77	1,88	2,54	3,34	3,41	3,43	3,71	3,78	4,63	4,76	5,50	6,25
KV	9,29	9,82	13,51	18,63	17,88	18,05	19,87	20,20	24,20	24,85	28,63	33,56

R (cm) =teoretski razmak 19,593cm umanjen za ostvareni prosječni razmak cm; O (%)=otklon

Iz Tablice 7. može se uočiti da je najmanja dobivena prosječna postotna odstupanja pri simulaciji sjetve, kod uporabe sjemena oblika KP i KO zabilježena pri brzini gibanja sijačice od 8 km h^{-1} i pri položaju skidača sjemena na oznaci 10 (KP -0,07% i KO -0,32%). Nešto veća odstupanja zabilježena su pri istoj brzini gibanja kod položaja skidača na oznakama 15 i 20. Isto tako pri simulaciji sjetve sjemenom SO i SP oblika najbolji prosječni postotni rezultati ostvareni su pri brzini gibanja od 10 km h^{-1} i kod položaja skidača na oznaci 25 (SO +0,44% i SP +0,39%).

Najmanja prosječna postotna odstupanja (-0,17%) (Tablica 8.) zabilježena su kod oblika sjemena KP pri brzini gibanja od 8 km h^{-1} kod položaja skidača viška sjemena na oznaci 10. Kod uporabe sjemena KO, SO i SP najbolji rezultati zabilježeni su kod položaja skidača na oznaci 20 pri brzini gibanja od 10 km h^{-1} (KO -1,09 %, SO -1,19 % i SP -1,24%). Promatranjem dobivenih vrijednosti razmaka kod svih oblika sjemena u odnosu na teoretski razmak pri brzini gibanja od 4 km h^{-1} s položajem skidača na oznaci 20 uočavaju se slični prosječni rezultati otklona.

Dobiveni koeficijenti kvalitete rada sijačice *PSK4* pri simulaciji na ispitnom stolu uz primjenu pojedinih frakcija kod oba hibrida prikazani su u Tablici 9.

Tablica 9. Ostvareni indeksi kvalitete sjetve pri brzini gibanja $v_1 = 4 \text{ km h}^{-1}$ i $v_3 = 10 \text{ km h}^{-1}$ u radu sijačice *PSK4* kod upotrebe frakcija ispitivanog hibrida

Indeks kvalitete sjetve (ISO standard 7256/1 i 7256/2)	$v_1 = 4 \text{ km h}^{-1}$ oznaka skidača=10				$v_3 = 10 \text{ km h}^{-1}$ oznaka skidača=25			
	Hibrid H ₁ - frakcije sjemena							
	KP	KO	SO	SP	KP	KO	SO	SP
<i>MULT indeks</i>	0,3	0,2	0	0,9	2,3	1,5	1,2	6,3
<i>QFI indeks</i>	99,7	99,8	100	99,1	96,7	96,9	97,8	91,2
<i>MISS indeks</i>	0	0	0	0	1,0	1,6	1,0	2,5

$z_1=32$; $i = 0,452$ (proizvođačka oznaka kombinacije 3C; $p= 45,58 \text{ mbar}$; $D_d=62,10 \text{ cm}$; $n=22$; $\varnothing 5,5 \text{ mm}$; Skidač viška sjemena = oznaka 10.

Iz Tablice 9. vidljivo je da podtlačna sijačica *PSK4* na ispitnom stolu pri brzini gibanja od 4 km h^{-1} i s položajem skidača sjemena na oznaci 10 ostvaruje visoke koeficijente kvalitete

sjetve te se temeljem ostvarenog *QFI indeks* $>98,6$ % može svrstati u grupu vrlo dobrih sijačica. Kod ove brzine gibanja sijačice ispitivani oblici sjemena nisu značajno utjecali na ostvarenje razmake u sjetvi. Međutim pri brzini gibanja $v_3=10$ km h⁻¹ došlo je kod oba hibrida do narušavanja *QFI indeksa* a samim time svrstala se u kategoriju dobrih sijačica (*QFI indeksa* $>90,4$ do $\leq 98,6$). Kod hibrida H_1 najniža zabilježena vrijednost *QFI indeksa* od 91,2 utvrđena je simulacijom sjetve kod SP oblika sjemena.

5. RASPRAVA

Kvaliteta sjetve kukuruza ovisi o većem broju čimbenika. Jedan od važniji je svakako izbor oblika sjemena na kojeg rukovatelj u sjetvi ne može utjecati. Podešavanje sijačice prije sjetve također direktno utječe na kvalitetu sjetve. Pozornost treba posvetiti sustavu za izuzimanje sjemenki koji se mora prilagoditi za sjetvu određenih veličina te oblika sjemena. Važnost podešavanja prema navodima Banaj A. i sur. (2017.) temelji se činjenicom da u vrijeme berbe nedostaje između 7 do 12 % biljaka planiranog teorijskog sklopa. Rad pneumatskih sijačica temelji se na rotaciji vertikalne sjetvene ploče između komore s podtlakom i komore sa sjemenom. Zrna se, uslijed razlike tlakova, priljubljuju na otvore sjetvene ploče, a skidač viška sjemena odstranjuje suvišna zrna tako da na svakom otvoru ostaje samo jedna sjemenka. Milenković i Barač (2010.) ukazuju da u proizvodnji kukuruza utječu mnogi čimbenici, a jedan od njih je brzina gibanja kao i tip sijačice. Lauer (2001.) navodi da je brzina sjetve uvjetovana s više čimbenika kao što su: priprema tla, nagib parcele itd.

Staggenborg i sur. (2004.) navode da pravilno podešavanje sijačice ima važnu ulogu u ukupnoj proizvodnji kukuruza. Također navode da brzina sjetve nepovoljno utječe na ujednačenost razmaka biljaka u sjetvi.

Nakon odabira podtlaka i hibrida te podešavanja prijenosnog odnosa, treba pristupiti podešavanju skidača sjemena s obzirom na oblik i veličinu zrna. Preciznost sjetve sijačicom *PSK* - *OLT* obavljeno je pri simulaciji brzina gibanja od 4 km h^{-1} , 8 km h^{-1} i 10 km h^{-1} .

Početna pretpostavka bila je da će se povećanjem brzine gibanja i pri uporabi različitih frakcija smanjivati točnost izbacivanja sjemenki kukuruza.

Najveća preciznost ostvarena je pri brzini od 4 km h^{-1} dok je povećanjem brzine na 8, i 10 km h^{-1} utvrđena smanjena preciznost raspodjele zrna unutar reda u odnosu na teorijski razmak. Dobiveni rezultati razmaka zrna kod uporabe zadanog hibrida, te utjecaj brzine i oblika sjemena nije moguće znanstveno definirati jer u ovom istraživanju nisu uzeti u obzir utjecaj položaja skidača viška sjemena kao i razina podtlaka. Stoga sa znanstvenog stajališta nije moguće utvrditi utjecaj oblika sjemena kao i utjecaj brzine gibanja sijačice na prosječni ostvareni razmak u odnosu na očekivani teoretski razmak.

6. ZAKLJUČAK

Provedenom simulacijom sjetve na ispitnom stolu utvrđena je statistički značajna razlika utjecaja različitih oblika/frakcija zrna, položaja skidača sjemena, podtlaka i brzine gibanja sijačice na razmak zrna unutar reda kod oba istraživana hibrida. Primjenom podtlaka 27,65 mbar kod oba hibrida zabilježeni su veći razmaci u sjetvi što je uzrokovano praznim mjestima na sjetvenoj ploči. Povećanjem podtlaka na 45,58 mbar došlo je do približavanja ostvarenih razmaka kod oba hibrida očekivanom teoretskom razmaku (19,593 cm). Oba ispitivana hibrida primjenom sva četiri oblika sjemena ostvarili su statistički značajne razlike razmaka sjemena unutar reda. Frakcija SO ostvarila je najmanji otklon od teorijskog razmaka sjemena unutar reda. Položaj skidača viška sjemena značajno utječe na kvalitetu sjetve. Najoptimalniji položaj skidača viška sjemena u ovom istraživanju bio je na položaju 10 pri ostalim različitim čimbenicima sjetve. Povećanjem brzine gibanja sijačice iznad 8 km ha⁻¹ narušava se kvaliteta sjetve. Simulacijom gibanja sijačice brzinom od 4 km i položajem skidača sjemena na oznaci 10 ostvaren je visoki koeficijent kvalitete sjetve *QFI indeks* > 98,6 %, te se PSK4 sijačica može svrstati u grupu vrlo dobrih sijačica.

7. POPIS LITERATURE

1. Banaj, Đ., & Šmrčković, P. (2002). Upravljanje poljoprivrednom tehnikom. Udžbenik, *Poljoprivredni fakultet u Osijeku*.
2. Banaj, A., Šumanovac, L., Heffer, G., Tadić, V., & Banaj, Đ. (2017). Yield of corn grain by sowing in twin rows with MaterMacc-2 planter. In *Proceedings of the 45th International Symposium on Agricultural Engineering, Actual Tasks on Agricultural Engineering, 21-24 February 2017, Opatija, Croatia* (pp. 141-152). University of Zagreb, Faculty of Agriculture.
3. Banaj, A., Banaj, Đ., Petrović, D., Knežević, D., & Tadić, V. (2018). Utjecaj sustava sjetve na prinos zrna kukuruza. *Agronomski glasnik*, 80(1), 35-48. <https://doi.org/10.33128/ag.80.1.3>
4. Banaj, A., Banaj, Đ., Tadić, V., Petrović, D., & Duvnjak, V. (2019a). Rezultati sjetve kukuruza sijačicom Matermacc Twin Row-2 na pokušalištu Tenja. *Proceedings of the 47th International Symposium on Agricultural Engineering: Actual Tasks on Agricultural Engineering*, 89-95.
5. Banaj, A., Banaj, Đ., Tadić, V., Petrović, D., & Stipešević, B. (2019b). Utjecaj sustava sjetve na prinos zrna kukuruza različitih FAO grupa. *Poljoprivreda*, 25(2), 62-70, <https://doi.org/10.18047/poljo.25.2.9>
6. Berus, P. (2010). *Vpliv hitrosti setve na točnost odlaganja semena pri pnevmatski podtlačni sejalnici za koruzo* (Doctoral dissertation, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta), pp. 70.
7. Bilandžić, M., & Vitas, N. (1991). Određivanje razmaka zrna u redu sijačice OLT-PSK aktivacijom interval isijavanja zrna osobnim računalom. *Scientific International Symposium: Actual Tasks on Agricultural Engineering*, 173-180.
8. Bozdoğan, A. M. (2008). Seeding uniformity for vacuum precision seeders. *Scientia Agricola*, 65(3), 318-322. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000300013>
9. Bracy, R. P., & Parish, R. L. (1998). Seeding uniformity of precision seeders. *HortTechnology*, 8(2), 182-185. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.8.2.182>
10. Fanigliulo, R., & Pochi, D. (2011). Air-flow distribution efficiency of a precision drill used in the sowing of different graded seeds. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 1(5), 655-662.
11. Guberac, V., Marić, S., & Tolušić, Z. (2001). Ekonomski učinak kalibriranja u doradi sjemenskog kukuruza. *Sjemenarstvo*, 18(1-2), 19-29.

12. Internacional Standard ISO 7256/2, Sowing equipment, Test methods, Part 2: Seed drills for sowing in lines. Geneve, Switzerland, 7256/2, 1984.
13. International standard ISO 7256/1, Sowing equipment, Test methods, Part 1: Single seed drills (precision drills). Geneve, Switzerland, 7256/1, 1984.
14. Kachmann, S. D., & Smith, J. A. (1995). Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering, *Transaction of the American Society of Agricultural Engineers*, 8(2): 379-387. <https://doi.org/10.13031/2013.27843>
15. Karayel, D., Wisenhoff, M., Özmerzi, A., & Müller, J. (2006). Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50(2): 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.05.005>
16. Kocher, M. F., Coleman, J. M., Smith, J. A., & Kachman, S. D. (2011). Corn seed spacing uniformity as affected by seed tube condition. *Biological Systems Engineering, Papers and Publications: Paper 194*. <https://doi.org/10.13031/2013.36484>
17. Lauer, J. G. (2001). Theoretical and experimental evaluation of within-row plant spacing in corn. In Annual Meetings Abstracts (CD-ROM). ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
18. Nielsen, R. L. (1995). Planting speed effects on stand establishment and grain yield of corn. *Journal of Production Agriculture*, 8(3), 391-393. <https://doi.org/10.2134/jpa1995.0391>
19. Ormond, A. T. S., Furlani, C. E. A., de Oliveira, M. F., de Freitas Noronha, R. H., de Oliveira Tavares, T., & de Menezes, P. C. (2018). Maize sowing speeds and seed-metering mechanisms. *Journal of Agricultural Science*, 10(9), 468-476. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n9p468>
20. PIOS (2019). <https://cdn.poljinos.hr/upload/documents/POLJINOS%20Katalog%202019.pdf>
21. SAS statistički paket: SAS Enterprise Guide 7.1 - SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
22. Schrödl, J. (1993). Was ist beim Kauf und beim Einsatz einer Einzelkornsämaschine zu beachten? *Einzelkorn-sämaschinen. DLG Prüfberichte*: 3-20.
23. Singh, R. C., Singh, G., & Saraswat, D. C. (2007). Design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting of groundnut (*Arachis hypogaea*) seeds. *Indian Journal of Agricultural Science*, 77(1), 40-42.

24. Staggenborg, S. A., Taylor, R. K., & Maddux, L. D. (2004). Effect of planter speed and seed firmers on corn stand establishment. *Applied Engineering in Agriculture*, 20(5), 573-580. <https://doi.org/10.13031/2013.17457>
25. Tadić, V., Banaj, A., Banaj, Đ., Petrović, D., & Knežević, D. (2017). Twin row technology for maize seeding. *The Third International Symposium on Agricultural Engineering*, 69-74.
26. Yazgi, A., & Degirmencioglu, A. (2007). Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology. *Biosystems Engineering*, 97(3), 347-356.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.03.013>

8. SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati kvalitete sjetve pri simulaciji na ispitnom stolu u Praktikumu za poljoprivrednu tehniku i obnovljive izvore energije na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek. Utvrđivanje kvalitete rada sijačice prikazano je pomoću koeficijenta kvalitete sjetve (*ISO standard 7256/1 i 7256/2*) odnosno indeks *MISS (miss indeks)*, *MULT (multiple indeks)* i *QFI (quality of feed indeks)*. Ispitan je utjecaj četiri različite frakcije sjemena kukuruza kod dva hibrida na kvalitetu sjetve. Simulacija sjetve obavljena je s različitim tehničkim čimbenicima podešavanja sijačice na ispitnom stolu (dva različita podtlaka, tri brzine gibanja sijačice i četiri položaja skidača viška sjemena). Provedenom simulacijom sjetve na ispitnom stolu utvrđena je statistički značajna razlika utjecaja različitih oblika/frakcija zrna, položaja skidača sjemena, podtlaka i brzine gibanja sijačice na razmak zrna unutar reda prilikom sjetve oba istraživana hibrida. Podtlačna sijačica *PSK4* na ispitnom stolu pri brzini gibanja od 4 km ha⁻¹ i položajem skidača sjemena na oznaci 10 ostvarila je visoke koeficijente kvalitete sjetve te se temeljem ostvarenog *QFI indeks > 98,6 %* može svrstati u grupu vrlo dobrih sijačica. Kod ove brzine gibanja sijačice ispitivani oblici sjemena nisu značajno utjecali na ostvarenje razmake u sjetvi. Nadalje pri upotrebi hibrida *H₁* ostvaren je prosječni razmaka zrna u sjetvi unutar reda od 19,60 cm koji osigurava sjetvu od 72 448 biljaka ha⁻¹.

Ključne riječi: kukuruz, sjetva, pneumatska sijačica, frakcije sjemena, razmak zrna unutar reda

9. SUMMARY

This paper demonstrates the maize sowing quality results obtained at a test bench. The sowing quality determination is illustrated using the sowing quality indices (ISO standard 7256/1 and 7256/2), i.e. the MISS, MULT, and QFI indices. The research examined a sowing-quality influence of four different maize-seed fractions with two hybrids. A sowing simulation was performed with different technical sowing parameters (two vacuum pressures, three working speeds, and four different grain-selector positions). With the aforementioned research parameters, a statistically significant difference was detected pertaining to different grain fractions, grain-selector positions, vacuum pressure and working speed concerning the intrarow grain spacing of both maize hybrids researched. The PSK 4 vacuum sowing machine scored the high sowing quality coefficients (QFI index >98.6%) at a working speed of 4 km h⁻¹ and with the grain selector positioned at 10 and can be classified in the group of the very good sowing machines. With regard to the H₁ maize hybrid, the average intrarow grain spacing amounted to 19.60 cm, which ensures a set of 72,448 plants per ha, while the set amounted to 72,831 plants per ha (having an average intrarow spacing of 19.51 cm).

Keywords: maize, sowing, vacuum sowing machine, grain fraction, intrarow spacing

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Vrijednosti indeksa kvalitete sjetve za ocjenjivanje rada sijačica.....	7
Tablica 2. Tehnički podaci sijačice PSK4 (OLT).....	9
Tablica 3. Teoretski razmak sjetve u cm kod sjetvenih ploča s različitim brojem otvora s dinamičkim promjerom pogonskog kotača od 62,1 cm te pogonskim lančanicom $z=32$ i s lančanicom $z=24$ na spojci gornjeg vratila.....	14
Tablica 4. Statističke odlike sjemena ispitivanog hibrida H_1	18
Tablica 5. Opisna statistika za dimenzije sjemena hibrida H_1 korištenog u istraživanju	19
Tablica 6. Ostvarene vrijednosti podtlaka u kPa kod određenog broja okretaja PVT-a	20
Tablica 7. Ostvareni prosječni razmaci zrna unutar reda pri različitim brzinama gibanja u sjetvi i položaja skidača viška sjemena uz podtlak $p=27,65$ mbar kod hibrida H_1	21
Tablica 8. Ostvareni prosječni razmaci zrna unutar reda pri različitim brzinama gibanja sijačice u sjetvi i položaja skidača viška sjemena uz podtlak $p=45,58$ mbar kod hibrida H_1	22
Tablica 9. Ostvareni indeksi kvalitete sjetve pri brzini gibanja $v_1 = 4 \text{ km h}^{-1}$ i $v_3 = 10 \text{ km h}^{-1}$ u radu sijačice <i>PSK4</i> kod upotrebe frakcija ispitivanog hibrida.....	23

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Ispitni stol za pneumatske sijačice	4
Slika 2. Statički frekventni regulator	5
Slika 3. Senzor prolaza zrna (lijevo) i enkoder 1200 za praćenje položaja sijačice (desno)	6
Slika 4. Oblik frakcija zrna hibrida korištenih u istraživanju.....	7
Slika 5. Oblik frakcija zrna hibrida korištenih u istraživanju.....	8
Slika 6. Pneumatska sijačica PSK4	9
Slika 7. Trotočje PSK4 sijačice	10
Slika 8. Različite izvedbe sjetvenih sekcija za sjetvu kukuruza.....	11
Slika 9. Komora za sjeme (lijevo) i skidač viška sjemena (desno)	11
Slika 10. Prijenosni sustav lančanika kod sijačice PSK4 sijačice	12
Slika 11. Mjenjačka kutija (lijevo) i pogon od voznog kotača (z32) prema gornjem vratilu (z24) lančanim prijenosom (desno)	13
Slika 12. Teoretski razmak zrna u sjetvi primjenom ploča s 18, 22, 27, 31, 33, 36, 44 i 48 otvora (k) pri različitim prijenosnim omjerima (i).	15
Slika 13. Radijalni ventilator sijačice PSK4.....	16
Slika 14. Skupni prikaz izmjerenih razmaka pri različitim uvjetima rada	20

12. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij, smjer Mehanizacija

ISPITIVANJE PNEUMATSKIH SIJAČICA PRIMJENOM

ISO STANDARDA 7256/1

Ivan Kamenčak

Sažetak:

U radu su prikazani rezultati kvalitete sjetve pri simulaciji na ispitnom stolu u Praktikum za poljoprivrednu tehniku i obnovljive izvore energije na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek. Utvrđivanje kvalitete rada sijačice prikazano je pomoću koeficijenata kvalitete sjetve (*ISO standard 7256/1 i 7256/2*) odnosno indeks *MISS (miss indeks)*, *MULT (multiple indeks)* i *QFI (quality of feed indeks)*. Ispitan je utjecaj četiri različite frakcije sjemena kukuruza kod dva hibrida na kvalitetu sjetve. Simulacija sjetve obavljena je s različitim tehničkim čimbenicima podešavanja sijačice na ispitnom stolu (dva različita podtlaka, tri brzine gibanja sijačice i četiri položaja skidača viška sjemena). Provedenom simulacijom sjetve na ispitnom stolu utvrđena je statistički značajna razlika utjecaja različitih oblika/frakcija zrna, položaja skidača sjemena, podtlaka i brzine gibanja sijačice na razmak zrna unutar reda prilikom sjetve oba istraživana hibrida. Podtlakna sijačica *PSK4* na ispitnom stolu pri brzini gibanja od 4 km ha^{-1} i položajem skidača sjemena na oznaci 10 ostvarila je visoke koeficijente kvalitete sjetve te se temeljem ostvarenog *QFI indeks* $> 98,6 \%$ može svrstati u grupu vrlo dobrih sijačica. Kod ove brzine gibanja sijačice ispitivani oblici sjemena nisu značajno utjecali na ostvarenje razmake u sjetvi. Nadalje pri upotrebi hibrida H_1 ostvaren je prosječni razmaka zrna u sjetvi unutar reda od 19,60 cm koji osigurava sjetvu od 72 448 biljaka ha^{-1} .

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: Prof. dr. sc. Đuro Banaj

Broj stranica: 33

Broj slika: 14

Broj tablica: 9

Broj literaturnih navoda: 26

Broj Priloga: 0

Jezik Izvornika: Hrvatski

Ključne riječi : kukuruz, sjetva, pneumatska sijačica, frakcije sjemena, razmak zrna unutar reda

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu: 1. prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik

2. prof. dr. sc. Đuro Banaj, mentor

3. izv. prof. dr. sc. Vjekoslav Tadić, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1

13. BASIC DOCUMENTATION CARD

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Graduate thesis

Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

University Graduate Studies, Mechanization, course

TESTING OF PNEUMATIC SOWING MACHINES USING ISO STANDARD 7256/1

Ivan Kamenčak

Summary: This paper demonstrates the maize sowing quality results obtained at a test bench. The sowing quality determination is illustrated using the sowing quality indices (ISO standard 7256/1 and 7256/2), i.e. the MISS, MULT, and QFI indices. The research examined a sowing-quality influence of four different maize-seed fractions with two hybrids. A sowing simulation was performed with different technical sowing parameters (two vacuum pressures, three working speeds, and four different grain-selector positions). With the aforementioned research parameters, a statistically significant difference was detected pertaining to different grain fractions, grain-selector positions, vacuum pressure and working speed concerning the intrarow grain spacing of both maize hybrids researched. The PSK 4 vacuum sowing machine scored the high sowing quality coefficients (QFI index >98.6%) at a working speed of 4 km h⁻¹ and with the grain selector positioned at 10 and can be classified in the group of the very good sowing machines. With regard to the H₁ maize hybrid, the average intrarow grain spacing amounted to 19.60 cm, which ensures a set of 72,448 plants per ha, while the set amounted to 72,831 plants per ha (having an average intrarow spacing of 19.51 cm).

Thesis performed at: Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

Mentor: Prof. dr. sc. Đuro Banaj

Number of pages: 33

Number of figures: 14

Number of tables: 9

Number of references: 26

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: maize, sowing, vacuum sowing machine, grain fraction, intrarow spacing

Thesis defended on date:

Reviewer: Reviewers:

1. PhD Bojan Stipešević, president
2. PhD Đuro Banaj, Full professor - supervisor
3. PhD Vjekoslav Tadić – member

Thesis deposited at: Library, Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1