

Mr Luka Lacković
Poljoprivredni fakultet Zagreb

PRIMJENA KRMNIH KOMBAJNA U PRIPREMI ZELENE KRME ZA SVAKODNEVNU ISHRANU STOKE

U V O D

Ishrana stoke zelenom krmom u našim proizvodnim uvjetima zauzima značajno mjesto, napose na većim govedarskim farmama. U toku ljetnog perioda ishrana kod stajskog načina držanja stoke, potrebno je svakodnevno osigurati znatne količine svježe zelene krme.

Krmni lanac uz pravilan slijed krmnih kultura vremenski se proteže na oko 6 mjeseci, pa otuda i značaj ishrane zelenom krmom postaje još veći. Dnevne potrebe na zelenoj krmu su znatne. Tako je na primjer, za govedarsku farmu od 1000 krava potrebno dnevno osigurati (1000×50 kg) pet vagona zelene krme. Tu je količinu potrebno svakodnevno pokositi, sakupiti, prevesti i podijeliti po hranilištu, bez obzira na vremenske prilike. U tim radovima mehanizacija ima značajnu ulogu, kako u pogledu produktivnosti rada, tako i u pogledu smanjenja troškova proizvodnje. Za razliku od nekih drugih radova u polju, ishrana stoke zelenom krmom ima najmanje sezonski karakter, jer traje tokom cijelog ljetnog perioda. Vremenski prekidi u ishrani zelenom krmom, bez obzira čime bili uvjetovani, su nepoželjni jer dovode do pada proizvodnje mlijeka, odnosno mesa.

S obzirom na spomenute specifičnosti i važnost zelene krme u svakodnevnoj ishrani, razmatra se mogućnost primjene krmnih kombajna za svakodnevnu ishranu stoke, tj. problematika vezana za sječkanu zelenu krmu s aspekta većih i velikih stočarskih farmi. Težište razmatranja bit će konstrukciono-tehnološke i eksploatacione karakteristike krmnih kombajna, efikasnost njihove primjene, te kvaliteta i proizvodnost rada.

PREGLED LITERATURE

U našoj literaturi ima relativno malo podataka koji se odnose na problematiku primjene krmnih kombajna kao faktora u svakodnevnoj ishrani stoke.

Problem svakodnevne ishrane zelenom krmom javlja se tamo gdje se nalaze veće koncentracije stoke, tj. gdje je proizvodnja mlijeka, odnosno mesa organizirana na industrijski način. Pojava univerzalnih krmnih kombajna u nas datira unazad 10 g., kad su se ovi složeni strojevi počeli koristiti za spremanje silaže.

Brčić (2) navodi da se za svakodnevnu ishranu stoke najčešće koristi nesječkana zelena krma. Međutim, sve širom primjenom univerzalnih krmnih kombajna mijenja se tehnološki proces u smislu povećanja produktivnosti rada i tekućeg procesa potpune mehanizacije od košnje do mjesta potrošnje, tj. goveda. Autor ističe da je spremanje zelene krme krmnim kombajnama

od naročito interesa za velike pogone, radi njihovog kapaciteta i mogućnosti potpune mehanizacije u košnji, utovaru, transportu i hranjenju, što nije moguće s nesječkanom masom.

Čapek (4) navodi agrotehničke zahtjeve na strojeve za spremanje zelene krmne i silaže. Osobito podvlači zahtjev da strojevi budu kombimirani, kako se za svaku namjenu ne bi moralo nabavljati poseban stroj. Ističe da je najracionalniji stroj za spremanje zelene krmne krmni kombajn, jer se njime mogu obaviti sve operacije spremanja. Međutim, u slučaju raskvašenog terena daje prednost jednostavnim strojevima, radi manje težine.

Lacković (7) je ispitivao univerzalne krmne kombajne u spremanju silažnog kukuruza, silažnog sirtka i u spremanju lucerke. Također je ispitivao i krmni kombajn s rotoudaračima u silažnom kukuruzu i silažnom sirtku. Učinci univerzalnih krmnih kombajna kretali su se od 10—15 t/h glavnog rada, uz gubitke zelene mase do 10%. Učinak krmnog kombajna s rotoudaračima bio je manji i iznosio je do 8 t/h. Postignuti učinci su niski, jer nisu stajali na raspolaganju traktori dovoljne snage za vuču i pogon, i nadalje, uvjeti rada bili su ekstremno loši. Onečišćenje sječke zemljom kod kombajna s rotoudaračima iznosilo je 1,82%.

Đorđević i Knežević (5) su ispitivali samoutovarnu prikolicu u agregatu sa traktorom i bočnom travokosilicom u spremanju lucerne za svakodnevnu ishranu stoke. Po mišljenju autora, tim agregatom može jedan radnik opskrbiti zelenom krmom govedarsku farmu od 400 krava, na udaljenosti 1,5 km.

Brčić (3) ističe da se je u posljednje dvije godine na zapadno-evropskom tržištu pojavio velik broj raznovrsnih tipova samoutovarnih prikolica za spremanje nesječkane zelene krmne. Zajednička je karakteristika tih prikolica u tome, što uređaj za utovar i transport čine jednu cjelinu; zelena masa se ujedno i sabija u sanduku prikolice, a može se utovarivati dugačka masa ili sječkana na veću dužinu.

Prednosti ovih prikolica su mali prekidi u radu, troše relativno malo pogonske snage, a mogu se koristiti za utovar gotovo svih voluminoznih proizvoda u poljoprivredi. Ekonomične su samo na malim udaljenostima, tj. do 3 km, jer se na većim naglo smanjuje učinak transporta. Autor dalje navodi tendencije u gradnji univerzalnih krmnih kombajna i definira ih u tri pravca: konstantno dobivanje kratke sječke; povećanje propusne sposobnosti kombajna i povećanje učinka uz smanjenje radne snage.

Bainer i dr. (1) navode da je površina grla sječkare jedan od faktora učinka kombajna. Ta je površina definirana minimalnom širinom otvora za ubacivanje mase na ubacujućim valjcima i maksimalnim radnim klirensom između donjeg i gornjeg ubacujućeg valjka. Dalje se navodi da smanjenjem dužine sječke raste i potreba na pogonskoj snazi ili se smanjuje kapacitet kombajna.

Richey (10) iznosi slijedeće prednosti sječkare s noževima na bubnju u odnosu na sječkaru s noževima na kolu:

- manja inercija sječkare, oštrenje noževa sječkare izvodi se bez skidanja i ulaže se manje kinetičke energije za rezanje mase, zbog manje brzine rezanja.

Kanafajski (6) daje slijedeću jednadžbu za izračunavanje teoretskog kapaciteta sječkare s noževima na bubnju:

$$Q = d b l n i \gamma \cdot 60 \text{ kg/h}$$

gdje je

- d — debljina mase koja se sječka (m)
- b — širina mase koja se sječka (m)
- l — dužina sječke (m)
- n — broj okretaja sječkare (o/min)
- i — broj noževa
- γ — volumna težina materijala (kg/m^3)

Solomikin i Orehov (8) temeljem ispitivanja krmnih kombajna s rotoudaračima navode ovisnost pokazatelja kvalitete rada o brzini kretanja. Tako se povećanjem brzine kretanja povećava postotak čestice sječke većih od 100 mm, veličina gubitaka i stupanj onečišćenja sječke. Onečišćenje sječke zemljom kod uobičajene izvedbe ovih kombajna u silažnom kukuruzu kod propusne sposobnosti od 4,8 kg/s iznosilo je 2,7%, a kod kombajna s posebnom adaptacijom i kod propusnosti od 5,2 kg/s iznosilo je 0,5—1,98%.

Segler (9) daje bilans snage za vuču i pogon krmnog kombajna težine 750 kg i zahvata 1 m u agregatu s prikolicom težine 3000 kg u spremanju lucerne prinosa 220 mtc/ha kod raznih brzina kretanja. Povećanjem brzine kretanja od 0,5 m/s na 1,5 m/s povećava se učinak od 4 na 12 t/h, ali se i ukupna potrebna snaga povećava od 20 na 40 KS.

NACINI SPREMANJA ZELENE KRME ZA SVAKODNEVNU ISHRANU STOKE

Zelena krma može se pohranjivati u cijelom stanju, tj. nesječkana ili sječkana. Nesječkana zelena krma sprema se najčešće jednostavnim strojevima, koji su u pravilu laganiji od krmnih kombajna. Međutim, spremanje nesječkane zelene krme angažira više ljudske radne snage, a i ne postiže se puna mehaniziranost cijelog procesa, jer se nesječkana zelena krma u hranilištu raspodjeljuje isključivo ručno. Naprotiv, ukoliko se zelena krma sječka u polju, moguća je puna mehaniziranost svih radnih operacija, tj. košnje, utovara, transporta i hranjenja. Osim toga, čitav posao može obavljati jedan radnik, pa se postiže visoka produktivnost rada. Odlučujući fak-

tor za primjenu jednog ili drugog načina ishrane zelenom krmom jest koncentracija stoke i pogodnost stočarskih objekata. Prema tome, ukoliko se radi o velikim koncentracijama stoke i pogodnim stočarskim objektima prednost u ishrani ima sječkana zelena krma, jer kapaciteti krmnih kombajna mogu podmiriti i najveće dnevne potrebe u zelenoj krmi. Nadalje, moguće je potpuno mehanizirati cjelokupni tehnološki proces uključujući i raspodjelu krme u hranilištu pomoću prikolica s bočnim istovarom. Svaki od opisanih načina pohrane zelene krme zahtijeva odgovarajuću liniju strojeva od kojih se navode važniji.

Za nesječkanu krmu:

- Traktor + bočna kosilica + prednji traktorski tovarač + prikolica
- Traktor + bočna kosilica + kolski tovarač + prikolica
- Traktor + kosilica-tovarač + prikolica
- Traktor + bočna kosilica + samoutovarna prikolica
- Samohodni stroj kosilica-tovarač-prikolica

Za sječkanu krmu:

- Traktor + univerzalni krmni kombajn + prikolica s bočnim istovarom
- Traktor + krmni kombajn s rotoudaračima + prikolica s bočnim istovarom
- Samohodni univerzalni krmni kombajn + prikolica s bočnim istovarom

Analizirajući pojedine linije strojeva, možemo zaključiti da je najefikasniji način spremanja zelene krme pomoću univerzalnog krmnog kombajna, jer se njime u polju istovremeno obavljaju sve radne operacije, tj. košnja, podizanje, sjeckanje i transport sječke u prikolicu. Međutim, iznijete prednosti krmnog kombajna dolaze potpuno do izražaja samo ako je osiguran brz transport, optimalno iskorištenje korisne nosivosti transportnih sredstava i mehanizirano raspodjeljivanje zelene krme po hranilištu. Zbog toga je pogrešno posmatrati krmni kombajn odvojeno od cjelokupnog tehnološkog procesa.

AGROTEHNIČKI I ZOOTEHNIČKI ZAHTJEVI NA KRMNE KOMBAJNE

Racionalni način ishrane stoke sječkanom zelenom krmom moguć je primjenom univerzalnih krmnih kombajna i specijalnih prikolica s bočnim i zadnjim istovarom. Današnje konstrukcije krmnih kombajna u principu omogućuju njihovu primjenu, kako za spremanje sječkane zelene krme za svakodnevnu ishranu stoke, tako i za spremanje silaže. Da bi neki kombajn bio univerzalan mora udovoljiti slijedećim agrotehničkim i zootehničkim zahtjevima:

- Mora biti opremljen svim potrebnim uređajima za košnju svih krmnih kultura, bez obzira na visinu biljaka i razmak redova. Nadalje, mora imati mogućnost skupljanja pokošenog usjeva.
- Da je lagane konstrukcije, jer u vlažnim uvjetima teški strojevi jako propadaju i time znatno oštećuju tratinu višegodišnjih kultura, prvenstveno lucerke.

- Mora imati visok dnevni učinak, prvenstveno radi spremanja silaže, jer se na taj način osigurava brzo punjenje silosa, što je jedan od uvjeta dobivanja kvalitetne silaže. Visoki dnevni učinak kombajna također je važan i za svakodnevnu ishranu, naročito kad se radi o velikim koncentracijama stoke.
- Mora postojati mogućnost podešavanja visine reza prema konkretnim uvjetima rada i vrsti krmne kulture.
- Mora postojati što veći raspon i gradacija između minimalne i maksimalne dužine sječke, radi višestrukih zahtjeva s obzirom na vrstu usjeva i način iskorištenja sječke.
- Sječka ne smije biti onečišćena zemljom.
- U prenosni mehanizam treba da je ugrađen uređaj za povratni tok zelene mase, koji omogućava kontinuirani rad kombajna i u slučaju povremenog zagušenja.
- Kvalitetan rad sječkare pretpostavlja oštre noževe, pa zato kombajn s noževima na bubnju sječkare mora imati uređaj za oštrenje noževa.
- Mora imati podesivi deflektor na izlaznoj cijevi za sječku kako bi se prikolica punila po duljini bez pomoćnog radnika.
- U cilju što lakšeg održavanja, sistem podmazivanja kombajna mora biti što efikasniji i jednostavniji.
- Ugradnjom kvalitetnog materijala postiže se lagana konstrukcija i eksploataciona pouzdanost stroja.

VLASTITA ISPITIVANJA

Ispitivanja su vršena na poljoprivrednim kombinatima istočne Slavonije, Istre i okolice Zagreba. Načini iskorištenja lucerne za svakodnevnu ishranu u organizacijama tih regija su različiti, što je uvjetovano načinom držanja stoke, funkcionalnošću objekata za stoku i raspoloživom mehanizacijom. Cilj ispitivanja je bio utvrditi mogućnost efikasne primjene krmnih kombajna u pripremi zelene krme za svakodnevnu ishranu stoke, za potrebe većih i velikih stočarskih farmi.

Metodikom rada obuhvaćene su slijedeće grupe mjerenja:

- tehnička ekspertiza strojeva; uvjeti rada; laboratorijsko-poljska ispitivanja i eksploataciona ispitivanja.

1. Tehnička ekspertiza ispitivanih strojeva

Osnovni tehnički podaci ispitivanih krmnih kombajna prikazani su u tabeli br. 1.

Tabela 1 — Tehničke karakteristike ispitivanih krmnih kombajna

O z n a k a	Jedinica mjere	Univerzalni krmni kombajni			Krmni kombajni s rotoudaračima	
		A	B	C	D	E
Tip sječkare		Noževi na bubnju			— Noževi na koļu	
Maksimalni broj noževa sječkare-rotora	kom	6	9	6	30	30+4
Broj okretaja sječkare odnosno rotora	o/min	850—1000	850	850	1600	1000—1400
Promjer sječkare- rotora	mm	710	700	880	600	600
Obodna brzina sječkare-rotora	m/s	31,6—37,3	31,1	39,1	50,2	31,4—43,9
Teoretska dužina sječke	mm	5,5—5,7	4—120	6,4—38,1	—	—
Broj kombinacija dužine sječke		18	15	9	—	2
Konstruktivna širina	mm	1829	1800	2491	1500	1500
Vrsta reza	mm	76,—	50,2	76,2	—	—
Broj okretaja kar- danskog vratila	o/min	540	540	540 i 1000	540	540
Broj mjesta podmazivanja		52	50	42	7	17
Težina kombajna	kp	1654	1200	1678	880	783

Univerzalni kombajni A i C su američke proizvodnje, a kombajn B zapadno-njemačke. Tehničko-eksploatacione karakteristike ovih kombajna tipične su za američku i evropsku proizvodnju. Sječkara im je izvedena s noževima na bubnju. Broj noževa je promjenljiv: od 1 do 6, odnosno 9, već prema željenoj dužini sječke. Teoretski, dužinu sječke moguće je podešavati od 4 do 120 mm, i to promjenom broja noževa u kombinaciji s odgovarajućim prenosnim brojem. Odnos težine kombajna i zahvata kose karakterizira konstrukciono tehničku dotjeranost stroja, što se vidi iz činjenice da kombajn C u odnosu na kombajn A kod iste težine ima za 700 mm veći zahvat kose. Srednji rez (50,8 mm) čini kombajn B univerzalnije primjenljivim za košnju većeg broja niskoraslih krmnih kultura. Visina košnje podešava se kod kombajna B i C hidraulično, a kod kombajna A mehanički. Povratni tok zelene mase smanjuje gubitke vremena za otklanjanje zagušenja. Kombajn A i B transportiraju sječku direktno iz sječkare, a kombajn C ima u tu svrhu posebni duvač sječke. Oštrenje noževa sječkare je automatsko kod svih kombajna, ali postoje velike razlike u broju mjesta podmazivanja u toku jednog radnog dana. Tako kombajn A ima 110 mjesta, a kombajn C svega 18 mjesta

za podmazivanje u toku jednog radnog dana. Svi kombajni su vučeni a pogon dobivaju od PV traktora. Kombajni s rotoudaračima D i E su tipični predstavnici ove izvedbe krmnih kombajna. Njih karakterizira relativno mala težina, manji radni zahvat, jednostavnija i jeftinija izvedba. Kombajn E rotoudaračima isčijanu masu još dopunski sječka pomoću sječkare s noževima na kolu pa se njime postiže ujednačenija dužina sječke. Zbog toga ovaj tip kombajna ima manju obodnu brzinu rotora za 10—20 m/s u odnosu na kombajn D.

2. Uvjeti rada

Svi kombajni ispitivani su u vrijeme prvog otkosa lucerne i to u početku pune cvatnje i u punoj cvatnji. S obzirom da je prinos zelene mase bio visok, ispitivani kombajni su bili izloženi velikim opterećenjima. Univerzalni kombajni ispitivani su u manje poleglom usjevu, a oni s rotoudaračima u jače poleglom. Mikroreljef lucerništa nije zadovoljavajući, što je nažalost karakteristika većine naših lucerništa. Vremenske prilike u toku ispitivanja bile su povoljne za rad osim u ispitivanju kombajna B, jer je noć prije palo 20 mm kiše. Stanje usjeva prije prohoda kombajna prikazano je u tabeli br. 2.

Tabela 2 — Stanje lucerne prije prohoda kombajna

Kombajn	Pokus	Visina biljaka cm	Polegnutost			Korov %	Sadržaj vode %	Biološki prinos mtc/ha
			Stoje	Poglele %	Leže			
A	I	95	75	15	—	5,2	81,3	277,3
	II	84	60	40	—	7,3	80,8	279,2
	III	81	55	45	—	2,1	80,4	272,3
B	I	75	30	60	10	9,2	79,6	281,3
	II	73	15	70	15	12,3	79,8	280,7
	III	78	10	70	20	7,4	80,2	274,2
C	I	97	25	60	15	15,3	80,7	278,3
	II	95	20	70	10	8,4	79,5	279,1
	III	87	15	70	15	11,7	81,2	278,6
D	I	73	14	71	15	—	80,7	268,3
	II	78	5	75	20	—	79,8	271,2
	III	74	20	70	10	—	80,4	270,3
E	I	72	5	80	15	—	81,2	273,4
	II	74	15	75	10	—	81,3	275,1
	III	75	15	65	20	—	88,5	275,0

3. Laboratorijsko-poljska ispitivanja

Propusna sposobnost kombajna definirana je: zahvatom kose, brzinom kretanja i prinosom usjeva. Količina biljne mase koja prolazi kroz stroj u jedinici vremena je njen kvantitativan pokazatelj. Kvaliteta rada, međutim, uvjetovana je visinom reza, jednoličnom dužinom sječke i gubicima zelene mase. Mjerenjem dobiveni podaci o prolazu biljne mase, o visini reza i gubicima iznose se u tabeli br. 3.

Tabela 3 — Brzina kretanja, prolaz biljne mase, visina reza i gubici
za ispitivane krmne kombajne

Kom- bajn	Radni zahvat	Brzina kretanja		Prolaz biljne mase		Visina reza mm	Saku- pljeni prinos mtc/ha	Gubici zelene mase		Ukupni gubici mtc/ha	Ukupni prinos mtc/ha	Ukupni gubici mtc/ha	%
		m/s	km/h	kp/s	t/h			Prosuto	Zbog vi- sine reza				
A	I	1,52	3,73	3,91	14,08	75	248,5	0,77	7,65	257,12	8,42	3,27	
	II	1,53	5,03	5,22	18,78	96	245,0	1,23	17,71	263,90	18,94	7,18	
	III	1,50	7,21	6,98	25,12	106	231,5	1,67	21,67	254,86	23,34	9,16	
B	I	1,66	3,79	4,46	16,05	70	255,0	0,51	5,31	260,84	5,82	2,23	
	II	1,67	5,07	5,96	21,46	71	253,4	0,42	5,37	259,23	5,79	2,23	
	III	1,65	7,63	8,30	29,88	97	237,3	0,29	17,50	255,07	17,79	6,98	
C	I	2,35	4,41	7,17	25,81	95	248,8	0,65	17,42	266,91	18,07	6,76	
	II	2,36	5,53	8,80	31,69	106	243,0	0,88	22,54	266,40	23,42	8,79	
	III	2,36	7,44	11,50	41,39	122	235,6	1,20	29,22	266,02	30,42	11,43	
D	I	1,21	4,33	3,50	12,80	80	239,6	1,54	9,46	250,56	11,00	4,40	
	II	1,20	6,11	4,55	16,38	101	222,7	1,78	18,36	242,80	20,14	8,22	
	III	1,20	8,14	5,77	20,76	122	212,9	2,09	26,26	241,29	28,35	12,72	
E	I	1,21	4,41	3,70	13,33	80	248,9	1,26	10,05	260,25	11,31	4,35	
	II	1,21	6,23	5,11	18,39	96	244,7	1,47	17,61	263,45	19,09	7,24	
	III	1,20	8,22	6,54	23,54	119	239,5	1,94	28,21	269,69	30,15	11,16	

Pri izboru najmanje brzine kretanja uzeta je u obzir činjenica da u proizvodnoj praksi ovi kombajni u spremanju lucerne za svakodnevnu ishranu stoke rade brzinom od oko 4 km/h. U povećanju brzine vodilo se računa da maksimalna brzina u ispitivanju bude ona koja predstavlja približnu granicu zagušenja radnih organa kombajna. Radni zahvat pojedinih kombajna je različit, ali je svaki od ispitivanih kombajna u svim pokusima radio sa približno konstantnim radnim zahvatima. Porastom brzine povećava se i prolaz biljne mase, međutim odgovarajuće povećanje brzine nije slijedilo i odgovarajuće povećanje prolaza biljne mase. To se može objasniti povećanjem visine reza kao posljedicom povećane brzine, uslijed čega, ako je prinos zelene mase ujednačen, kroz stroj prolazi manja količina mase u jedinici vremena. Premda su kombajni A i B jednakog konstrukcionog zahvata, vidimo da je kombajn B postigao veće apsolutne vrijednosti prolaza biljne mase u jedinici vremena. Razlog tome je bolje korištenje radnog zahvata, nešto veća brzina kretanja i nešto veći prosječni prinos lucerne. Međutim, kombajn C je postigao najveću propusnost u jedinici vremena jer ima, u odnosu na kombajn A i B, veći radni zahvat. Naime, prosječni radni zahvat kombajna A iznosio je 1,52 m, kombajna B — 1,66 m a kombajna C — 2,36 m. Gubici zelene mase zbog povećane visine reza rastu povećanjem brzine kretanja kombajna. Najmanja visina reza (70—87 mm) tj. najmanji gubici (2,33 — 6,98%) su kod kombajna B, a najveću visinu reza (95—122 mm) odnosno najveće gubitke (6,76—11,43%) ima kombajn C. Manji gubici kombajna B rezultat su srednjeg reza režućeg aparata tog kombajna. Međutim, povećani gubici kombajna C objašnjavaju se širim konstrukcionim zahvatom u odnosu na prva dva za 700 mm, tako da je kopiranje terena kosom, uslijed neravnog mikroreljefa lucerništa, lošije nego kod kombajna A i B. Navedene visine reza su prosječne, međutim one u stvari jako variraju, tj. kreću se od 50 — 170 mm. Do ovih odstupanja dolazi uslijed neravnog mikroreljefa, pognutosti usjeva, širine zahvata kose i brzine kretanja stroja.

Daljnji pokazatelj kvalitete rada je jednoličnost dužine sječke u odnosu na teoretski podešenu. Kombajn C je bio podešen na teoretsku dužinu sječke od 30 mm, ali je osim frakcije sječke od 30 mm bilo i frakcija sječke sve do 70 mm. Frakcije dužine sječke do 30 mm čine gro mase, tj. 66,2%, frakcija od 40 mm 9%, a ostale tri frakcije od 50—70 mm iznose 24,8%. Pojava većeg broja frakcija dužine sječke, posljedica je različitog kuta ulaženja mase u sječkaru. Kad stabljike ulaze pod pravim kutem u sječkaru postiže se najmanja razlika između teoretske i stvarne dužine sječke. Međutim, stabljike koje ulaze u sječkaru pod manjim kutem bit će sječkanе na dužu sječku. Budući da kombajni A i B imaju isti tip sječkare kao i kombajn C, i da su bili podešeni na istu teoretsku dužinu sječke, dobivena je i kod njih približno ista jednoličnost dužine sječke.

Ispitivanja krmnih kombajna s rotoudaračima pokazala su da je utjecaj brzine kretanja na prolaz biljne mase analogan onome kod univerzalnih krm-

nih kombajna. Kombajn E postigao je veće apsolutne vrijednosti prolaza biljne mase u jedinici vremena, jer je radio nešto većom brzinom i u usjevu većeg prinosa. Kvaliteta rada kombajna s rotoudaračima definirana je, osim visinom reza i dužinom sječke, još i onečišćenjem sječke. U pogledu visine reza i ovdje je utjecaj brzine osnovni faktor povećanja, ali ne postoji praktički razlika u visini reza, odnosno u gubicima između kombajna D i E. Utjecaj brzine kretanja na jednoličnost dužine sječke kod kombajna D je očiti, tj. kod brzine 4,64 km/h većina mase (54%) je isječkana na dužinu 30—90 mm, povećanjem brzine na 6,34 km/h gro mase (53%) sječkan je na dužinu 60—150 mm, daljnjim povećanjem brzine na 8,46 km/h 40% mase isječkano je na dužinu od 90—180 mm a 32% mase od 180—410 mm. Drugim riječima, povećanjem brzine rada povećava se dužina sječke i njena nejednoličnost. Naprotiv kombajn E, koji ima ugrađenu sječkaru, daje jednoličniju dužinu sječke, jer se pokošena i isčijana masa ponovo sječka. U ovom je slučaju kod brzine kretanja od 6,23 km/h 70% mase sječkano na dužinu od 50 mm, a ostatak od 30% ima dužinu od 50—175 mm. Valja napomenuti da su slični rezultati dobiveni i kod nižih i kod viših brzina. To upućuje na zaključak da brzina kretanja stroja u ovom slučaju nema utjecaja na dužinu i jednoličnost dužine sječke. Faktor onečišćenja sječke zemljom odlučujući je za ocejnu kvalitete rada krmnih kombajna s rotoudaračima. S obzirom na princip rada ovih kombajna, onečišćenje sječke zemljom nastaje zbog velike obodne brzine rotora koji, stvarajući jaku zračnu struju, podiže čestice i miješa ih sa sječkom. Nadalje, neravan mikroreljef djeluje daleko nepovoljnije jer udarači zahvaćaju uzvišenja i na taj način unose zemlju u sječku. Općenito se smatra da gnečišćenja zemljom ne bi smjelo biti, a ispitivanjem kombajnama u tom pogledu postignuti su ovi rezultati.

Kombajn	Visina reza mm	Onečišćenje sječke zemljom %
D	60,2	2,52
	80,3	2,01
	101,0	1,53
E	59,8	2,05
	79,9	1,51
	100,6	0,99

Utjecaj visine košnje na onečišćenje sječke zemljom je očiti, jer je kod veće visine košnje onečišćenje sječke zemljom manje. Kombajn E je kod iste visine košnje u prosjeku imao manje onečišćenja za 0,5%, zbog manje obodne brzine rotora i zbog povoljnijeg oblika udarača. Međutim, i kod povoljnijeg oblika udarača kao i kod minimalno potrebne obodne brzine rotora, na visini košnje i od 100 mm, a što se smatra s obzirom na gubitke (oko 12%) nepovoljnim, dolazi do znatnog onečišćenja. U pravilu, sječka ne smije biti onečišćena zemljom, prema tome

takva izvedba krmnih kombajna ne zadovoljava u pogledu kvalitete rada.

4. Eksploataciona ispitivanja

Učinak i iskorištenje strojeva u spremanju lucerne za svakodnevnu ishranu utvrđeni su kronometriranjem dviju linija strojeva, jedne za spremanje sječkane lucerne i druge za spremanje nesječkane lucerne. Obim linijama spremana je lucerna za ishranu 600 krava sa rasporedom hranjenja: 25 kg zelene mase po grlu u jutro i 25 kg poslije podne. Način držanja (krava i nastambe, odnosno hranilišta omogućuju istovar prikolica u pokretu. Linija strojeva za spremanje sječkane lucerne je sastavljena od: traktora, univerzalnog krmnog kombajna (kombajn B) i prikolice sa bočnim istovarom, a linija strojeva za spremanje nesječkane lucerne od traktora i bočne travosilnice, kolskog tovarača i obične prikolice.

Organizacija rada u spremanju sječkane lucerne bila je dvojaka: u prvoj varijanti radnik koji upravlja agregatom u polju, odvozi punu prikolicu do farme, istovaruje masu u hranilišta i vraća se u polje. U drugoj varijanti isti posao obavljaju dva radnika: jedan s agregatom stalno radi u polju, a drugi odvozi prikolicu do farme i vraća ih u polje. U spremanju nesječkane lucerne učestvuje tri radnika. Jedan radnik upravlja agregatom a druga dvojica slažu lucernu po prikolici, vrše prekopčanje prikolice i istovaruju lucernu u hranilišta. Transport do farme i istovar obavljaju se traktorom i prikolicom istog agregata, a za to vrijeme kolski tovarač čeka u polju.

a) Spremanje sječkane lucerne

Analiza prosječnog radnog vremena potrebnog za košnju, prijevoz i istovar jedne prikolice sječke u organizaciji rada gdje cjelokupni posao obavlja jedan radnik prikazana je u sljedećoj tabeli.

Radna operacija	Nepovoljni uvjeti		Povoljni uvjeti		Povoljni uvjeti i povećana brzina	
	Trajanje					
	min.	%	min.	%	min.	%
Košnja i utovar	15,9	26,0	11,3	22,1	9,4	19,1
Okretanje	2,8	4,6	2,6	5,1	2,5	5,1
Prikopčanje prikolice	4,9	8,0	4,6	9,0	4,7	9,6
Reguliranje	0,8	1,3	—	—	—	—
Zagušenje	4,1	6,7	—	—	—	—
Transport do farme	5,8	9,5	5,8	11,4	5,8	11,8
Vaganje	1,2	2,0	1,2	2,3	1,2	2,4
Istovar	6,0	9,8	6,0	11,7	6,0	12,2
Pomjeranje prikolica	7,9	12,9	7,9	15,5	7,9	16,0
Manevriranje	1,7	2,8	1,7	3,3	1,7	3,5
Povratak u polje	5,1	8,4	5,1	10,0	5,1	10,4
Prikopčanje prikolice	4,9	8,0	4,9	9,6	4,9	9,9
UKUPNO	61,1	100,0	51,1	100,0	49,2	100,0

U toj je organizaciji rada najveći dio vremena utrošen na košnju, transport i pomjeranje prikolice za vrijeme istovara. Navedene četiri radne operacije zauzimaju u ukupnom radnom vremenu 75—80%. Poboljšanjem uvjeta rada u polju i boljim iskorištenjem kapaciteta kombajna, participacija vremena košnje i utovar se smanjuje. Prema tome, u traženju racionalne primjene čitave linije nije samo važno iskorištenje i uvjeti rada kombajna u polju, nego još više efikasan transport, minimalno vrijeme prekopčanja i lokacija hranilišta, kako bi se istovar u valove mogao vršiti kontinuirano, tj. bez zastoja. Ostvareni učinak ovisno o uvjetima rada i radnoj brzini kretao se od 4,92—5,12 t/h bruto radnog vremena. Dakle, kad jedan radnik obavlja cjelokupni posao za ishranu 600 krava na bazi 50 kp/grlo dnevno, potrebno je u ispitivanim uvjetima 7,3, odnosno 6 sati rada dnevno. Budući je ishrana krava organizirana tako da se 25 kg/grla daje u jutro a 25 kg poslije podne, to će za jedan obrok biti potrebno 3,7, odnosno 3 sata, već prema uvjetima rada.

Međutim, ako se primjeni druga varijanta organizacije rada, kad krmni kombajn ne stoji u vrijeme dok se obavlja transport i istovar, ostvareni učinak kojim je obuhvaćen rad u polju, transport i istovar iznosi od 5,1—8,9 t/h ovisno o uvjetima rada. U ovom su slučaju za transport sječke potrebne 3 prikolice s bočnim istovarom, na udaljenosti od 2 km. Na taj način dva radnika uz povoljne uvjete rada i povećanu brzinu, pokose, prevezu i podijele po hranilištu 15 t sječke za oko 100 minuta. Time se je skratilo vrijeme uzimanja hrane između prve i zadnje krave u odnosu na prvu varijantu od 3 na 1,7 sati, dakle za 1,3 sata, što je od osobitog značaja u proizvodnji mlijeka. Polazeći od kapaciteta kombajna B, 600 krava sa navedenom dinamikom ishrane moglo bi se nahraniti za jedan sat. To zahtijeva veći broj transportnih agregata i više radne snage.

b) Spremanje nesječkane lucerne

Analiza prosječnog radnog vremena potrebnog za košnju, utovar, transport i istovar jedne prikolice nesječkane lucerne prikazana je u idućoj tabeli.

Radna operacija	Trajanje		Utrošeni ljudski rad
	min	%	min
Prikapčanje tovarača i prikolice	5,3	8,3	15,9
Vožnja agregata do polja	6,2	9,8	18,6
Vožnja i utovar mase iz otkosa	19,2	30,2	57,6
Okretanje agregata	1,4	2,2	4,2
Stajanje zbog slaganja mase na prikolici	1,5	2,4	4,5
Vožnja pune prikolice do farme	6,7	10,6	20,1
Vaganje	1,3	2,0	3,9
Ručni istovar	21,9	34,5	65,7
UKUPNO:	63,5	100	190,5

Najveći udio u ukupnom vremenu ima ručni istovar (34,5%) zatim košnja i utovar mase iz otkosa (30,2%) i najzad transport (20,4%). Ostvareni učinak koji obuhvaća košnju, utovar, transport i istovar iznosio je 3,7 t/h. Budući da dinamika ishrane krava mora biti ista kao i kod prvog načina, u ovom slučaju je za jedan obrok potrebno utrošiti 4 sata rada u jutro i isto toliko poslije podne.

Utrošak ljudskog rada u minutama u povoljnim uvjetima za košnju, utovar, transport i istovar u hranilištu 1 tone zelene lucerne iznosi:

Linija strojeva					
I		II		III	
— Traktor + kombajn + prikolica s bočnim istovarom		— Traktor + kombajn + prikolica s bočnim istovarom		— Traktor + kosilica + kolski tovarač + prikolica	
— Jedan radnik		— Dva radnika		— Tri radnika	
min/tona	Index	min/tona	Index	min/tona	Index
12,2	100	15,00	124	51,5	422

Najveća produktivnost rada postignuta je linijom I a najmanja linijom III, tj. produktivnost III linije je za više od četiri puta manja nego linije I.

Uporedimo li ispitivane linije i varijante organizacije rada, te načine ishrane za odgovarajući broj krava, vidjet ćemo da linija: traktor + univerzalni krmni kombajn + prikolica s bočnim istovarom u organizaciji rada gdje dva radnika obavljaju cjelokupni posao, može pripremiti zelene krme za jedan obrok u tolerantnom vremenskom intervalu (1,7 sati) za 600 krava. Nasuprot tome linijom: traktor + kosilica + kolski tovarač + prikolica sa tri radnika u nešto većem vremenskom intervalu (2 sata) može se pripremiti nesječkane zelene krme za jedan obrok za svega 300 krava. Prema tome, linija strojeva koja ima krmni kombajn i prikolicu s bočnim istovarom je, sa stanovišta fiziologije ishrane i produktivnosti rada, daleko bolja i prihvatljivija kao rješenje, naročito za veće i velike stočarske farme.

ZAKLJUČCI

Uspoređujući, na temelju rezultata ispitivanja, efikasnost krmnih kombajna u spremanju sječkane zelene krme za svakodnevnu ishranu stoke sa linijom strojeva kojom se sprema nesječkana zelena krma, dolazimo do slijedećih zaključaka:

- Prolaz biljne mase u jedinici vremena kod svih ispitivanih krmnih kombajna, bez obzira na način izvedbe, povećava se brzinom rada. Univerzalni krmni kombajni su, u odnosu na one s rotoudaračima, kod približno istih brzina imali veću propusnost zbog većeg radnog zahvata.
- Gubici zelene mase uslijed visine reza rastu povećanjem brzine rada. Ti su gubici veći kod univerzalnih krmnih kombajna sa širim radnim zahvatom, jer utjecaj neravnog terena dolazi više do izražaja. Kombajn sa srednjim rezom ima manje gubitke.

- Kombajni s rotoudaračima također imaju veće gubitke pri većim brzinama rada. Manje gubitke s obzirom na visinu reza ti kombajni ostvaruju u poleglom usjevu ako se radi u smjeru polegnutosti.
- S obzirom da ovi gubici predstavljaju kvalitetno najmanje vrijedne dijelove stabljike lucerne, oni sa stanovišta hranidbene vrijednosti nisu posebno značajni.
- U pogledu jednoličnosti dužine sječke nema bitne razlike između pojedinih univerzalnih kombajna, no općenito postoji razlika između teoretske i stvarne dužine sječke, zbog različitog kuta ulaženja stabljika u sječkaru. Tako, na primjer, uz teoretski podešenu dužinu sječke od 30 mm dobije se 66,2% mase sa dužinom sječke od 30 mm, 9% sa dužinom od 40 mm a ostale tri frakcije od 50—70 mm čine 24,8% mase sječke. Međutim, kombajnama s rotoudaračima povećava se dužina sječke i njena nejednoličnost brzinom rada. Ukoliko ovi kombajni imaju ugrađenu sječkaru povećanje brzine nema utjecaja na dužinu sječke.
- Povećanjem visine reza kod krmnih kombajna s rotoudaračima smanjuje se onečišćenje sječke zemljom, ali se povećavaju gubici zelene mase. Onečišćenje sječke zemljom kod ovih kombajna bit će manje ako je obodna brzina rotora manja iako su udarači povoljnijeg oblika. Budući da sječka u pravilu ne smije biti onečišćena zemljom, nijedna od ovih izvedbi krmnih kombajna ne zadovoljava u pogledu kvalitete rada.
- Kod spremanja sječkane zelene lucerne sa univerzalnim kombajnom B u organizaciji rada gdje jedan radnik obavlja cjelokupni posao, najveći dio vremena utrošen je na košnju, transport, pomjeranje prikolice i prekapčanje. Navedene četiri radne operacije ovisno o uvjetima rada, zauzimaju u ukupnom radnom vremenu 75—80%. Ako iskažemo odnos košnje i utovara prema ostalim trim operacijama onda u povoljnim radnim uvjetima na košnju otpada 24% a u nepovoljnim uvjetima 34,7%. Prema tome, u traženju racionalnije primjene čitave linije nije samo važno iskorištenje i uvjeti rada kombajna u polju, nego još više efikasan transport, minimalno vrijeme prekapčanja i lokacija hranilišta tako da se istovar može obaviti kontinuirano. U ovoj organizaciji rada ostvareni učinak bio je u nepovoljnim uvjetima 4,12 t/h, u povoljnim uvjetima 4,92 t/h i kod povećane brzine 5,12 t/h. Za ishranu 600 krava na bazi 50 kp/grlu ovom linijom strojeva i organizacijom rada dnevno je potrebno: u nepovoljnim uvjetima 7,3 h, u povoljnim uvjetima 6,1 h i kod povećane brzine 5,9 h rada, pa je razlika u vremenu uzimanja obroka između prve i zadnje krave 3,7, odnosno 3 h.

- Ako se primjeni druga organizacija rada u kojoj jedan radnik neprekidno radi u polju a drugi odvozi pune prikolice postiže se slijedeći učinak: u nepovoljnim uvjetima 5,1 t/h, u povoljnim uvjetima 8,0 t/h i kod povećane brzine 8,9 t/h. Na taj način dva radnika uz povoljne uvjete i povećanu brzinu pokose, prevezu i podijele po hranilištu 15 t sječke za 1,7 sati, što je dovoljno za jedan obrok za 600 krava.
- Ovisno o uvjetima rada, brzini kretanja, prinosu i koeficijentu iskorištenja radnog vremena učinak kombajna B je takav da se može za 1 sat rada pripremiti zelene krme (jedan obrok) za 600 krava.
- Kod spremanja nesječkane lucerne agregatom traktor + kosilica + kolski tovarač + prikolica sa tri radnika, najveći udio u ukupnom vremenu ima ručni istovar (34,5%) zatim košnja i utovar iz otkosa (30,2%) i na kraju transport (20,4%). Ostvareni učinak, koji obuhvaća košnju, utovar, transport i istovar iznosi 3,7 t/h. Kod iste dinamike ishrane i istog broja krava potrebno je u ovom slučaju za jedan obrok 4 h rada.
- Linijom strojeva: traktor + univerzalni krmni kombajn + prikolica s bočnim istovarom u organizaciji rada gdje dva radnika obavljaju cjelokupan posao možemo pripremiti zelene krme za jedan obrok u tolerantnom vremenskom intervalu (1,7 h) za 600 krava. Nasuprot tome linijom strojeva: traktor + kosilica + kolski tovarač + prikolica sa tri radnika može se pripremiti zelene krme za jedan obrok u tolerantnom intervalu (2 h) samo za 300 krava.
- Produktivnost rada varira s obzirom na uvjete i primijenjenu liniju strojeva. U istim uvjetima najveća produktivnost rada postignuta je linijom strojeva za spremanje sječkane zelene lucerne gdje cijeli posao obavlja jedan radnik, a iznosi 12,2 min/t. Kada taj posao obavljaju dva radnika produktivnost rada iznosi 15,0 min/t. Najmanja produktivnost rada postignuta je linijom strojeva za spremanje nesječkane lucerne gdje cjelokupni posao obavljaju tri radnika, a iznosi 51,5 min/t.

Prema tome, linija strojeva koja ima univerzalni krmni kombajn i prikolicu s bočnim istovarom i gdje cjelokupni posao obavljaju dva radnika prihvatljiva je sa stanovišta fiziologije ishrane i produktivnosti rada kao rješenje za velike stočarske farme.

LITERATURA

1. B a i n e r i dr.: Principles of farm machinery, New York, 1955.
2. B r č i ć: Mehanizacija rada u stočarstvu I dio — Zgb, 1964

3. Brčić: Suvremena tehnička i tehnološka dostignuća kao i tendencije u mehaniziranom spremanju sijena, zelene krme i silaže. (Interna skripta Zavoda za polj. strojarstvo — Zagreb 1969)
4. Capek: Poljoprivredna oruđa za ratare I dio — Zagreb, 1966
5. Đorđević i dr.: Kosačica Steyr-Busatis i samoutovarna prikolica »Nanster« — Poljoprivredna tehnika — Beograd 12/1967
6. Kanafajski: Landmaschinen II/i — Berlin 1961
7. Lacković: Ispitivanje krmnih kombajna. Agronomski glasnik 1—2/1962
8. Solomikin i dr.: Usoveršenstvovanje radnih organov rotornih kosilok-izmelčitelej. Traktori i selhozmašini 3/1967
9. Segler: Der Konstruktion des Feldhäckslers, Landtechnische Forschung, 1/1954
10. Richy: Agricultural engineers' handbook, New York 1961