Biblid:0350-2953 (2018) 44(4): 141-146;
UDK: 631.3; 631.1;

Originalni naučni rad
Original scientific paper

**EKONOMSKA I EKSPLOATACIONA ANALIZA
GUBITAKA KOMBAJNA U ŽETVI PŠENICE
ECONOMIC AND EXPLOITATIVE ANALYSIS
OF HARVEST LOSSES IN WHEAT HARVEST**

**Turan Jan¹, Višacki, Vladimir¹, Sedlar Aleksandar¹, Bugarin Rajko¹,
Mašan Vladimir¹, Janić Todor¹, Ondrej Ponjičan¹**

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad

² Univerzitet Mendel u Brnu, Departman za hortikulturu, Valtička 337, 691 44 Lednice, Češka
Republika

E-mail: jturan@polj.uns.ac.rs

REZIME

Kod savremenih kombajna sa pripadajućom dodatnom opremom počev od navigacije pa do automatskog sistema upravljanja vršidbom, rad je veoma olakšan. No, i pored takvih sistema, gubici u toku žetve su neizbežni. Gubici su rezultat nekoliko faktora, od kojih mogu biti uslovi na terenu, stanje useva i poslednji ali najvažniji jeste podešenost kombajna. Ukupni gubici kombajna mogu dostići visoke vrednosti i do preko 20%.

Dugogodišnja eksploatacija kombajna dovodi do povećanja gubitaka tokom rada. Pored redovnog održavanja kombajna, povećanje gubitaka je neizbežno. Treba pronaći relaciju između gubitaka kombajna, ovršene površine i cene novog kombajna uključujući eksploatacione parametre rada.

U radu su dati osim eksploatacionih parametara rada, navedeni su i ekonomski parametri gubitaka kombajna usled dotrajalosti. Visina ekonomskih gubitaka mogu dostići za godinu dana nivo od ukupne cene kombajna.

Ključne reči: vršidba, kombajn, izvršajni sklop, cena, gubici.

1. UVOD

Kombajni za ubiranje ratarskih useva danas predstavljaju jednu veoma složenu mašinu ne samo iz razloga konstrukcije sklopova i pod sklopova već zbog celokupnog praćenja i automatskog ili ručnog podešavanja rada na osnovu ulaznih podataka. Praćenje rada kombajna se odvija iz kontrolno komandnog centra ili kabine kombajna. Sve izmerene vrednosti poput broj obrtaja vitla, pozicija vitla, brzina bubnja, odbojnog bitera, oscilacije slamotresa i sita, broj obrtaja ventilatora, brzina i kapacitet vazdušne struje se prikazuju rukovaocu. Dodatno se izračunava opterećenje kombajna odnosno motora, kao i potrošnja goriva. Tu su i eksploatacioni parametri kombajna koji se snimaju i prikazuju.

Svi ovi parametri utiču na odluku rukovaoca kako će podesiti kombajn. Kod savremenih kombajna sa pripadajućom dodatnom opremom počev od navigacije pa do automatskog sistema upravljanja vršidbom, rad je veoma olakšan. No, i pored takvih sistema, gubici u toku žetve su neizbežni. Gubici su rezultat nekoliko faktora, od kojih mogu biti uslovi na terenu, stanje useva i poslednji ali najvažniji jeste podešenost kombajna. Ukupni gubici kombajna mogu dostići visoke vrednosti i do preko 20% (Hassani HS, 2011.). Gubici se mere na hederu i vršalici odnosno separacionom sklopu. Oni će biti veći u slučaju povećanja brzine kretanja Mansour-rad i Minaie (2003). Reza A (2013) zaključuje da na gubitak u žetvi direktno utiče brzina kretanja, visina reza i brzina obrtanja vitla. Brzina kretanja najviše utiče na kvalitet rada iz razloga jer je količina požnjevene mase u direktnoj zavisnosti od brzine kretanja, veća brzina više požnjevene mase.

Međutim, eksploatacioni vek kombajna je uvek tema rasprave u naučnim i stručnim krugovima. Radni vek kombajna se često vezuje za godine rada što je pogrešno jer se postavlja pitanje

o ovršenoj površini. Drugi pak poistovećuju vek kombajna sa časovima rada motora bez obzira na opterećenje motora u toku rada. Treći zaključak se svodi na časove rada izvršajnog sklopa što je možda i najbolji pokazatelj. Ali se tu može dovesti u pitanje zbog količine pokošene mase, prinosa, odnosa zrna i slame i opterećenja celog sklopa. Kako god, duža eksploatacija kombajna dovodi do povećanja gubitaka tokom rada. Pored redovnog održavanja kombajna, povećanje gubitaka je neizbežno. Treba pronaći relaciju između gubitaka kombajna, ovršene površine i cene novog kombajna uključujući eksploatacione parametre rada.

Zadatak rada predstavlja ispitivanje kombajna u žetvi pšenice pri različitim eksploatacionim parametrima rada. Dodatno su mereni ukupni gubici kao i finansijski gubici na datoj površini koju oba kombajna kose. Cilj istraživanja je prikaz energetskih i eksploatacionih efekta rada kombajna koji su prekoračili svoj eksploatacioni vek. Osim toga, prikazom finansijskih gubitaka kombajna bi trebalo doći do konačnog zaključka o zameni ne samo ispitivanih kombajna već svih generalno. Ovaj rad treba da posluži kao primer brzog proračuna ekonomskih gubitaka kombajna sa aspekta izmerenih direktnih gubitaka na njivi.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Ispitivanja su sprovedena u ataru mesta Lovćenac. Mereni su direktni ekonomski gubici kombajna Claas Dominator Mega 218. Prikazani su direktni gubici, odnosno oni koji se generišu odmah tokom rada. Ti gubici obuhvataju gubitke usled rastura, nekvalitetnog rada, loših eksploatacionih karakteristika, potrošnje goriva i gubitaka usled produženja agrotehničkog roka žetve. Analiza je urađena prostom promenom eksploatacionih parametara na osnovu čega su dobijene druge vrednosti. Kao reporni podaci uzeti su podaci ispitivanja drugih kombajna iste klase. Promenom brzine kretanja težilo se dobijanju što boljih eksploatacionih karakteristika.

Karakteristike ispitivanih mašina

Tab. 1. Karakteristike oba ispitivana kombajna

R. B.	OPIS	
1.	Proizvođač	Claas
2.	Model	Dominator Mega 218
3.	Klasa kombajna	V
4.	Snaga motora	270 KS (200 kW)
5.	Motor	MB OM 441 A TD
6.	Zapremina rezervoara	500 l
7.	Prečnik glavnog bubnja	450 mm
8.	Širina glavnog bubnja	1580 mm
9.	Sekcija slamotresa	6
10.	Dužina slamotresa	4,4 m
11.	Površina slamotresa	7,7 m ²
12.	Površina gornjeg sita	2,75 m ²
13.	Površina donjeg sita	2,35 m ²
14.	Podešavanje sita	ručno
15.	Zapremina bunkera	8000 l
16.	Radni zahvat hедера	6 m

3. REZULTATI ITRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

U narednoj tabeli su dati izmereni eksploatacioni parametri rada. U kolonama 2 u 3 su date vrednosti eksploatacionih parametara. U kolonama 2% i 3% date su promene eksploatacionih parametara koje su nastale kao rezultat promene stvarne radne brzine kretanja. Predznak minus označava smanjenje karakterističnog parametara. Uvećanje pojedinih parametara rada urađeno je proporcionalnom metodom budući da nije moguće predvideti sve promene.

Shodno datim proporcijama, u tabeli 2 se uočava da sa povećanjem brzine sa 2,7 km/h na 4 odnosno 5,5 km/h dolazi do povećanja ukupnog kapaciteta kombajna za 48,15% odnosno za 103,7%. Budući da je maksimalan kapacitet kombajna 8 kg/s, dolazi se do toga da će iskorišćenje kapaciteta

kombajna sa pomenutim povećanjem brzine biti oko **56%** u odnosu na trenutno iskorišćenje kapaciteta od **27,7%**. Odmah se može zaključiti da kombajn kosi nisko i da puno slame ulazi u kombajn te da bi bilo dobro povećati visinu košenja. Na taj način će udeo zrna u ukupnoj masi biti veći. Vreme okretanja će biti manje, a vreme rada veće za oko 20%.

Prema dosadašnjim istraživanjima, kombajni iste klase (sa istim karakteristikama, propusnom moći i kapacitetu) iskorišćenje kapaciteta se kreće od 65% do čak 90%. Najbolje bi bilo kada bi se iskorišćenje kapaciteta kombajna kretalo oko 75% sa istim procentom opterećenja motora. Tako kombajni John Deere serije W sa istim karakteristikama u žetvi pšenice čiji je motor bio opterećen sa 80% a iskorišćenje kapaciteta kombajna iznosilo je skoro 70%. To se postiglo tako što je visina košenja bila mnogo viša i brzina kretanja veća. Slična situacija je bila i sa kombajnim Claas Lexion serije 4 čije je iskorišćenje kapaciteta bilo 78% što je postignuto većom visinom košenja. Odmah se to odrazilo na produktivnost budući da je u pokošenoj masi koja je ulazila u kombajn na izvršaj bilo mnogo više zrna a mnogo manje slame.

Tab. 2. Eksploatacioni parametri rada, vreme i kapacitet kombajna

r. b.	OPIS	1	2	2%	3	3%
1.	Stvarni radni zahvat, m	5.60	5.60		5.60	
2.	Koeficijent iskorišćenja radnog zahvata	0.93	0.93		0.93	
3.	Radna brzina kretanja, km/h	2.70	4.00	48.15	5.50	103.70
4.	Vreme praznogradnog kretanja, %	5.69	5.69		5.69	
5.	Vreme okretanja, %	4.33	4.33		4.33	
6.	Vreme rada, %	73.67	73.67		73.67	
7.	Vreme istovara, %	11.11	11.11		11.11	
8.	Vreme zastoja, %	5.19	5.19		5.19	
9.	Koeficijent iskorišćenja vremena	0.74	0.74		0.74	
10.	Prinos, kg/ha	4433	4433.00		4433.00	
11.	Kapacitet kombajna, kg/h	1.23	1.83	48.15	2.51	103.70
12.	Ukupni kapacitet kombajna, kg/h	2.22	3.29	48.15	4.53	103.70

Isto procentualno povećanje će se ostvariti i kod ostalih parametara rada. Sa povećanjem brzine kretanja za skoro 50%, eksploatacioni učinci će se povećati za isto toliko. Problem se može pojaviti u vidu problema transporta zrna sa parcele. Direktna uticaj na sam tok i ispunjenje agrotehničkog roka se ogleda u tački 20. Sezonski učinak je direktno povezan sa brojem dana potrebnih za žetvu. Kod svih useva taj rok mora naravno biti što kraći posebno kada se govori o suncokretu, soji, pšenici i uljanoj repici. Suncokret je najosetljiviji i najbrže dolazi do gubitka u kvalitetu i prinosu sa produžetkom vremena žetve. Kod pšenice se manifestuje naglim smanjenjem nasipne gustine, hektolitarske mase i osipanjem.

Tab. 3. Eksploatacioni parametri rada, proizvodnost kombajna.

r. b.	OPIS	1	2	2%	3	3%
13.	Časovni učinak, ha/h	1.00	1.49	48.15	2.04	103.70
14.	Eksploataciona časovna proizvodnost, kg/h	4443.89	6583.54	48.15	9052.36	103.70
15.	Koeficijent iskorišćenja vremena smene	1.13	1.13	0.00	1.13	0.00
16.	Smenski učinak, ha/sm	9.02	13.37	48.15	18.38	103.70
17.	Eksploataciona smenska proizvodnost, kg/sm	39994.99	59251.83	48.15	81471.27	103.70
18.	Dnevni učinak, ha/dan	9.02	13.37	48.15	18.38	103.70
19.	Eksploataciona dnevna proizvodnost, kg/dan	39994.99	59251.83	48.15	81471.27	103.70
20.	Sezonski učinak, ha/sez	270.66	400.98	48.15	551.35	103.70
21.	Eksploataciona sezonska proizvodnost, kg/sez	1199849.61	1777554.98	48.15	2444138.10	103.70

Na kraju, zbog povećane brzine kretanja kombajna od skoro 50%, dolazi se do povećanja potrošnje goriva za 32,5%. Ovo je maksimalna usvojena vrednost za dati motor kombajna. Međutim, usled povećanja brzine kretanja, eksploatacioni učinci su se povećali što suštinski rezultira smanjenjem utroška goriva po jedinici površine i mase za oko 10,5%. Sa povećanjem brzine kretanja na 5,5%, potrošnja goriva će se povećati za čak 68,39% ali će se jedinični utrošak goriva smanjiti za 17,34%. Najznačajniji parametri jesu upravo produktivnost mašinskog i ljudskog rada kao i utrošak ljudskog i mašinskog rada. Uvek je polazna tačka za ove parametre produktivnost mašinskog rada. Ukoliko se poveća brzina kretanja na 4 km/h, produktivnost mašinskog rada će se smanjiti sa 199,51 kWh/ha na 134 kWh/ha. Ovu tačku kao i naredne tri tačke treba posmatrati kao utrošak na dobit. Shodno tome, produktivnost mašinskog rada se tumači na sledeći način:

- Kombajn će potrošiti 199,51 kWh rada za vršidbu 1 ha površine pod pšenicom ukoliko se kreće 2,7 km/h. Za brzinu od 4 km/h kombajn će potrošiti 134,67 kWh za vršidbu površine od 1 ha pod pšenicom. Rezultat povećanja brzine kretanja ogleda se u smanjenju potrošnje energije za 32,5%.
- Povećanjem brzine kretanja na 5,5 km/h dolazi se do smanjenja energetske parametara rada za više od 50%. Znači, kombajn će potrošiti za oko 51% manje energije ukoliko se bude kretao brže. Povećanjem brzine kretanja dolazi do povećanja opterećenja kombajna i boljeg iskorišćenja njegovih eksploatacionih karakteristika.
- Smanjenjem utroška mašinskog rada, smanjuje se i utrošak živog rada. Isto je i sa produktivnošću živog rada.
- Potrošnja energije za izvršaj 1 ha pšenice se najčešće kreće od 80 kWh do 90 kWh što se može usvojiti kao optimum. Ovo su optimalne usvojene vrednosti za uslove rada u Vojvodini. Dobijene su na osnovu brojnih istraživanja eksploatacionih karakteristika rada različitih kombajna.

Tab. 4. Eksploatacioni parametri rada kombajna, energetski parametri rada

r. b.	OPIS	1	2	2%	3	3%
22.	Časovna potrošnja goriva, l/h	18.00	23.85	32.50	30.31	68.39
23.	Utrosak goriva po jedinici površine, l/ha	17.96	16.06	-10.56	14.84	-17.34
24.	Utrosak goriva po jedinici mase, l/t	4.05	3.62	-10.56	3.35	-17.34
25.	Produktivnost mašinskog rada, kWh/ha	199.51	134.67	-32.50	97.94	-50.91
26.	Utrosak mašinskog rada, kWh/t	45.01	30.38	-32.50	22.09	-50.91
27.	Produktivnost živog rada, radnik h/ha	2.99	2.02	-32.50	1.47	-50.91
28.	Utrosak živog rada, radnik h/t	0.68	0.46	-32.50	0.33	-50.91

Direktni gubici kombajna

Dati parametri daju polaznu osnovu za ekonomsku analizu rada i proračun direktnih finansijskih gubitaka kombajna u toku sezone za datu kulturu. Proračun je datu usev pšenice i površinu od 500 ha. Oba testirana kombajna su trebale da odrade po 250 ha. Uzete su izmerene vrednosti gubitaka iz prethodne 2017. godine na prinosu od 6000 kg/ha.

Tab. 5. Gubici kombajna u EUR

	Gubici, %	Gubici, kg	Dozvoljeno, %	Ukupno, kg	Razlika, kg	Ukupno, kg	Ukupno *, EUR
CLS 2	4.06	264.192	2.5	162.6798	101.5122	25378.05	3172.26
CLS 1	4.61	299.624	2.5	162.4859	137.1381	34284.52	4285.56

* - cena pšenice od 15 RSD/kg i kurs evra od 120 RSD/EUR

U žetvi pšenice kombajni prave gubitak usled rastura u pojedinačnom iznosu od 3.172,26 EUR odnosno 4.285,56 EUR za ukupnu površinu od 500 ha. To su ostvareni gubici usled lošeg rada

kombajna i rastura što nije u vezi sa narednom tabelom 6. U tabeli 6 su dati gubici kombajna usled toga što je produžen agrotehnički rok.

Tab. 6. Gubici kombajna usled produženja agrotehničkog roka

Povrsina, ha	250		
Dnevni učinak, ha/dan	9.02	13.37	18.38
Broj dana	27.71	18.7	13.6
Stopa gubitaka, %	0.15		
Gubici po agrotehničkom roku, EUR	3967.53	2532.8	0

Svakim danom produženja agrotehničkog roka dolazi do pada u kvalitetu pšenice i povećanju osipanja. Usvojena je stopa gubitaka od 0,15% na dnevnom nivou. U zavisnosti od vremenskih uslova i karakteristika sorte, stopa gubitaka nikada nije manja od usvojene vrednosti. U proizvodnoj 2018. godini stopa gubitaka usled produženja roka žetve iznosila je oko 0,5% na dnevnom nivou usled čestih padavina i vetra. Iz tabele 6 se može videti da je zbog loših eksploatacionih parametara došlo do gubitaka od 3.967,53 EUR po sezoni za jedan kombajn zbog toga što je kombajn imao veoma loš eksploatacioni učinak. Da je kombajn imao brzinu kretanja od 4 km/h taj gubitak bi se smanjio na 2.532,8 EUR po sezoni za jedan kombajn. Starost kombajna međutim u velikoj meri onemogućava veće brzine kretanja jer iste znače veće opterećenje za mašinu što rezultira većom opasnošću od kvara i zastoja u žetvi. Zastoj u žetvi je nešto što se po svaku cenu želi izbexi. Ovo je proračun samo za jednu kulturu, pšenicu.

U narednoj tabeli 7 su sumirani direktni sezonski gubici loših eksploatacionih karakteristika kombajna. Loše eksploatacione karakteristike kombajna nisu direktna posledica neadekvatne podešenosti mašine ili krivice rukovaoca odnosno inženjera već u ovom slučaju jeste dugi eksploatacioni period mašine.

Tab. 7. Ukupni proizvodni gubici.

R.B.	OPIS	UKUPNO, EUR
1.	Direktni gubici kombajna	3.172,26 + 4.285,56 EUR
2.	Produženje agrotehničkog roka	2.532,8
3.	Potrošnja goriva	1267 + 1267
4.	Radna snaga	458,3
	UKUPNO*, EUR	12.982,92

* - gubici za oba kombajna po sezoni u žetvi pšenice.

Dati ukupni gubitak od **12.982,92 EUR** se odnosi samo na date stavke. Nisu uključene stavke popravki i održavanja. Takođe, dati podaci u tabeli su za brzinu od 4 km/h. Za veće brzine kretanja od preporučenih 5,5 km/h gubici su za još oko 35% veći. Ovaj proračun se odnosi za date podatke.

4. ZAKLJUČAK

Najveći gubici se ostvaruju direktno na rasturu i na produženje agrotehničkog roka. Stvarni gubici oba kombajna prevazilaze prihvatljive granice. Eksploatacioni period za oba kombajna je istekao i predlaže se nabavka novih kombajna. Utvrđeni su sledeći parametri:

- zbog loših eksploatacionih parametara došlo je do gubitaka od 3.967,53 EUR po sezoni za jedan kombajn zbog toga što je kombajn imao veoma loš eksploatacioni učinak;
- ostvaren je gubitak od 2.532,8 EUR po osnovu produženja agrotehničkog roka;
- manjom brzinom kretanja troškovi potrošnje goriva su 2534 EUR;
- Gubici kombajna iznose 7457,82 EUR prilikom žetve pšenice za date uslove i sezonu;

Ovo su prvi i osnovni pokazatelji gubitaka kombajna. Za detaljnu analizu potrebno je uključiti i troškove rezervnih delova, održavanja, radne snage, druge ekonomske gubitke.

5. LITERATURA

- [1.] Hassani HS, Jafari A, Mohtasebi, SS, Setayesh, AM. 2011. Investigation of grain losses of the JD 1165 combine harvester equipped with variable pulley and belt for forward travel, American Journal of Food Technology, 6(4): 314-321
- [2.] Junsiri C, Cinsuwan W. 2009. Prediction equations for header losses of combine harvesters when harvesting Thai Hom Mali rice, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 31(6):613-620.
- [3.] Maertens, K., H. Ramon and J. de Baerdemaeker, 2004. An on-the-go monitoring algorithm for separation processes in combine harvesters. J. Comput. Electronics Agric., 43: 197-207.
- [4.] Miu, P.I. and H. Kutzbach, 2008. Modeling and simulation of grain threshing and separation in axial threshing units: Part II. Application to tangential feeding. J. Comput. Electronics Agric., 60: 105-109.
- [5.] Mostofi MR. 2011. "Investigation and technical comparison of new and conventional wheat combines performance to improve and modification." Agricultural Engineering International: CIGR Journal 13(3):63-68
- [6.] Sheikh Davoodi MJ, Houshyar E. 2010. Evaluation of Wheat Losses Using New Holland Combine Harvester in Iran, American Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science, 8 (1): 104-108.
- [7.] Turan J. 2007. Capacity Of Combine In Wheat And Maize Harvesting, Savremena poljoprivreda, 34 (3-4): 585-589.
- [8.] Turan J., et al. (2016): Primena brze metode za merenje gubitaka kombajna u žetvi pšenice. Savr. polj. tehn. 42(3):171-180.

ECONOMIC AND EXPLOITATIVE ANALYSIS OF HARVEST LOSSES IN WHEAT HARVEST

**Turan Jan, Višacki, Vladimir, Sedlar Aleksandar, Bugarin Rajko,
Mašan Vladimir, Janić Todor, Ondrej Ponjičan**

SUMMARY

In modern combines with associated accessories starting from navigation to automatic control system, the work is very easy. But despite such systems, losses during harvest are inevitable. Losses are the result of several factors, of which conditions can be on the ground, crop condition and last, but the most important is the setting of the harvester. Total combine harvest losses can reach high values of up to 20%.

Long-term exploitation of the combine leads to increased losses during operation. In addition to the regular maintenance of the harvester, the increase in losses is inevitable. It is necessary to find a relation between the losses of harvesters, the overcrowded surface and the price of the new combine, including the exploitation parameters of the work.

In addition to the exploitation parameters of labor, the economic parameters of the combine of the combine due to the worsening are given in the paper. The amount of economic losses can reach the level of the total price of the harvester in a year.

Key words: harvesting, combine, threshing system, price, losses.

Napomena: rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu TR31046, „Unapređenje kvaliteta traktora i mobilnih sistema u cilju povećanja konkurentnosti, očuvanja zemljišta i životne sredine“, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Primljeno: 28. 11. 2018. god.

Prihvaćeno: 10. 12. 2018. god.