



*Originalni naučni rad*

## Efikasnost rada šumske troredne sejačice pri podsejavanju žira u sastojinama hrasta lužnjaka

Milorad Danilović<sup>1</sup> , Zoran Đorđević<sup>2</sup>, Andreja Lazović<sup>2</sup>, Slavica Antonić<sup>1\*</sup> <sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, Republika Srbija<sup>2</sup> Javno preduzeće "Vojvodinašume", Petrovaradin, Republika Srbija

\* Autor za korespondenciju: Slavica Antonić; E-mail: slavica.antonice@sfb.bg.ac.rs

**Datum prispeća rukopisa u uredništvo:** 25.04.2024; **Datum recenzije:** 14.05.2024; **Datum prihvatanja rukopisa za publikovanje:** 04.06.2024.

**Apstrakt:** U radu su prikazani rezultati istraživanja efekata rada šumske troredne sejačice agregatirane na dva traktora različite nominalne snage. Razlika između nominalne snage traktora bila je 8.5 kW. Sejačica je tehničko rešenje ŠG „Sremska Mitrovica“. Istraživanja su izvršena na površinama pripremljenim za podsejavanja semena hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). U radu su analizirani efekti rada sejačice u zavisnosti od snage traktora. Primenjena je studija rada, odnosno metoda fotohronometraže i protočna metoda merenja vremena. Na bazi rezultata istraživanja proizilazi da u istim uslovima rada traktor veće snage ostvaruje i veće prosečne brzine u svim uslovima rada. Razlike iznose oko 15%. Učinci rada zavise od dužine parcele, odnosno sa povećanjem dužine smanjuje se učešća vremena okretanja u ukupnom vremenu rada. Jedan od elemenata koji ima uticaj na učinke rada je udaljenost žira za punjenje koša sejačice. Kako bi ovo vreme imalo što manji uticaj potrebno je pre početka rada izabrati optimalnu poziciju žira za punjenje koša sejačice. Definisane uslova rada određeno je u zavisnosti od stanja pripremljenosti sečine i vlažnosti zemljišta. U toku rada javljali su se zastoji koji su rezultat konstrukcijskih nedostataka sejačice. Učinci su se kretali u rasponu od 1.81 ha/dan do 4.05 ha/ dan u zavisnosti od snage traktora, stanja setvene površine i dužine parcele. Prosečna potrošnja goriva traktora veće snage po efektivnom satu rada u istim uslovima je veća za 23.3%.

**Ključne reči:** sejačica, traktor, hrastov žir, podsejavanje, učinci.*Original scientific paper*

## Efficiency of the forest three-row seeder in acorn reseedling

**Abstract:** This paper presents the results of a study on the effects of operating a forest triple seeder implement aggregated onto tractors of various nominal powers. The difference in nominal power among the tractors was 8.5 kW. The seeder implement utilized in the study is a technical solution from FE "Sremska Mitrovica". The research was conducted on areas prepared for the underseeding of pedunculate oak seeds. The paper analyzes the effects of seeder operation based on tractor power. The study employed work analysis, specifically the method of photochronometry and flow measurement of time. The research results indicate that under identical operating conditions, a tractor with higher

power achieves higher average speeds in all operating conditions, with differences of approximately 15%. The operational effects vary depending on the length of the plot, as an increase in length reduces the proportion of turnaround time in the total operation time. One of the factors influencing operational effects is the distance of the seed loading point from the seeder's basket. To minimize the impact of this time, it is necessary to select the optimal position for the seed loading point before starting operation. The definition of operating conditions is determined based on the condition of the cutting preparation and soil moisture. During operation, there were interruptions due to design flaws in the seeder, with operational effects ranging from 1.81 ha/day to 4.05 ha/day depending on tractor power, the condition of the sowing area, and plot length. The average fuel consumption of higher-powered tractors per effective hour of operation under identical conditions is 23.3% higher.

**Keywords:** seeder implement, tractor, acorn, underseeding, effectivity.

## 1. Uvod

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) ima široku rasprostranjenost u Evropi, pa se tako može naći na severu, na norveškoj obali i u severnoj Škotskoj; u mediteranskim oblastima prisutan je u Portugalu, Grčkoj i Južnoj Turskoj, a na istoku se proteže centralnom kontinentalnom Rusijom, do Urala (Jovanović, 2000). Posebno je cenjen zbog svoje pravolinijske strukture, trajnosti (zahvaljujući tvrdoći) i visokom sadržaju tanina, što ga čini otpornim na napade insekata i gljivica (Eaton et al. 2016). Pored toga, hrast lužnjak ima i izrazitu sposobnost apsorbovanja ugljen-monoksida i stvaranja kiseonika (Reho et al. 2022).

U Srbiji, on zauzima male površine u odnosu na ukupnu površinu pod šumama, pa tako prema Drugoj nacionalnoj inventuri šuma (2023) hrast lužnjak zauzima oko 1% ukupne površine, ali po zapremini učestvuje sa skoro 3%, što dovoljno govori o njegovim izuzetnim svojstvima i tehničkoj vrednosti. Osim toga, drveni sortimenti lužnjaka pripadaju najvišem cenovnom rangu u poređenju sa ostalim vrstama kako u Srbiji, tako i u okruženju (u Hrvatskoj i Sloveniji) pa se zbog toga često prodaju na aukciji, gde je u prethodnom periodu dostizao cenu od čak i preko 2000.00 €/m<sup>3</sup> (Landekić et al. 2024). Sa druge strane, lužnjak se karakteriše i veoma dugim periodom ophodnje (140 godina) (Klepac, 1988).

S obzirom da se radi o veoma cenjenoj i važnoj vrsti, sa dugim periodom ophodnje, potrebno je posvetiti veliku pažnju ne samo korišćenju, nego i obnovi i gajenju hrasta lužnjaka. Obnova sastojina hrasta lužnjaka vrši se po sistemu oplodnih seča kratkog perioda podmlađivanja. Specifičnosti lužnjaka kao što su periodičnost uroda (3-5 godina), teško seme koje pada u projekciji krošnji i okolnost da seme u izmenjenim ekološkim uslovima dehidrira i postaje neupotrebljivo, dovode do toga da se deo površina ne može obnoviti prirodnim putem. Na mestima gde prirodno obnavljanje izostaje vrši se dodatno unošenje semena podsejavanjem, pa se kombinovanjem prirodnog i veštačkog obnavljanja postižu zadovoljavajući rezultati.

Rađević et al. (2020) ističu da je kombinovana prirodna i veštačka obnova lužnjaka prihvatljiva i sa aspekta sertifikacije šuma, kao i da se sastojine podignute semenom sakupljenim sa područja obnove mogu smatrati autohtonim, a obnovljenim veštačkim putem.

Za ovakav način podmlađivanja neophodno je obezbediti seme u odgovarajućoj količini i zadovoljavajućeg kvaliteta. Seme hrasta lužnjaka potrebno za podsejavanje obezbeđuje se iz semenskih sastojina sa područja JP „Vojvodinašume“ na način da se obavlja otkup opalog semena hrasta lužnjaka sakupljenog od strane lokalnog stanovništva. Radi obezbeđivanja dovoljne količine kvalitetnog semena i efikasnog podmlađivanja sastojina hrasta lužnjaka, u Šumskoj upravi „Morović“, Šumskog gazdinstva „Sremska Mitrovica“ osnovan je semenski centar za doradu i skladištenje semena hrasta lužnjaka (Orlović i dr. 2008). Skladištenjem i zaštitom semena u dve hladnjače kapaciteta 160 t umanjuje se negativan uticaj periodičnosti uroda i omogućava obnova sastojina hrasta lužnjaka i u godinama kada urod izostane.

U okviru JP „Vojvodinašume“ setva semena hrasta lužnjaka obavlja se na različite načine, od klasičnih ekstenzivnih metoda (setva pod motiku), preko setve omaške i u brazdu, pa do potpuno mehanizovanog načina, primenom šumske sejačice. Potreba da se manuelan, fizički zahtevan rad na setvi žira zameni mehanizovanim radom veće produktivnosti, dovela je do ideje o konstrukciji šumske sejačice i u Šumskom gazdinstvu „Sremska Mitrovica“.

Većina istraživača je fokusirana na istraživanje efikasnosti i unapređenja tehnologija sadnje, a veoma mali broj istraživanja je usmeren na setvu, odnosno podsejavanje, kao jedan od načina obnavljanja šuma.

Državni univerzitet u Petrozavodsku razvio je kompleks mašina i tehnologija namenjenih da povećaju produktivnost ručnog rada i smanje troškove kasnijeg tretmana mladih sastojina. Ovaj kompleks između ostalog uključuje sejalicu SVU-1,2, koja rasadnicima omogućava povećanje prinosa sadnog materijala po hektaru i značajnu uštedu semena prilikom setve u poređenju sa tradicionalnom tehnologijom (Tsypouk et al. 2021).

Sa druge strane, u Rusiji više od pola veka postoji sejanje semena iz vazduha. Rezultati pokazuju da izbor metode pošumljavanja zavisi od karakteristika lokaliteta i stepena negativnog uticaja na životnu sredinu. Uopšteno govoreći, troškovi zasejavanja na takvim lokacijama bespilotnim letelicama (eng. unmanned aerial vehicles - UAV) su niži u poređenju sa korišćenjem letelica sa posadom (eng. micro air vehicle - MAV). Međutim, ostala su nerešena mnoga pitanja: koje vrste bespilotnih letelica i aparata za sejanje koristiti; kako postaviti UAV ispod krošnje šume itd. (Novikov i Ersson, 2019). Delimične odgovore na ova pitanja dalo je istraživanje Lysych et al. (2021).

Šumska troredna sejačica je idejno rešenje dipl. inž. Zorana Đorđevića koji je veći deo radnog veka posvetio obnovi šuma hrasta lužnjaka u ovom šumskom gazdinstvu (Janjatović i Đorđević, 2001). Početno konstruktivno rešenje sejačice iz 1990. godine je vremenom poboljšavano, tako da se danas za ovu fazu rada koristi unapređena sejačica koja u uslovima Sremskog šumarstva predstavlja veoma značajno sredstvo za rad, a imajući u vidu istovremeno značaj hrasta lužnjaka za Srbiju i šire. Sa druge strane, ne postoje norme niti egzaktna istraživanja koja bi potkrepila adekvatnu primenu sejačice, pa je ovo istraživanje od posebne važnosti, kao pionirsko u ovoj oblasti u Srbiji.

Cilj rada je istraživanje efekata rada šumske troredne sejačice na podsejavanju matične sastojine hrasta lužnjaka (150 stabala) na delimično pripremljenom terenu bez primene agrotehničkih mera.

## 2. Materijal i metode

U ovim istraživanjima primenjena je studija rada. Snimanje vremena trajanja radnih operacija i drugih tehnoloških elemenata obavljeno je digitalnim satom, po protočnoj metodi merenja vremena. Vreme je mereno sa tačnošću do na jednu sekundu. Snimano je pripremno-završno vreme, vreme sipanja žira u koš sejačice, vreme odlaska na mesto sipanja žira u koš sejačice i vreme povratka na mesto rada, vreme setve i vreme zastoja u radu.

Pored toga snimani su utrošci goriva pri setvi za dva traktora različite snage. Snimanje utroška goriva obavljeno je po metodu dolivanja rezervoara (Danilović, 2020). Prethodno su pripremljeni manuali u koji su upisivani: količina utrošenog žira, zasejana površina, broj prohoda sejačice, pređeni put pri setvi, broj okretanja, vreme rada motora traktora.

Uslovi rada podeljeni su na povoljne, srednje povoljne, nepovoljne. Definisane uslova rada izvršeno je na bazi vlažnost zemljišta, stanja prizemne vegetacije i zastupljenosti ostatka na površini za setvu i čistoće žira i vremenskih prilika. Povoljni uslovi rada: sastojina čista bez ostataka od grana i visoke biljne vegetacije. Vlažnost zemljišta umerene. Srednje povoljni uslovi rada: srednje gusta suva travna vegetacija i malo učešće grana. Vlažnost zemljišta povećana. Nepovoljni uslovi rada: znatno učešće suve travne vegetacije i ostataka od grana Zemljište vlažno.

Izbor površina na kojima je izvršena sadnja i u okviru njih površina za rad traktora različite snage izvršen je tako da se izoluje što više faktora koji bi eventualno mogli da utiču na istraživani tretman.

U toku snimanja nije bilo padavina, osim tri dana, kada je padala kiša manjeg intenziteta. Minimalna temperatura vazduha iznosila je 8°C, a maksimalna 19°C, odnosno radilo se o povoljnim

vremenskim prilikama. Na terenu je bila prisutna suva travna vegetacija retka do srednje gusta. Na površini za setvu nalazili su se sitni drvenasti ostaci koji nisu značajno uticali na rad sejačice. Zemljište je bilo srednje vlažno do vlažno. Žir je bio čist, srednje vlažnosti. U ukupnom vremenu rada tokom dana nije prikazano vreme odlaska na teren i vreme povratka sa terena. Vreme za doručak pri računanju normi rada uzeto je u trajanju od 30 minuta, bez obzira koliko je stvarno utrošeno, s obzirom da je ovo vreme zakonom propisano. Vreme sipanja žira u koš sejačice snimano je zajedno sa vremenom odlaska do mesta sipanja i vremenom povratka, odnosno radi se o prosečnom vremenu, jer je oni variralo u zavisnosti od vremena odlaska do mesta sipanja žira i povratka na mesto rada.

Podaci izvršenih snimanja prikazani su u vidu tabela. Za analizu podataka korišćena je deskriptivna statistika, regresiona i korelaciona analiza i analiza varijanse. Korišćeni su programi Statgraphics i Microsoft Excel 2013. Rezultati istraživanja su zasnovan na reprezentativnom uzorku. Broj realizovanih prohoda se kretao od 32 do 164, u zavisnosti od lokacije gde je vršeno snimanje.

### 2.1. Objekat istraživanja i sredstvo rada

Istraživanja su izvršena u šumama kojima gazduje JP „Vojvodinašume“, ŠG „Sremska Mitrovica“, u tri gazdinske jedinice i sedam odeljenja. Podsejavanje hrastovog žira obavljeno je u oktobru i novembru mesecu na delimično pripremljenom terenu (usitnjavanje žbunaste i travne vegetacije izvršeno mulčermom) i nepripremljenom zemljištu. Snimanja su trajala 14 dana.



**Fotografija 1.** Setva žira: a) traktor i troredna sejačica, b) setva hrastovog žira trorednom sejačicom, c) punjenje koša troredne sejačice hrastovim žirom

**Photo 1.** Sowing of acorns: tractor and three-row seeder, b) sowing oak acorns with a three-row seeder, c) filling the hopper of the three-row seeder with oak acorns

Podsejavanje žira izvršeno je šumskom troredom sejačicom širine zahvata 2.1 m u agregatu sa traktorom snage 51.5 kW i traktorom snage 60 kW.

Prva šumska sejačica sa ručnim doziranjem izrađena je u šumskoj upravi Višnjićevo 1990. godine (rešenjem o inovaciji 07-4307 od 10. maja 1991. godine). Na istim osnovama izrađena je poboljšana samodozirajuća šumska troredna sejačica 1995. godine u brodogradilištu „Sava“ Mačvanska Mitrovica i koristi se za pošumljavanja i popunjavanja sastojina hrasta lužnjaka na zemljištima različitog nivoa pripremljenosti. Cilj je bio da se postigne veća preciznost pri setvi.

Promenom dozatora može se koristiti za setvu drugih šumskih vrsta krupnog semena kao što su: kitnjak, cer, sladun, medunac, bukvića i dr.

Pri konstrukciji sejačice glavni zadatak bio je da pojava manjih prepreka (panjevi i drugih drvnih ostaka) na setvenoj liniji nemaju veliki uticaj na efekte rada sejačice.

Sejačica se sastoji od noseće konstrukcije (rama sejačice), koša za žir, tri noža sa ulagačima semena dozatora i ostalih pomoćnih elemenata. Razmak između redova pri setvi ovom sejačicom iznosi 70 cm (Fotografija 1). Potrošnja žira reguliše se promenom prenosnog mehanizama i stepenom otvora dozatora. Na fotografiji 1 prikazane su površine na kojima je izvršeno snimanje.

### 3. Rezultati

U tabeli 1 prikazana su prosečna vremena trajanja radnih operacija i tehnoloških elemenata u toku snimanja, pređena distanca, broj okretanja i prosečna brzina kretanja pri setvi žira. Pored toga, prikazano je vreme zastoja u toku rada i pripremno-završno vreme.

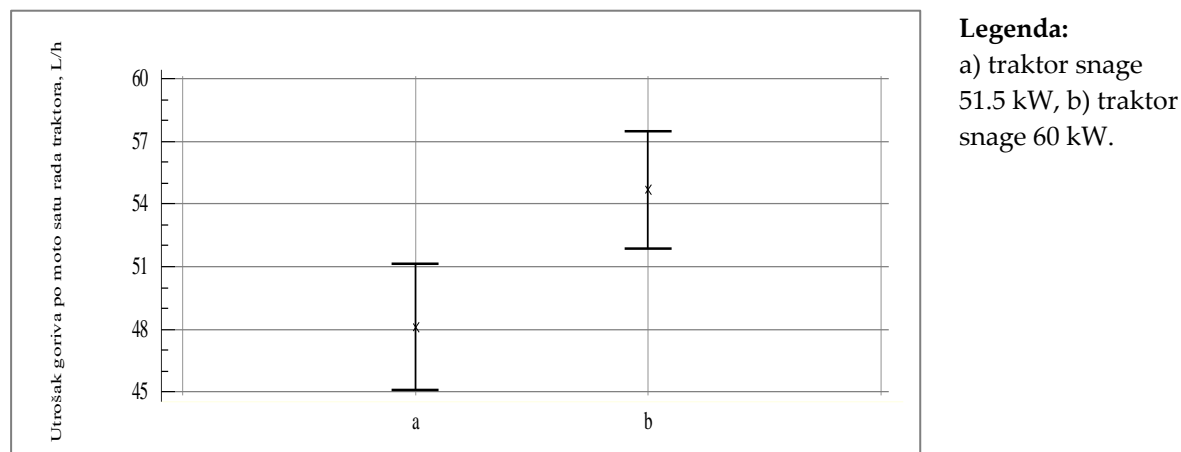
**Tabela 1.** Prosečna vremena trajanja radnih operacija i ostali elementi izvršenog snimanja.

*Table 1. Average durations of operational activities and other elements recorded.*

Vrsta posla	Sipanje žira u koš sejačice	Setva
Prosečan broj sipanja u toku radnog dana	8.7	-
Prosečno po danu (min/dan)	58.7	216.9
Prosečno po košu (min/košu)	6.8	-
Prosečan broj prohoda	-	68.1
Pređeni put pri setvi (m/dan)	-	11270.8
Prosečna brzina kretanja tokom setve (m/min)	-	51.6
Prosečno vreme okretanja (min/dan)	-	28.0
Prosečan broj okretanja po danu	-	61.1
Prosečno vreme jednog okretanja (min/okretaj)	-	0.46
Vreme zastoja (min/dan)	124.1	
Pripremno-završno vreme (min/dan)	11.8	

Vreme setve za traktor snage 51.5 kW po hektaru iznosilo je minimalno 97.9 i maksimalno 124.8 minuta, odnosno prosečno 104.5 minuta, a za traktor snage 60 kW iznosilo je minimalno 74.9 i maksimalno 107.8 minuta, odnosno 91.1 minuta. Razlika u dužini rada trorede sejačice za isto sredstvo rada na istoj površini je nastala zbog pojave kratkotrajne kiše. Ostali faktori nisu imali značajan uticaj na vreme rada sejačice. Iskorišćenje agregata (efektivno vreme rada) u toku dana za traktor nominalne snage 51.5 kW iznosilo je 55.7% od ukupnog radnog vremena, a za traktor snage 60 kW iznosilo je 59.9%.

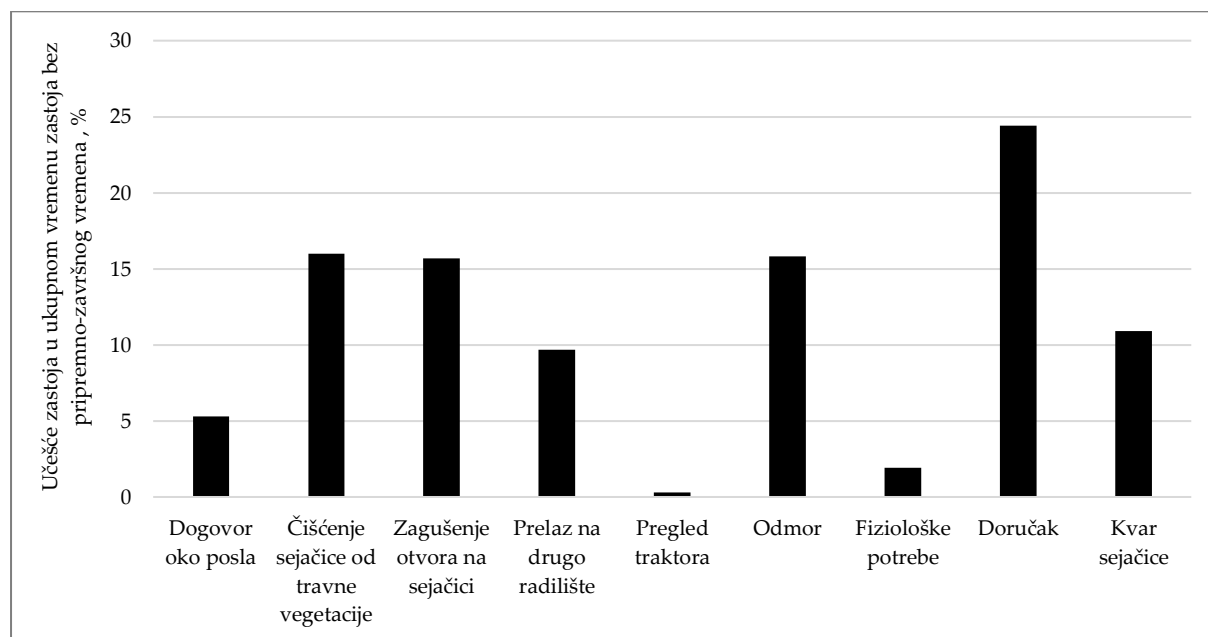
Prosečna brzina kretanja bila je u rasponu od 41.9 do 61.6 min/m za traktor manje snage i od 47.5 do 62.1 min/m za traktor veće snage. Na grafikonu 1 prikazani su intervali prosečne brzine kretanja u toku dana oko srednje vrednosti.



**Grafikon 1.** Intervali brzine kretanja oko srednje vrednosti.

*Figure 1.* Speed intervals around the mean value.

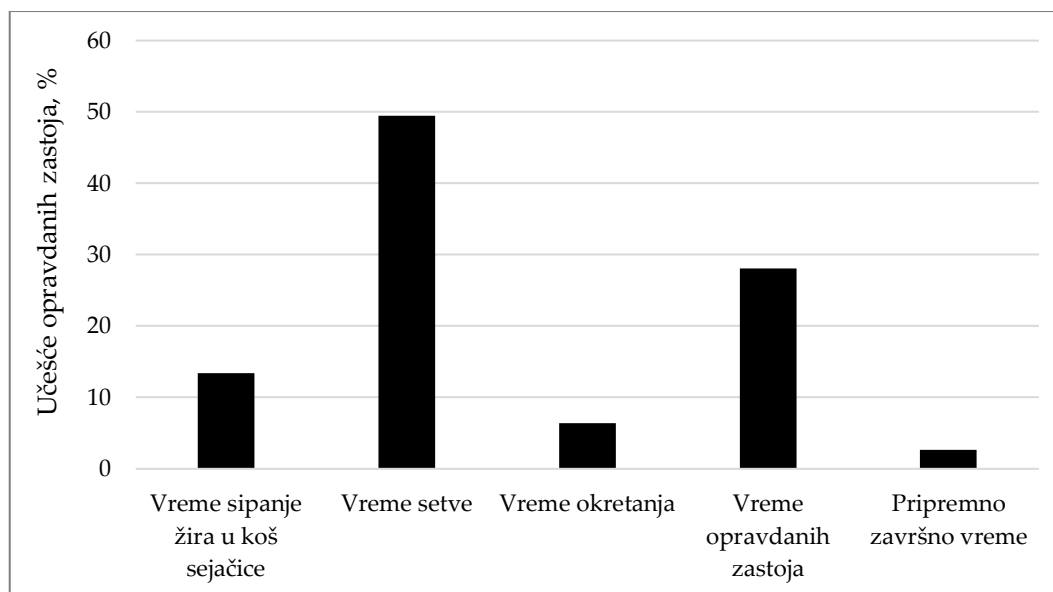
Na bazi rezultata analize varijanse proizilazi da između prosečne brzine kretanja traktora različite nominalne snage postoje značajne statističke razlike na nivou značajnosti od 95% ( $F=6.14$ ;  $p=0.031$ ). Prosečno vreme okretanja po jednom proходу se nije značajno razlikovalo između traktora različite snage ( $F=1.68$ ;  $p=0.221$ ) iznosilo je od 0.33 do 0.45 min/prohod, odnosno prosečno 0.41 min/prohod. Učešće zastoja u ukupnom vremenu zastoja bez pripremno-završnog vremena prikazano je na grafikonu 2.



**Grafikon 2.** Struktura i učešće zastoja u ukupnom vremenu opravdanih zastoja.

*Figure 2.* Structure and proportion of delay in the total time of justified delay.

Najveće učešće opravdanih zastoja odnosi se na vreme doručka i vreme čišćenje sejačice od travne vegetacije. U odnosu na ukupno vreme rada sejačice učešće zastoja iznosi 28% (Grafikon 3).



**Grafikon 3.** Struktura radnog vremena.

*Figure 3.* Working time structure.

Pripremno-završno vreme obuhvata: pregled i čišćenje sejačice, dobijanje naloga za rad i vreme sipanja goriva u rezervoar traktora. Istraživanje rada sejačice obuhvatilo je i merenje utroška goriva za traktore različite snage, vreme rada motora u toku dana i računanje prosečne potrošnje (Tabela 2).

**Tabela 2.** Elementi izvršenog merenja i izračunate vrednosti prosečnih utroška goriva za traktore različite snage.

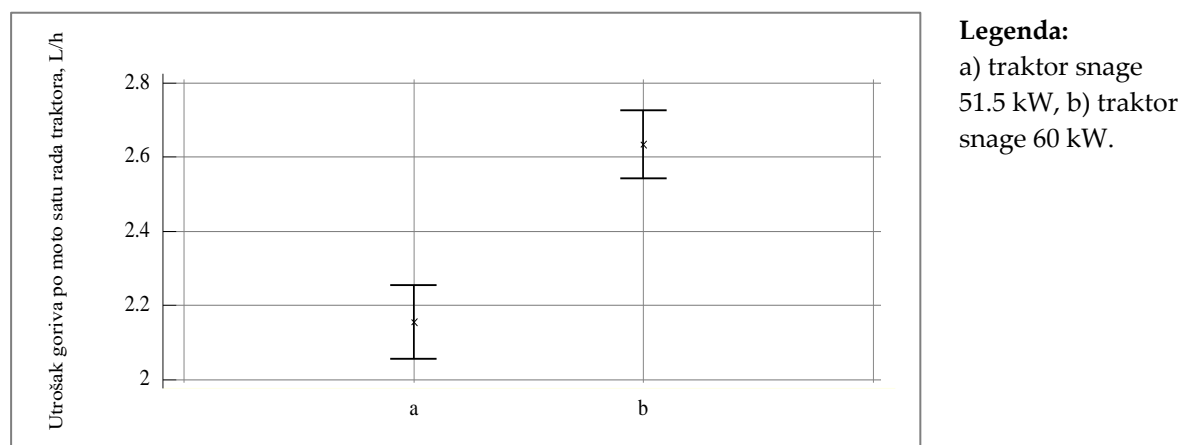
*Table 2.* Elements of measurement conducted and calculated values of average fuel consumption for tractors of different power.

Elementi merenja rada traktora i utroška goriva	Nominalna snaga traktora (kW)	
	51.5	60.0
Vreme rada traktora u toku dana (min/dan)	511.7	514.0
Vreme ugašenog motora traktora (min/dan)	76.3	77.0
Utrošak goriva u toku dana (L/dan)	15.6	19.2
Prosečna potrošnja goriva po moto satu (L/moto-sat)	2.1	2.6

Utrošak goriva pri radu traktorom manje snage je u proseku je manji za 0.48 l/motosatu. Potrošnja goriva za traktor nominalne snage iznosila je od 2.02 od 2.43 l/motosatu, a za traktor veće snage od 2.50 od 2.90 l/motosatu. Intervali odstupanja goriva od srednje vrednosti prikazani su na grafikonu 4.

Na bazi rezultata analize varijanse proizilazi da između prosečne potrošnje goriva po efektivnom satu rada traktora različite snage postoje statistički značajne razlike na nivou značajnosti od 95% ( $F=30.03$ ;  $p=0.0002$ ).





**Grafikon 4.** Intervali utroška goriva oko srednje vrednosti.

*Graph 4.* Intervals of fuel consumption around the mean value.

Učinci rada traktora agregatiranih sa sejačicom zavise od dužine parcele na kojoj se obavlja podsejavanje u od uslova rada. Takođe, utvrđeno je da uslovi rada utiču na vreme setve odnosno na brzinu kretanja traktora pri setvi. S obzirom da se brzina kretanja razlikuje od snage traktora u ovom slučaju ne mogu se uslovi rada na isti način tretirati za traktore različite snage.

U tabeli 3 prikazane su norme rada za traktore različite snage u različitim uslovima rada.

**Tabela 3.** Norme rada na poslovima podsejavanja hrastovog žira.

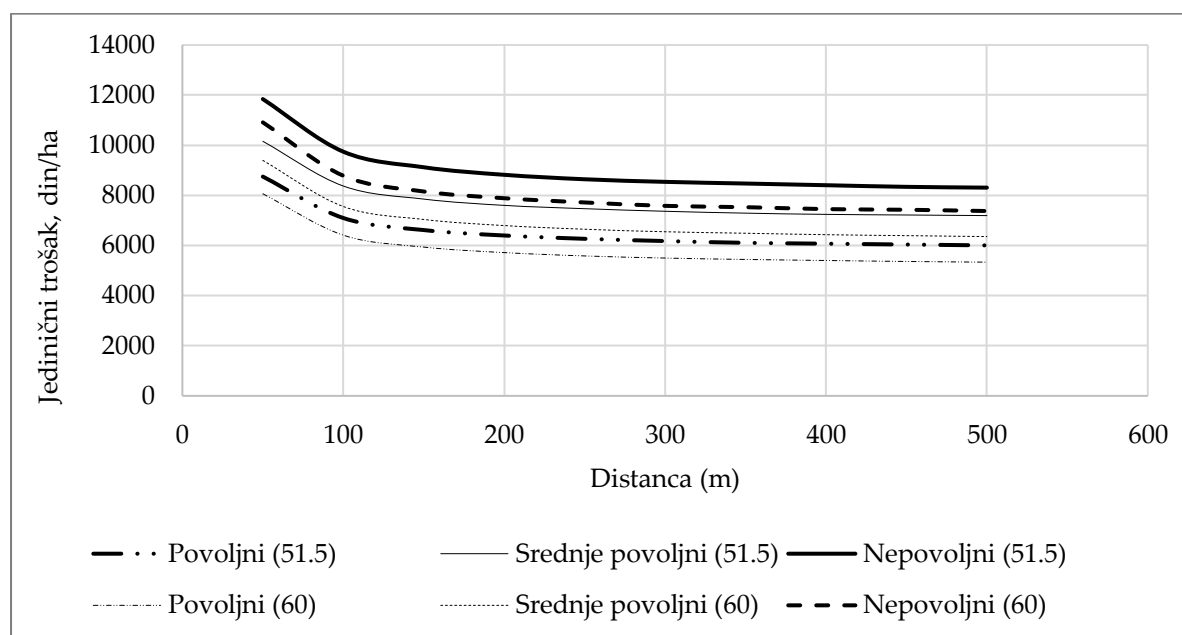
*Table 3.* Norms of work on oak acorn seeding.

Snaga traktora (kW)		51.5			60		
Uslovi rada	Povoljni	Srednje povoljni	Nepovoljni	Povoljni	Srednje povoljni	Nepovoljni	
Učinak		ha/dan			ha/dan		
Dužina parcele (m)							
50	2.45	2.11	1.81	2.68	2.30	1.98	
100	3.02	2.56	2.20	3.37	2.86	2.46	
150	3.24	2.73	2.35	3.64	3.07	2.65	
200	3.35	2.82	2.43	3.78	3.18	2.74	
250	3.42	2.87	2.48	3.87	3.25	2.80	
300	3.47	2.91	2.51	3.93	3.30	2.85	
350	3.51	2.94	2.53	3.97	3.33	2.87	
400	3.53	2.96	2.55	4.00	3.36	2.90	
450	3.55	2.97	2.57	4.03	3.38	2.91	
500	3.57	2.98	2.58	4.05	3.40	2.93	
Regresioni modeli	$N_{P51.5} = e^{(1.31 - 20.83/DP)}$	$N_{SP51.5} = e^{(1.13 - 19.15/DP)}$	$N_{N51.5} = e^{(0.99 - 19.46/DP)}$	$N_{P60} = e^{(1.44 - 22.95/DP)}$	$N_{SP60} = e^{(1.27 - 21.59/DP)}$	$N_{N60} = e^{(1.12 - 21.67/DP)}$	

Dnevni troškovi rada traktora snage 51.5 kW sa troredne sejačice iznose 21432.8 din/dan, a troškovi rada traktora snage 60 kW sa troredom sejačicom iznose 21606.6 din/dan.



Na bazi dnevnih troškova i ostvarenih učinaka izračunati su jedinični troškovi u različitim uslovima rada i prikazani na grafikonu 5. Na bazi izvršenih analiza proizilazi da su jedinični troškovi rada traktorom snage 60 kW manji u odnosu na traktor snage 51.5 kW.



**Grafikon 5.** Jedinični troškovi rada pri podsejavanju hrastivog žira troredom sejačicom.

*Graph 5. Unit labor costs for underseeding pedunculate oak acorns with a triple seeder.*

#### 4. Diskusija

Pre pojave šumske sejačice, setva hrasta lužnjaka je rađena tehnikom „setva ručno pod motiku“, sa učinkom od 0.04 ha/danu (Nikolić i Jezdić, 2000). Setva žira ručno – motikama je trajala od 1 do 6 meseci, u zavisnosti od obima pošumljavanja i od broja raspoložive radne snage. Produktivnost rada bila je na niskom nivou, troškovi sadnje značajno su učestvovali u ukupnim troškovima osnivanja sastojine, a dinamika i organizacija radova bili su veliki problem za operativu.

U prošlosti problem radne snage bilo je manje izražen, s obzirom da je seosko stanovništvo bilo zainteresovano za obavljanje ovih radova bilo da se radilo o stalnom zaposlenju ili povremenim poslovima. Nedostatak radne snage počeo je da se oseća krajem prošlog, a posebno u ovom veku. Uvođenje mašina koje rade u automatskom ili poluautomatskom sistemu neophodno je zbog problema u zapošljavanju nisko-kvalifikovanih radnika i rastućih troškova takvih aktivnosti (Tylek et al. 2023).

Uvidevši značaj problema, preduzete su aktivnosti na razvoju priključnog uređaja za sadnju šumskog semena na bazi analogije sa sadnjom semena poljoprivrednih kultura. Na ovaj način potreba za radnom snagom bi bila snažno redukovana, povećana produktivnost rada i obezbeđen za neki period određeni broj radnika za druge poslove. Klasične poljoprivredne sejačice su konstruisane za sadnju na dobro pripremljenim zemljištima, sa neznatnim učešćem prepreka, što u šumarstvu nije slučaj posebno ako se radi o popunjavanju odnosno kombinovanom načinu prirodnog i veštačkog obnavljanja. Ojačanje konstrukcije u odnosu na poljoprivrednu sejačicu bio je prvi zadatak, a zatim niz drugih modifikacija koje su obezbedile primenljivost u uslovima delimične pripreme terena. Problemi koji su pratili rad trorede sejačice su se javljali od samog početka i otklanjani su u hodu, da bi posle 5 godina bile urađene konstruktivne promene koje su u značajnoj meri unapredile rad tadašnje sejačice. Učinci koje ostvaruje sejačica zavise od velikog broja faktora, a mogu se svrstati u tehnološke (količina i pozicija semena za sadnju, tehničke karakteristike traktora, veština rukovaoca), vremenske (vreme setve, temperatura vazduha, stanje padavina), i sastojinske (pripremljenost sečine, veličina parcele, vlažnost zemljišta i dr.).

Zbog već navedenih problema sa radnom snagom, kao i izazovima vezanim za terenske i druge karakteristike, a koji utiču na primenu odgovarajuće tehnologije, u poslednje vreme se radi na automatizaciji i na ovom polju. Tako su Tylek et al. (2023) razvili model za automatsku sadnju, gde je princip rada ovog robota za sadnju automatizovano skladištenje i zamena kontejnera sa sadnicama radi neprekidne sadnje na obešumljenom području. Robot se kreće po terenu uz pomoć navigacionih sistema ili uz podršku operatera, izbegavajući prepreke. Tokom rada, beleže se trase vozila i geografske koordinate distribucije sadnica, omogućavajući razvoj mape pošumljenog područja. Ovim podacima se upravlja putem korisničkog interfejsa, omogućavajući prilagođavanje parametara sadnje i vrsta sadnica u skladu sa principima šumarstva. Dodatna oprema, poput senzora na radnoj glavi, omogućava nadzor i optimizaciju procesa obnove šuma. Kombinacija metoda satelitske navigacije (GPS) i potrebe za uzimanjem u obzir informacija iz drugih izvora, neophodnih za pravilno funkcionisanje robota, omogućuje mu prevazilaženje teškoća izazvanih različitim mogućim uslovima zemljišta i konfiguracijama terena (postojanje različitih, teško definisanih prepreka) (Typiak et al. 2023).

Pored ovog rešenja, na Univerzitetu Viktorija u Kanadi, razvijen je model daljinski kontrolisanog mini uređaja za sadnju pod nazivom *TreeRover*. Ovaj uređaj ima električni pogon, dok su radni alati pneumatski. Ovaj automatski uređaj može da se kreće samo po ravnom terenu. Sadnja se vrši bez pripreme zemljišta, koristeći cevastu vrstu sadilice sa kvadratnim poprečnim presekom. Osim toga, glava za sadnju ima pečat za pritisak na korenu sadnice. U prototipu, skladišni prostor uređaja može da primi samo 10 sadnica, koje padaju dejstvom gravitacije, a vreme jednog ciklusa sadnje je oko 15 sekundi (Xue, 2018).

Što se tiče setve, najviše inovacija se razvija na polju primene dronova, odnosno setve semena iz vazduha (Mohan et al. 2021; Lysych et al. 2021; Karkun et al. 2022). Međutim, ovakvi načini sadnje i setve su još uvek u razvoju, pa je radi postizanja poboljšanja potrebno unaprediti postojeće rešenje, koje je kreirano za specifične uslove Vojvodine.

U ovom istraživanju je utvrđeno da jedinični troškovi rada ovim agregatom zavise od ustvarenih učinaka, odnosno od prethodno pomenutih faktora. Pored toga, jedinični troškovi zavise od utroška energenata. Utrošak energenata izraženo u L/efektivnom satu rada rastu sa povećanjem snage traktora i opadaju ako se izraze u L/ha. Ove razlike su manje izražene u povoljnim u odnosu na srednje povoljne i nepovoljne uslove rada. Vreme korišćenja sejačice u toku godine je ograničeno na period setve, što nije slučaj kada je u pitanju traktor kao pogonsko sredstvo rada. Posle radova na sadnji iskorišćenost traktora treba optimizovati na način da koeficijent iskorišćenosti broja planiranih i ostvarenih dana bude na nivou oko 85%. Broj planiranih radnih dana uglavnom se kreće između 220 i 250. Rezultati istraživanja efekata rada šumske sejačice pokazuju da se znatno vremena troši na odlazak po seme i povratak na mesto rada. Zbog toga, treba prethodno snimiti površinu, odrediti pravce kretanja i odrediti lokaciju semena tako da se gubici vremena svedu na minimum. Takođe potrebno je definisati pojam delimične uređenosti sečine u različitim mikro stanišnim uslovima tako da se obezbede učinci pri kojima se obezbeđuje zahtevani kvalitet sadnje i što manji troškovi po jedinici površine zasađene površine. Javlja se veliki broj različitih situacija imajući u vidu oblik površine za sadnju, gustinu sadnje, veličinu i čistoću semena i dr.

Ova diskusija je specifična prvenstveno iz razloga što se radi o sejačici unikatne proizvodnje tako da je poređenje sa rezultatima drugih istraživača ograničeno. Svako poređenje sa sličnim priključnim uređajima praćeno je sistematskom greškom. I pored toga, imajući u vidu značaj ovog priključnog uređaja i prednosti koje se ostvaruju njenom primenom, rezultati ovoga rada imaju aplikativan značaj za šumarsku praksu, ali i nauku, za poređenje u nekim budućim istraživanjima. U slučaju ove sadnje sve seme se nalazi na istoj dubini u približno istim uslovima za razvoj, što je teško ostvariti kada se setva obavlja pod motiku, jer se radi o ljudskom faktoru pošto nije moguće setvu obavljati istim intenzitetom tokom čitavog rada.

## 5. Zaključak

Na bazi rezultata izvršenih istraživanja mogu se doneti sledeći zaključci:

- između prosečne brzine kretanja traktora različite nominalne snage postoje značajne statističke razlike;
- prosečno vreme okretanja po jednom proходу se nije značajno razlikovalo između traktora različite snage;
- najveće učešće opravdanih zastoja odnosi se na vreme doručka i vreme čišćenje sejačice od travne vegetacije;
- utrošak goriva pri radu traktorom manje snage je u proseku manji za 0.48 l / moto satu;
- između prosečne potrošnje goriva po efektivnom satu rada traktora različite snage postoje statistički značajne razlike;
- značajan uticaj na efekte rada sejačice imala je pozicija žira za punjenje koša sejačice na površini za podsejavanje;
- učinci šumske trorede sejačice se kretali u rasponu od 1.81 ha/dan do 4.05 ha/dan u zavisnosti od snage traktora, stanja setvene površine i dužine parcele;
- jedinični troškovi rada opadaju sa povećanjem dužine parcele koja je predmet sadnje.

## Literatura

1. Bobinac, M. (2008): Obnavljanje šuma u vreme Petrovaradinske imovne opštine i šumsko-poljsko gazdovanje. U: Tomović, Z. (Ur.). Monografija 250 godina šumarstva Ravnog Srema, poglavlje III: Gajenje i zaštita šuma, JP Vojvodinašume, Petrovaradin. str. 119-126.
2. Danilović, M. (2020): Tehničke norme i normativi rada u šumarstvu – knjiga 1. JP „Vojvodinašume“, Novi Sad, Republika Srbija.
3. Eaton, E., Caudullo, G., Oliveira, S., De Rigo, D. (2016): *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: Distribution, Habitat, Usage and Threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., De Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.). European Atlas of Forest Tree Species, Publication Official EU, Luxembourg. pp. 160-163.
4. Janjatović, G., Đorđević, Z. (2001): Mehanizacija krajem XX veka u Šumskom gazdinstvu Sremska Mitrovica. JP Srbijašume, Srbija.
5. Jovanović, B. (2000). Dendrologija. Univerzitet u Beogradu. Beograd, Srbija.
6. Karkun, M.S., Dharmalingam, S. (2022): Sustainable farming using drone with seed dropper. in sustainable energy and technological advancements: Proceedings of International Symposium on Sustainable Energy and Technological Advancements 2021. Singapore: Springer Singapore: 733-745.
7. Klepac, D. (1988): Uređivanje šuma hrasta lužnjaka. Glasnik za šumske pokuse: Annales pro experimentis foresticis 24: 117-131.
8. Landekić, M., Troha, J., Bakarić, M. (2024): Studij slučaja javnih nadmetanja prodaje drvnih sortimenata 2022. godine u Hrvatskoj i Sloveniji. Šumarski list 148(1-2): 71-81.
9. Lysych, M., Bukhtoyarov, L., Druchinin, D. (2021): Design and research sowing devices for aerial sowing of forest seeds with UAVs. Inventions 6(4): 83.
10. Mohan, M., Richardson, G., Gopan, G., Aghai, M. M., Bajaj, S., Galgamuwa, G. P.,... Cardil, A. (2021): UAV-supported forest regeneration: Current trends, challenges and implications. Remote Sensing 13(13): 2596.
11. Nikolić, S., Jezdić, D. (1983): Tehničke norme i normativi u šumarstvu. JP Srbijašume. Beograd, Srbija.
12. Novikov, A.I., Ersson, B.T. (2019): Aerial seeding of forests in Russia: a selected literature analysis. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 226: 012051.
13. Orlović, S., Šimunovački, Đ., Đorđević, Z., Pilipović, A., Radosavljević, N. (2008): Očuvanje genofonda i proizvodnja semena hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). U: Tomović, Z., Orlović, S., Janjatović, G., Jezdić, D., Dobrojević, P., Ivanišević, P. (ured.). Monografija 250 godina šumarstva Ravnog Srema, JP Vojvodinašume, Novi Sad, Srbija: 161-168.

14. Rađević, V., Pap, P., Vasić, V. (2020): Gazdovanje šumama hrasta lužnjaka u Ravnom Sremu: juče, danas, sutra. *Topola* 206: 41-52.
15. Reho, M., Vilček, J., Torma, S., Koco, Š., Lisnyak, A., Klamár, R. (2022). Growing of the containerized seedlings of english oak (*Quercus robur* L.) to establish sustainable plantations in forest-steppe Ukraine. *Forests* 13: 1359.
16. Tsypouk, A., Rodionov, A., Druchinin, D. (2021): The complex of machines for low-cost artificial reforestation in the taiga zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 875: 012089.
17. Tylek, P., Szewczyk, G., Kormanek, M., Walczyk, J., Sowa, J.M., Pietrzykowski, M.,... Szulc, T. (2023): Design of a planting module for an automatic device for forest regeneration. *Croatian Journal of Forest Engineering* 44(1): 203-215.
18. Typiak, A., Typiak, R., (2019): Creating of a surroundings map for a remote controlled biomass transportation vehicle. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 64(4): 34-38.
19. Xue, J. (2018): Application of Intelligent System in the Garden Ecology. *Ekoloji Dergisi* 106: 893.
20. Druga Nacionalna inventura šuma Republike Srbije (2023): <https://upravazasume.gov.rs/oglasna-tabla/naredbu-o-proglasenju-prirodne-nepogode-i-merama-zastite-i-sanacije-suma-ostecenih-vetrolomima-i-vetroizvalama-2/>, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Uprava za šume, Beograd.