



OPEN ACCESS

DOI: 10.5937/topola2209005D

UDK: 630*3: 551.55

Originalni naučni rad

Efikasnost rada harvestera Komatsu 951G pri seči stabala i izradi drvnih sortimenata na površinama zahvaćenim vetrolomima i vetroizvalama

Milorad Danilović^{1*}, Slavica Antić¹, Dušan Stojnić¹, Vladimir Ćirović¹, Dragiša Milikić¹¹ Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, Republika Srbija

* Autor za korespondenciju: Milorad Danilović; E-mail: milorad.danilovic@sfb.bg.ac.rs

Datum prispeća rukopisa u uredništvo: 07.12.2021; Datum recenzije: 24.12.2021; Datum prihvatanja rukopisa za publikovanje: 18.01.2022.

Apstrakt: Vetar je u stanju da za veoma kratko vreme šumi nanese velika oštećenja. Štete koje izaziva vetar se manifestuju na različite načine. Razlikujemo: vetrolome, vetroizvale i savijanja. U radu su prikazani rezultati istraživanja efikasnosti harvestera Komatsu 951G tokom seče stabala i izrade drvnih sortimenata u sastojinama topola (*Populus x euramericana*) klon M-1 zahvaćenim vetrolomima i vetroizvalama. U ukupnom vremenu seče i izrade drvnih sortimenata efektivno radno vreme bilo je zastupljeno sa 79%, dok su zastoji učestvovali sa 21%. Učinak harvestera izražen je u m³ po radnom satu mašine iznosio je 24.48 m³/h. Istraživanjem je utvrđeno da cena harvestera po jednom radnom satu iznosi 82.88 €, dok jedinični troškovi harvestera Komatsu 951G iznose 3.39 €/m³.

Ključne reči: harvester, seča, učinak, troškovi, štete od vetra, *Populus x euramericana*.*Original scientific paper*

Productivity of Komatsu 951G harvester in tree felling and production wood assortments in forest area damaged by wind

Abstract: The wind is able to cause major damage to the forest in a very short time. The damage caused by the wind manifests itself in different ways. We distinguish windbreaks, windthrows, and bendings. This paper presents the research results on the productivity of the Komatsu 951G harvester in poplar stands (*Populus x euramericana* clone M-1), affected by windbreaks and windthrows. The share of the effective working time was represented by 79% of total time, while delays share was 21% of the total time of cutting and processing of assortments. The productivity of the harvester was expressed in m³ per working hour of the machine, it was 24.48 m³/h. The research showed that the price of a harvester per one working hour is € 82.88, but the unit cost of the Komatsu 951G harvester is € 3.39/m³.

Keywords: harvester, felling, productivity, costs, poplar plantation.

1. Uvod

Prirodne nepogode predstavljaju veliki problem upravljanju šumama, jer najčešće uzrokuju vanredne situacije tokom kojih je potrebno obraditi veliku količinu drvne mase u kratkom vremenskom periodu, pri ekstremno teškim i rizičnim uslovima rada. Često se dešava da više prirodnih nepogoda istovremeno deluje štetno po šume, koja na stablima izazivaju oštećenja različitog intenziteta u zavisnosti od vrste drveća, starosti, lokaliteta, zdravstvenog stanja, uzgojnog oblika sastojine. Nakon dejstva prirodnih nepogoda tehnička upotrebljivost stabala je u velikoj meri smanjena (Danilović et al. 2016).

Jedan od faktora abiotičke prirode je vetar, koji je u stanju da za veoma kratko vreme šumi nanese velika oštećenja. Štete koje izaziva vetar se manifestuju na različite načine. Razlikujemo: vetrolome, vetroizvale i savijanja. Vetrolomi se karakterišu prelomom debela na različitim visinama. Pri prelomima redovno se javljaju i uzdužna rasprskavanja debela na odlomljenom ili preostalom delu. Vetrolomi se javljaju kod drveća koje ima dubok snažan koren. Vetroizvale se karakterišu izvaljivanjem celog stabla iz zemlje zajedno sa korenom. Ovom vrstom oštećenja pogođene su vrste sa plitkim tanjirastim korenom, naročito kada se ove vrste nađu na rastresitom, plitkom ili vlažnom zemljištu. Pri savijanju stabla dobijaju trajno savijeni oblik. Nastaju kao posledica trajnog gubitka elastičnosti. Kod savijenih stabala često su unutrašnja vlakna pokidana. Pri jakim olujama javljaju se sva tri tipa oštećenja na istom mestu u šumi, pri čemu jedan tip ima prevagu u ukupnoj nanetoj šteti (Živojinović, 1957). Poslovanje gazdinstva nakon štetnog dejstva vetra mora da pretrpi izvesne promene, da se prilagodi novonastaloj situaciji. Potreba za brzom reakcijom ne sme dovesti do smanjenja bezbednosti na radu (Danilović et al. 2016).

Mehanizovana sredstva koja se danas koriste u korišćenju šuma tehnički su znatno napredovala u odnosu na sredstva koja su nekada korišćena za istu vrstu posla. Najefikasnije sredstvo rada na poslovima seče i izrade drvnih sortimenata je harvester. Harvesteri su motorizovana vozila sa uređajem koji vrši seču i obaranje stabala, kresanje grana i prerezivanje debela na željene dimenzije (Milijić, 2013). Kärhä et al. (2018) su ispitivali koliki su troškovi seče stabala oštećenih vetrom i neoštećenih stabala smrče (*Picea abies* (L.) Karst.) primenom čistih seča. Utvrđeno je da je produktivnost kod stabala koja su oštećena vetrom bila 19–33% niža od one kod neoštećenih stabala. Troškovi seče stabala oštećenih vetrolomom zapremine 0.3–1.5 m³ bili su veći za 35–64%, a troškovi seče vetroizvala su bili 10–30% veći od onih za neoštećena stabla. Međutim, Kärhä et al. (2018) navode da čak iako je seča šuma oštećenih vetrolomima i vetroizvalama skupa i naporna, seča takvih šuma je važna za preostala stabla u sastojini i njihovo zdravlje kako bi se minimiziralo nastajanje štete, kao što je šteta koju izazivaju potkornjaci – uglavnom *Ips typographus* L. Primena harvestera u Srbiji je novijeg datuma, ali se primena harvestera pokazala kao dobra odluka. Stoga je do danas primenu našlo više harvestera kako za potrebe seče u plantažama topola, tako i u sastojinama četinara.

Cilj ovog rada je utvrdi učinak harvestera na poslovima seče i izrade drvnih sortimenata tokom sanacije šteta u zasadima topola zahvaćenim vetrolomima i vetroizvalama. To će biti postignuto utvrđivanjem strukture vremena radnih operacija i na osnovu rezultata oceniti opravdanost primenljivosti harvestera u datim uslovima rada.

2. Materijal i metode

Istraživanja su sprovedena na području Šumskog gazdinstva "Beograd", gazdinske jedinice "Rit", u odeljenju 6, odsek c. U okviru navedenog lokaliteta nalazila se čista, jednodobna, veštački podignuta sastojina topole (*Populus x euramericana* klon M-1), starosti 15 godina. Sastojina je bila srednje negovana, nepotpunog sklopa (0.5-0.6). Broj stabala po hektaru je bio 185. Stabla topola su bila prava, dobrog zdravstvenog stanja, sa razmakom sadnje 6x6 m. Osnovna namena sastojine je bila proizvodnja tehničkog drveta. U orografskom pogledu, kompleks predstavlja ravan sa neizraženim reljefom. Polovinom jula 2019. godine, olujni vetar praćen grmljavinom, obilnim padavinama i gradom prčinio

je veliku materijalnu štetu na ovom području. Kao posledica nevremena, došlo je do vetroлома i vetroizvala.



Slika 1. Istraživani lokalitet.

Figure 1. Research site.

Tokom tri radna dana snimljeno je trajanje radnih operacija seče i izrade drvnih sortimenata za ukupno 305 stabla. U zavisnosti od vrste i intenziteta oštećenja sva stabla su razvrstana u sledeće kategorije: dubeće, prelomljeno i izvaljeno. Ukupna zapremina svih stabala je iznosila 339 m³.

Kao sredstvo rada za seču i izradu drvnih sortimenata tokom ovog istraživanja korišćen je harvester Komatsu 951G, Javnog preduzeća "Srbijašume". Harvester je proizveden 2018. godine i opremljen je visokom tehnologijom nove generacije.



Slika 2. Harvester Komatsu 951G

Figure 2. Harvester Komatsu 951G.

Sanacije vetroloma i vetroizvala su veoma opasan posao, jer se na radilištu nalazi mnogo oštećenih i okačenih stabala. Pre početka seče iz bezbednosnih razloga nisu numerisana stabla, niti mereni prečnici na prsnoj visini. Prečnici stabala nisu mereni ni nakon seče, s obzirom da to nije bilo moguće usled velikog broja izrađenih sortimenata harvesterom u kratkom vremenskom periodu. Izrađene drvene sortimente nije bilo moguće evidentirati i pripojiti određenom stablu tako da su vrednosti zapremine date kao prosečne. Prijem izrađenih drvnih sortimenata vršen je nakon završetka seče, a tokom prijema merene su dimenzije i zapremina izrađenih drvnih sortimenata. Priprema terena koja podrazumeva uklanjanje podrasta nije vršena, takođe iz bezbednosnih razloga. Pripremu terena je vršio sam harvester tokom seče i izrade drvnih sortimenata.

Primenjen je sortimentni metod. Tokom seče i izrade drvnih sortimenata harvester se kretao unazad i sekao je stabla sa svoje leve strane u odnosu na smer kretanja. Izrađeni drvni sortimenti slagani su sa desne strane u odnosu na smer kretanja harvestera, na krune stabala prethodnog reda. Često je odstupano od ovog osnovnog metoda rada usled prisustva brojnih izvaljenih i prelomljenih stabala.

Istraživanje efikasnosti bazirano je na studiji vremena i rada. Snimanje je izvršeno metodom fotohronometraže. Za merenje utroška vremena tokom pojedinačnih radnih operacija primenjena je protočna metoda, a kao sredstvo za merenje vremena korišćena je digitalna štoperica sa tačnošću do na sekundu.

Tokom istraživanja bile su snimane sledeće radne operacije (Danilović et al. 2011; Nurminen et al. 2006):

- Prelaz
- Pozicioniranje
- Seča stabla
- Obrada stabla

U toku svakog radnog dana mereno je i vreme zastoja. Prema uzroku zbog kog su nastali, svi zastoji podeljeni su na sledeći način:

- Zastoji tehničke prirode
- Zastoji organizacione prirode
- Neopravdani zastoji

Svi podaci iz snimачkih listova obrađeni su i analizirani u programskom paketu *Microsoft office 2016*, u okviru aplikacije *Excel*. Učinci harvestera računati su po jednom radnom satu mašine, uključujući i zastoj. Učinci su računati po metodologiji koju navode Bajić i Danilović (2003).

Troškovi seče i izrade drvnih sortimenata harvesterom Komatsu 951G takođe su računati za jedan sat radnog vremena mašine. Računati su po metodologiji koju navode Bajić i Danilović (2003), a na osnovu podataka dobijenih od strane JP "Srbijašume" i podataka preuzetih iz projekta "Definisanje ekonomski održivih i ekološki prihvatljivih sistema rada i metoda izrade drvnih sortimenata u različitim uslovima rada" (Danilović et al. 2019a).

3. Rezultati i diskusija

U ukupnom vremenu seče i izrade drvnih sortimenata efektivno radno vreme bilo je zastupljeno sa 79%, dok su zastoji učestvovali sa 21%.

Najveći udeo u ukupnom vremenu ima radna operacija obrada stabla (50%). Ovo vreme je veće od onog do koga su došli Szewczyk et al. (2014) gde je učešće obrade u efektivnom radnom vremenu oko 37%. Najmanji udeo ima radna operacija priprema radnog mesta (2%). Zastoji učestvuju sa 21%, vreme prelaza sa 19%, vreme seče i obaranja sa 5% i vreme pozicioniranja sa 3%. U tabeli 1 prikazana je struktura vremena radnih operacija.

U ukupnom vremenu seče i izrade drvnih sortimenata zastoji su učestvovali sa 21%. Najveće učešće u ukupnom vremenu zastoja imaju neopravdani zastoji (53%), zatim slede tehnički zastoji (33%), a najmanje učešće imaju organizacioni zastoji (14%). Struktura zastoja tokom seče i izrade drvnih sortimenata harvesterom prikazana je u tabeli 2.

Tabela 1. Struktura vremena radnih operacija.
Table 1. The structure of the time of work operations.

Radna operacija	Vreme (min)	
	Σ	%
Priprema	16.1	2
Prelaz	161.77	19
Pozicioniranje	22.25	3
Seča i obaranje	37.3	5
Obrada	426.12	50
Zastoji	181.13	21
Ukupno radno vreme	844.67	100

Tabela 2. Struktura zastoja.
Table 2. Time delays.

Vrsta zastoja	Vreme (min)	
	Σ	%
Tehnički	58.97	33
Organizacioni	25.72	14
Neopravdani	96.45	53
Ukupno	181.14	100

Učešće neopravdanih zastoja kod ostalih istraživanja (Danilović et al. 2016; Danilović et al. 2019b) iznosi 6-48%. Izuzetno visoko učešće neopravdanih zastoja u našem istraživanju proizilazi iz čestih pauza. Snimanje radnih operacija harvester tokom sanacije vetroлома i vetroizvala je veoma složeno, jer se na radilištu nalazi mnogo prelomljenih, nategnutih i okačenih stabala. Dok se kreće, harvester nailazi na brojne prepreke i zato je operater primoran da odstupa od redosleda radnih operacija uobičajenih za seču stabala i izradu drvnih sortimenata u normalnim uslovima. Osobama koje vrše snimanje radnih operacija je veoma teško da isprate i sortiraju sve radnje, a kao posledica javlja se veća potreba za odmorom. Udeo zastoja tehničke prirode je niži nego u istraživanju Danilović et al. (2016) Tada je korišćen harvester Timberjack 1270B proizveden 1998. godine koji je izašao iz veka amortizacije, dok je u našem istraživanju korišćen znatno noviji harvester i zato su kvarovi zanemarljivi, odnosno u periodu u kome su vršena istraživanja ih nije bilo uopšte.

Učink harvester izražen je u m³ po radnom satu mašine. Prosečan učinak tokom tri radna dana na istraživanoj površini iznosio je 24.48 m³/h. Učinak je niži nego u istraživanjima koja su sprovedeli Danilović et al. (2011) (30.3 m³/h – 34.7 m³/h u zavisnosti od metoda rada) i Danilović et al. (2019b) (prosečno 28 m³/h). Navedena istraživanja su sprovedena tokom redovne seče u zasadima topola koji su se nalazili na ravničarskim terenima bez izraženog nagiba. Niži učinak u našem istraživanju proizilazi iz složene situacije na terenu tokom sanacija vetroлома i vetroizvala. Harvester se otežano kreće po radilištu usled brojnih prepreka, operater je često primoran da uklanja prepreke pri čemu troši vreme koje inače ne bi trošio tokom redovne seče. Usled trošenja vremena na uklanjanje prepreka smanjuje se učinak po jedinici vremena.

U tabeli 3 prikazani su troškovi rada harvester u toku jednog radnog sata (sa zastojima).

Najveći vrednost troškova ima amortizacija sredstva (37.50 €/h), zatim slede troškovi goriva i maziva (20.60 €/h). Najmanju vrednost troškova imaju troškovi registracije i osiguranja (0.08 €/h) i troškovi zaštitne opreme (0.17 €/h). Istraživanjem je utvrđeno da troškovi rada harvester po jednom radnom satu iznose 82.88€.

Rezultati istraživanja pokazali su da jedinični troškovi iznose 3.39 €/m³. Dobijena vrednost je veća nego u istraživanju Danilović et al. (2019a) (3.02 €/m³).

Tabela 3. Troškovi rada harvesterera.
Table 3. Harvester operating costs.

Parametar	Cena [€/h]
Amortizacija harvesterera	37.50
Amortizacija guma	5.00
Troškovi goriva i maziva	20.60
Troškovi održavanja	15.00
Troškovi registracije i osiguranja	0.08
Bruto zarada radnika	4.50
Zaštitna oprema	0.17
Ukupni troškovi	82.88

4. Zaključak

U ukupnom vremenu seče i izrade drvnih sortimenata harvesterom, efektivno radno vreme bilo je zastupljeno sa 79%, dok su zastoji učestvovali sa 21%. Može se zaključiti da učešće zastoja nije mnogo veće nego u sličnom istraživanjima tokom redovnih seča, iako se očekivalo mnogo veće učešće zastoja u ukupnom vremenu, s obzirom na složenost situacije na terenu.

Što se tiče same strukture zastoja, neopravdani zastoji su zastupljeni sa 53%. To je znatno veći procenat nego u ostalim istraživanjima (u većini ostalih istraživanja dominantni su bili zastoji tehničke prirode). Neopravdani zastoji potiču od čestih pauza prouzrokovanih umorom i strahom od grešaka usled složenih uslova rada. U Srbiji primena harvesterera u sanacijama vetroloma i vetroizvala u zasadima topola je novijeg datuma. U budućnosti se može očekivati smanjenje udela neopravdanih zastoja, jer će operateri vremenom postati iskusniji u ovim poslovima.

Učink harvesterera iznosio je 24.48 m³/h. Ostvareni učinak je u rangu učinaka do kojih su došli i drugi autori i to kod redovnih seča. Kada se sagleda ostvareni učinak, a imajući u vidu otežane uslove rada tokom sanacija vetroloma i vetroizvala, može se zaključiti da je upotreba harvesterera u istraživanom području potpuno opravdana sa ekonomskog aspekta.

Literatura

1. Bajić, V., Danilović, M. (2003): Praktikum iz iskorišćavanja šuma. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd, Srbija.
2. Danilović, M., Tomašević, I., Gačić, D. (2011): Efficiency of John Deere 1470D ECOIII harvester in poplar plantations. *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(2): 533-548.
3. Danilović, M., Antonić, S., Stojnić, D., Vojvodić, P. (2016): Izbor metoda i sistema rada pri korišćenju slučajnih prinosa nastalih kao posledica susenja šuma, ledoloma i ledoizvala na području Srbije, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, str. 13-19.
4. Danilović, M., Antonić, S., Stojnić, D., Ćirović, V. (2019a): Definisane ekonomski održivih i ekološki prihvatljivih Sistema rada i metoda izrade drvnih sortimenata u različitim uslovima rada. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede. Uprava za šume.
5. Danilović, M., Antonić, S., Ćirović, V., Milikić, D. (2019b): Učinak i troškovi harvesterera Komatsu 951G pri seči stabala i izradi drvnih sortimenata u zasadima topola. *Traktori i pogonske mašine* 24(3/4): 94-100.
6. Kärhä, K., Anttonen, T., Poikela, A., Palander, T., Laurén, A., Peltola, H., Nuutinen, Y. (2018): Evaluation of salvage logging productivity and costs in windthrown norway spruce-dominated forests. *Forests* 9(5): 280.
7. Milijić, V. (2013): Tehnologije i mehanizacija za transport i preradu šumskog ostatka. Resurs centar Majdanpek. Majdanpek, Srbija.

8. Nurminen, T., Korpunen, H., Uusitalo, J. (2006): Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica* 40(2): 335-363.
9. Szewczyk, G., Sowa, J.M., Grzebieniowski, W., Kormanek, M., Kulak, D., Stańczykiewicz, A. (2014): Sequencing of harvester work during standard cuttings and in areas with windbreaks. *Silva Fennica* 48(4): 1159.
10. Živojinović, S. (1958): *Zaštita šuma*. Naučna knjiga. Beograd, Srbija.