

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet šumarstva i drvne tehnologije

Ivana Koren i Iva Žugaj

Vrhunske tehnologije pridobivanja drva – primjena stupne  
kamionske žičare s procesorskom glavom

Zagreb, 2023.

»Ovaj rad izrađen je na Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije pod vodstvom prof. dr. sc. Željka Zečića i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2022/23.«

## POPIS KRATICA

UŠP – uprava šuma podružnica

g. j. – gospodarska jedinica

OTB – ostala tvrda bjelogorica

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.1. Povijest šumskih žičara.....	2
1.2. Problematika istraživanja .....	3
2. CILJ RADA .....	5
3. MATERIJALI I METODE .....	6
3.1. Mjesto istraživanja .....	6
3.2. Materijal istraživanja .....	9
3.2.1. Primijenjena tehnologija rada.....	10
3.2.2. Organizacija rada.....	12
3.3. Metode istraživanja .....	13
3.3.1. Montaža i demontaža trase žične linije.....	13
3.3.2. Snimanje proizvodnog ciklusa.....	14
3.3.3. Obrada podataka .....	21
4. REZULTATI .....	22
4.1. Montaža i demontaža trase žične linije.....	22
4.2. Struktura snimljenih vremena.....	23
4.3. Rezultati statističke obrade podataka.....	25
4.4. Norma vremena i norma učinka .....	31
5. RASPRAVA .....	33
6. ZAKLJUČAK .....	35
7. ZAHVALE .....	36
8. POPIS LITERATURE.....	37
9. SAŽETAK .....	39
10. SUMMARY.....	40

# 1. UVOD

Za sječu, izradu, privlačenje i transport kroz prošlost najčešće se koristila ljudska i životinjska snaga. Pojavom strojeva odnosno početkom njihove primjene u šumarstvu od 1960. godine, dolazi do blagog rasterećenja ljudske snage, odnosno jedan dio rada preuzeli su strojevi. Danas se pridobivanje drva pretežno obavlja ljudsko-strojnim radom. Motornim pilama se obavljaju radovi sječe i izrade, dok se privlačenje većinom obavlja strojevima. Reljefna raznolikost Hrvatske predstavlja poseban izazov pri planiranju i provođenju radova pridobivanja drva. Drvo se, ovisno o terenskim uvjetima, može privlačiti i izvoziti specijalnim šumskim strojevima ili iznositi žičarom (Zečić 2015). U brdsko-planinskom području najčešće se javlja potreba za korištenjem šumskih žičara jer je izgradnja sekundarnih šumskih prometnica na takvim terenima okolišno i troškovno neprihvatljiva zbog velikih visinskih razlika na kratkim horizontalnim udaljenostima (Poršinsky i Stankić 2005).

Iznošenje drva stupnom kamionskom žičarom s procesorskom glavom jedna je od vrhunskih tehnologija pridobivanja drva današnjice. Glavne prednosti korištenja ove tehnologije su; očuvanje šumskog tla jer je oblovina djelomično ili potpuno odignuta od tla (Tiernan i dr. 2002); smanjena oštećenja preostalih stabala u sastojini (Loschek 2001) te pomlatka što pomaže očuvanju cjelokupne bioraznolikosti šumskih zajednica.

Osnovna su značajka šumskih žičara najmanje dva užeta, gdje jedno vrši funkciju vuče tereta, a drugo, među ostalim mogućim, uvijek i zadaću nošenja tereta. Kolica žičare omogućavaju transport drva od mjesta sječe do šumske ceste ili drugog pristupačnog mjesta (pomoćnog stovarišta), na kojem se nalazi procesorska glava, kojom se obavlja strojno kresanje grana i izrada drvnih sortimenata uvažavajući propisane normativne sustave.

Odabir sastojine za rad s žičarom vrlo je kompleksan te je potrebno zadovoljiti osnovne zahtjeve kao što su: cesta koja vodi do odsjeka mora biti prohodna za kamion mase 40 tona; konfiguracija terena treba biti pogodna za siguran rad žičare i u sastojini treba biti dovoljan broj stabilnih i prikladnih stabala za sidrenje nosivog stupa i potpora nosivog užeta.

## 1.1. Povijest šumskih žičara

Ideja o korištenju žičara u šumarstvu potječe iz 19. stoljeća, kada su se prvi put počele koristiti za transport drva iz šume do cesta ili rijeka. Premda je u samim počecima bio znatan rast korištenja žičara, s obzirom na njihovu veliku nabavnu cijenu, došlo je do smanjenja njihove uporabe.

Prve žičare, koje su bile korištene za transport drvnog obujma u obliku točila od konopljinih užadi, pojavile su se 1825. godine u Sorrentu u Njemačkoj. Gravitacijske kružne žičare i žičare njihalice se od 1870. godine koriste u Švicarskoj, Njemačkoj, Francuskoj i Rusiji (Košir 1987). Nakon Prvog svjetskog rata dolazi do povećanog korištenja žičara u europskom šumarstvu, a pogotovo u Austriji, Italiji, Švicarskoj i Francuskoj (Sokolović i Musić 2009). U istraživanjima Horek i Mauer 2001., spominje se čak 90 vrsta različitih šumskih žičara koje i danas postoje u svijetu, ali je najveći broj njih zastarjelog dizajna.

Kriteriji za podjelu žičara kroz povijest su se intenzivno mijenjali, razlikujemo podjelu žičara s obzirom na: pomičnost nosivog užeta, duljinu trase, broj užadi, nosivost te način pogona. S obzirom na duljinu trase žičare se dijele na: žičare kratkih trasa (<300 m), žičare srednje dugih trasa (300–800 m) te žičare dugih trasa (800–2000 m) (Samset 1985.). Prema nosivosti, tj. prema mogućnosti transporta određenog tereta razlikujemo vrlo lake žičare (<0,5 t), lake žičare (1–2 t), srednje teške žičare (2–3 t), teške žičare (3–5 t) te vrlo teške (>5 t). Obzirom na pomičnost užadi žičare se mogu podijeliti na žičare s nepomičnim nosivim užetom, spuštajućim nosivim te s pokretnim nosivim užetom. Današnje šumske žičare možemo rasporediti u pet kategorija. Razlikujemo one s vlastitim pogonskim uređajem koje se montiraju na kamion, šumske žičare koje koriste pogonski uređaj radnog stroja na koji su priključene, vučene šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem na priključenim strojevima potom šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem na saonicama te samovozna kolica. (Poršinsky i Stankić 2005.). Žičare se mogu podijeliti i s obzirom na broj užadi pa tako razlikujemo one s jednim, dva, tri, četiri, pet, ali i više užadi. Užad prema namjeni razvrstava se na nosivo, vučno, povratno, podizno, pomoćno, uže za vezanje tereta, uže za sidrenje i stabilizaciju te višenamjensko uže (Trzesniowski 1998.).

Žičare današnjice najčešće nose obilježja žičara s nepomičnim nosivim užetom, tj. žičara sa spuštajućim nosivim užetom. Značajka tih žičara je što prilikom vezanja tovara nije potrebno prethodno spustiti kolica na tlo već je tu prisutno automatsko podešavanje progiba nosivog užeta koje ovisi u najvećoj mjeri o težini ovješene tereta. Napredak u tehnologiji i razvoju procesorskih glava omogućio je precizniju i učinkovitiju obradu drva na licu mjesta, što je rezultiralo povećanom upotrebom ove tehnologije u šumarstvu širom svijeta.

## 1.2. Problematika istraživanja

Stupna kamionska žičara s procesorskom glavom predstavlja vrhunsku tehnologiju pridobivanja drva na terenima s izrazito velikim nagibima. Pored značajnih prednosti s tehnološkog pogleda, primjena šumske žičare ima značajne prednosti i s okolišnog gledišta. Žičare ne zahtijevaju gradnju sekundarnih šumskih prometnica te zbog toga imaju manji negativni utjecaj na šumski ekosustav. Štetnog utjecaja na tlo gotovo da ni nema, a u pravilu značajno su smanjena oštećenja preostalih dubecih stabala te se manje narušavaju pedološko-hidrološki odnosi zbog izostanka direktnog dodira s tlom.

Razvoj današnjih šumskih žičara okrenut je ka stupnim kamionskim žičarama kod kojih se na zadnjem kraju šasije kamiona nalazi dizalica s kabinom. Uglavnom se na kran dizalice priključuje procesorska glava. Korištenjem procesorske glave za izradbu drvnih sortimenata stvorena je mogućnost prilagodljivosti sustava u ovisnosti o primijenjenoj metodi izradbe drva, a koja može biti sortimentna ili stablovna (Heinimann i dr. 2001). Kod primjene stablovne metode izradbe drva, procesi iznošenja i izradbe stabla spajaju se što povećava proizvodnost cijelog sustava (Košir 2004).

Današnji tehnološki razvoj zasniva se na kolicima koja sadrže pogonski uređaj u vlastitom kućištu. Kao glavni izvor energije za pogon podiznog užeta koristi se motor s unutarnjim izgaranjem, a za upravljanje kolicima koristi se daljinski radijski uređaj dok višebubanjska vitla osiguravaju pomičnost nosivog i vučnog užeta (Košir 1997). Obzirom da masa takvih kolica premašuje i do tri puta masu kolica koja nemaju ugrađen pogonski uređaj, smanjena je nosivost šumske žičare (Poršinsky i Stankić 2005). U novije vrijeme razvijaju se kolica na hibridni pogon koja bi masom i ekološkim standardom trebala biti povoljnija pri iznošenju drva šumskim žičarama (Leitner i dr. 2022).

Žičara s procesorskom glavom jedna je od najučinkovitijih metoda pridobivanja drva na nagnutim terenima. Preporučljiv nagib za rad gravitacijskih žičara bez povratnog užeta je iznad 30 %, a doznaka stabala zahtjeva posebnu pozornost. Istraživanja su pokazala da su žičare tehnološki razvijenije te da imaju naprednije značajke koje ih razlikuju od tradicionalnih sustava pridobivanja drva uz postizanje veće mjere proizvodnosti i sigurnosti rada (Alexsson 2013, Visser i Harrill 2017).

Šumska kamionska žičara »Mounty 5000« trebala bi prema podacima proizvođača realizirati u prosjeku 6.000–10.000 m<sup>3</sup> godišnje ovisno o uvjetima rada. Proizvodnost šumske

žičare u Hrvatskoj prema iskustvima iz operativnog šumarstva dnevno iznosi u prosjeku između 50 i 70 m<sup>3</sup>.



**Slika 1.** Stupna kamionska žičara s procesorskom glavom »Mounty 5000«

Sa stajališta otvaranja šuma šumske su žičare tercijarne šumske prometnice koje jednokratno otvaraju šumsku površinu (Pičman i dr. 2001). Projektiranje linija buduće trase stupne kamionske žičare započinje pripremom, odnosno ucrtavanjem idejnih trasa, stajališta šumske žičare i položaja završnih stabala na slojničkoj karti radilišta.



## 2. CILJ RADA

Pregledom dostupne literature odabrano istraživanje je usmjereno na najmanje istraženu metodu pridobivanja drva u Hrvatskoj, iznošenje drva upotrebom stupne kamionske žičare s procesorskom glavom.

Studij vremena i studij rada su najrelevantnije metode kad je potrebno kreirati modele proizvodnosti, troškovnu analizu, simulacije u različitim uvjetima, razviti novu metodu rada ili provesti usporedbu između različitih metoda i sustava rada u sličnim ili različitim uvjetima. Istraživanje stupne kamionske žičare s procesorskom glavom provedeno je na području UŠP Nova Gradiška, u uvjetima zimske sječe tvrdih listača na nagnutom terenu primjenom stablovne metode i skupnog rada. Prilikom pridobivanja drva ovim sustavom, potrebna su tri do četiri člana, a to su dva do tri sjekača-kopčaša te jedan strojar.

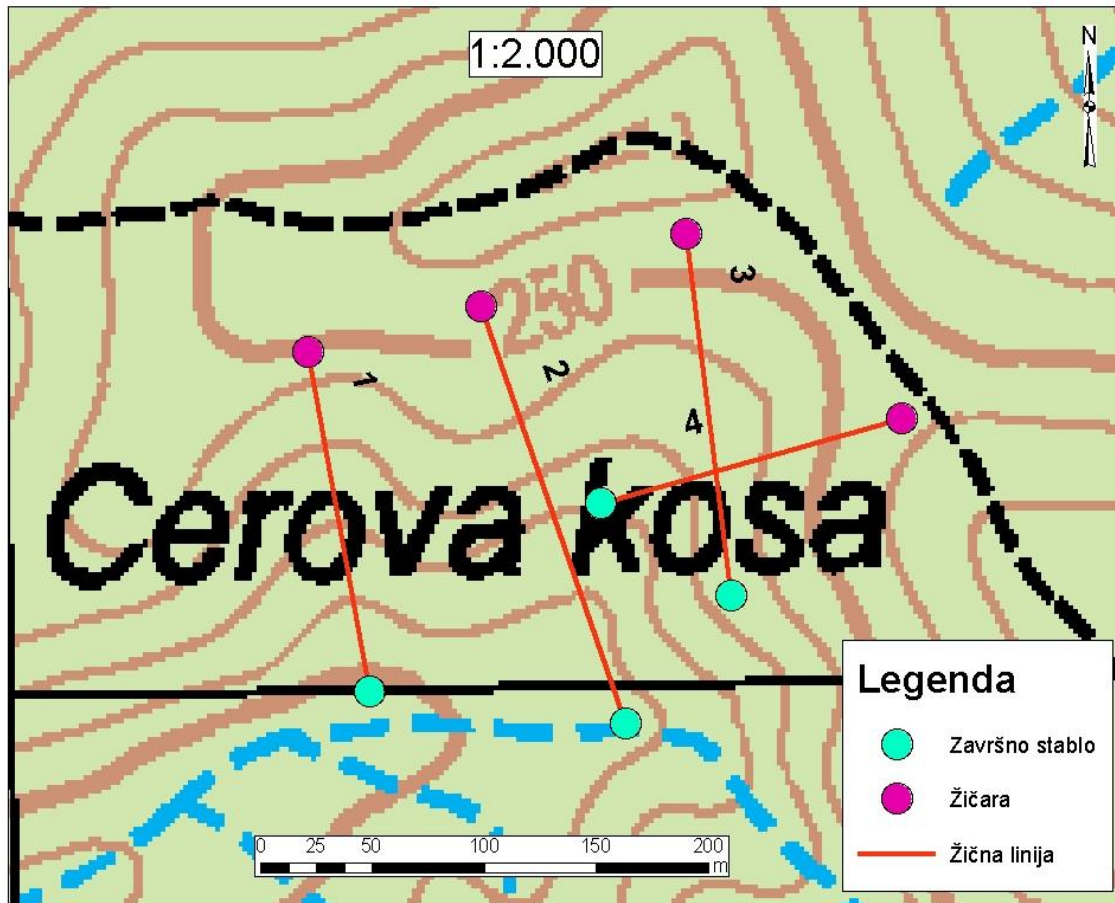
Opći cilj rada je uspostaviti metodologiju istraživanja, utvrditi mogućnosti i načine prikupljanja podataka o proizvodnosti kamionskih žičara s procesorskom glavom s obzirom na dinamične uvjete rada.

Glavni cilj rada je s obzirom na navedeno, utvrditi utroške vremena po pojedinom radnom zahvatu pri radu šumske žičare s procesorskom glavom primjenom stablovne metode, utvrditi ostvarene radne učinke, povezati utroške vremena s ostvarenim radim učincima (izraditi normu vremena i normu učinka).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Mjesto istraživanja

Istraživanje je provedeno na području UŠP Nova Gradiška, šumarije Novska u g. j. Novsko Brdo u odsjeku 59c prilikom provedbe napludnog sijeka na dvije od četiri trase žičnih linija (slika 2).



Slika 2. Položaj žičnih linija

Gospodarska jedinica Novsko Brdo jedna je od četiri gospodarske jedinice Šumarije Novska. Šume ove gospodarske jedinice u državnom su vlasništvu Republike Hrvatske, a neposredno gospodarenje njima provodi trgovačko društvo »Hrvatske šume d.o.o« UŠP Nova Gradiška, šumarija Novska. Gospodarska jedinica Novsko Brdo prostorno je smještena na donjem psunjskom grebenu koji se zapadno od Omanovca cijepa i formira poseban brdski masiv izdužen prema zapadu. Granice ove gospodarske jedinice omeđene su na jugu starom

magistralnom cestom Banova Jaruga–Nova Gradiška, na istoku g. j. Rajičko Brdo, na sjeveru g. j. Jamaričko brdo i g. j. Blatuško Brdo te na zapadu gradom Novska. Šumski predjel Staro Brdo najzapadnija je točka gospodarske jedinice, šumski predjel Brestačko Brdo je najistočnija točka. Najsjevernija točka je šumski predjel Klise, a najjužnija točka je šumski predjel Batalovka. Gospodarska jedinica Novsko Brdo prostire se na brdovitom terenu, na području Sisačko-moslavačke županije. Površina gospodarske jedinice iznosi 3.677,05 ha s drvnom zalihom 901.674 m<sup>3</sup>, tečajnim prirastom 22.376 m<sup>3</sup> i sječivim etatom glavnog i prethodnog prihoda od 219.524 m<sup>3</sup>.

Za vrijeme Domovinskog rata čitava površina gospodarske jedinice bila je okupirana (1991.–1995.). Zbog zaostalih minsko-eksplozivnih sredstava jedan dio površine je i dalje nedostupan. Od ukupne površine radno nedostupno je 282,05 ha (7,67%). Od toga u obraslom dijelu 210,50 ha, u neobraslom proizvodnom 67,37 ha, u neproizvodnom 3,54 ha te u neplodnom 0,64 ha.

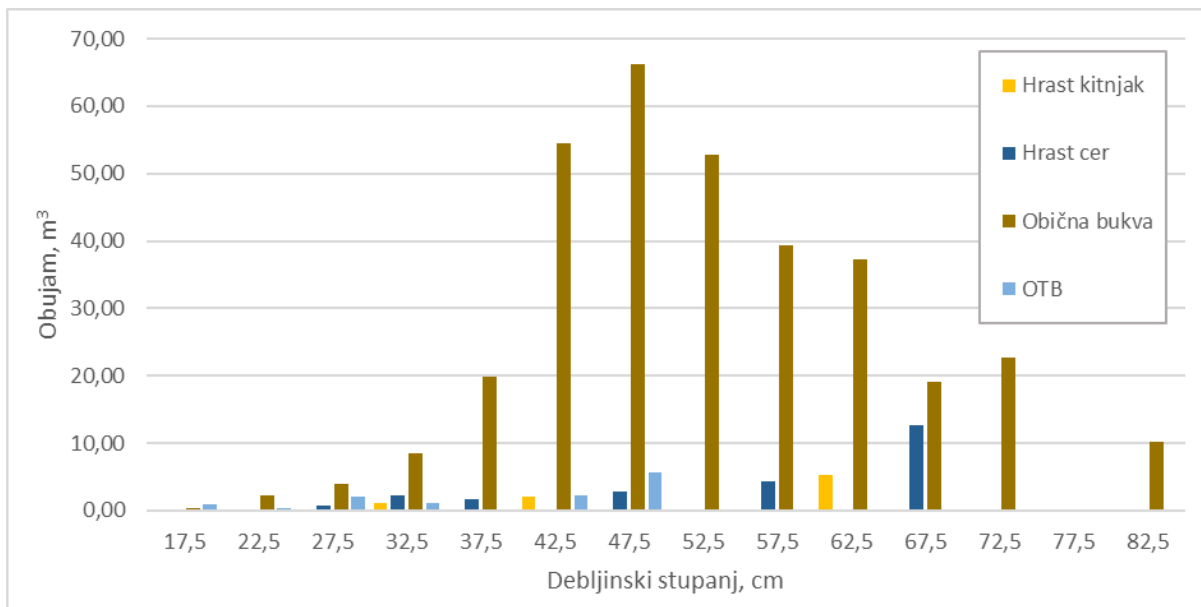
Odsjek 59c površine 16,71 ha, nalazi se na 180–270 m nadmorske visine te južnoj, odnosno jugozapadnoj ekspoziciji. U odsjeku se nalazi gospodarska sjemenjača hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* L.) starosti 170 godina. Odsjekom dugi niz godina nije gospodareno jer se smatrao minski sumnjivim područjem te je sastojina iz tog razloga prezrela i lošije kakvoće. Godine 2019. sagrađena je šumska cesta koja prolazi vrhom odsjeka 59c i čini ga dostupnim. Tablica 1 prikazuje osnovne značajke odsjeka u kojemu je provedeno istraživanje.

**Tablica 1.** Prikaz podataka iz osnove gospodarenja g. j. Novsko Brdo, odsjek 59c

Vrsta drveća	Broj stabala, N/ha	Temeljni ca, m <sup>2</sup> /ha	Srednje plošno stablo, cm	Srednja sastojinska visina, m	Drvena zaliha			Godišnji tečajni prirast		
					m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> u odsjeku	%	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> u odsjeku	%
Hrast kitnjak	32	2,74	33	26	40,28	673,00	10	0,78	13,00	1,93
Hrast cer	33	5,82	48	33	96,59	1.614,00	24	1,68	28,00	1,73
Obična bukva	107	14,61	42	29	230,88	3.858,00	58	3,29	55,00	1,43
OTB	117	3,14	19	16	28,49	476,00	7	1,44	24,00	5,04
<b>Ukupno</b>	<b>296</b>	<b>26,43</b>	<b>31,97</b>		<b>396,95</b>	<b>6.633</b>	<b>99</b>	<b>7,24</b>	<b>121</b>	<b>1,82</b>

Prije početka istraživanja proizvodnosti šumske kamionske žičare provedena je izmjera stabala uzorka. Svim stablima koja su se nalazila na trasi 3 i 4 (slika 2), a koja su u postupku doznake bila odabrana za sječu su evidentirana te im je izmjeren prsni promjer i determinirana

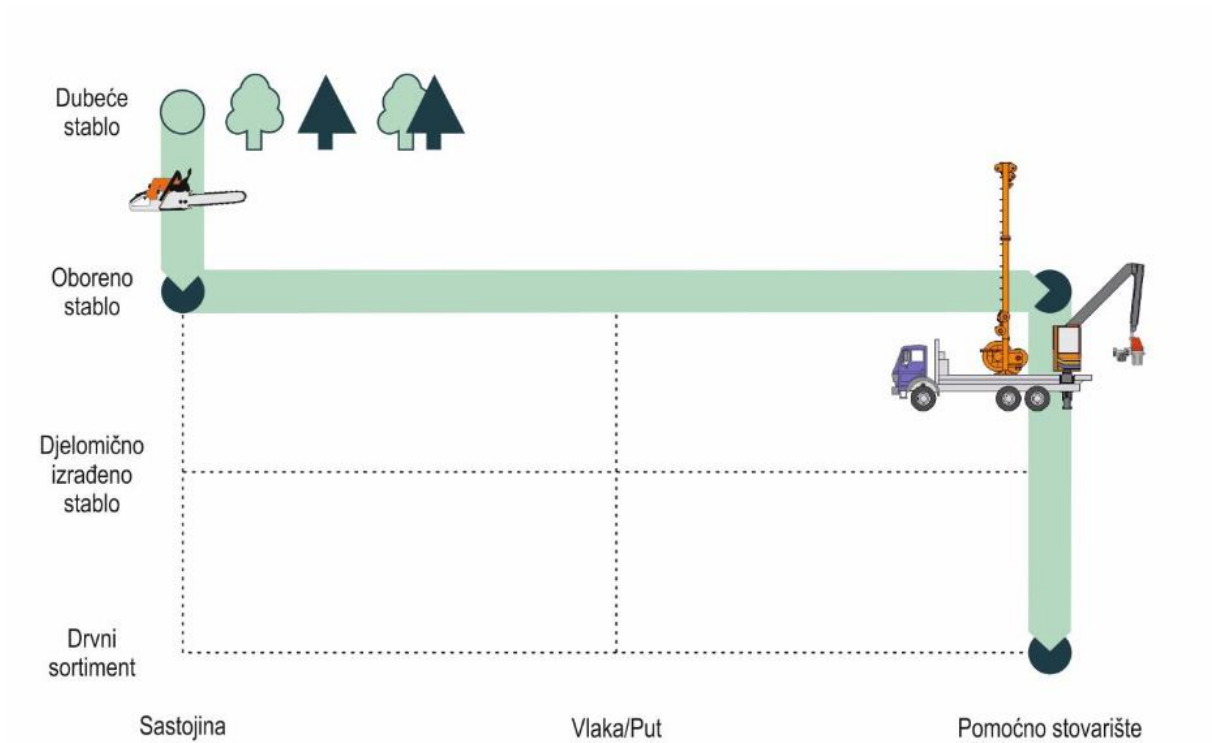
vrsta. Slika 3 prikazuje distribuciju stabala koja su se nalazila na istraživanim žičnim linijama. Iako se radi o uređajnom razredu hrasta kitnjaka s obzirom na podatke iz osnove gospodarenja (tablica 1) i distribuciju doznačenih stabala uzorka (slika 3) najzastupljenija je vrsta obična bukva, zatim hrast cer, OTB i hrast kitnjak. Raspon promjera doznačenih stabala kretao se od 17,5 do 82,5 cm sa sredinom u debljinskom stupnju 47,5 cm. Informacija o rasponu doznačenih stabala može biti ključni faktor pri odabiru tehnologije rada s obzirom na ograničenja pojedinih strojeva i alata, primjerice najvećeg sječivog promjera procesorske/harvesterske glave.



Slika 3. Distribucija doznačenih stabala uzorka

### 3.2. Materijal istraživanja

Na slici 4 prikazan je visoko mehanizirani sustav pridobivanja drva stablovnom metodom primjenom motorne pile lančanice za sječu te kamionske žičare za iznošenje i procesorske glave za izradu stabala. Prikazani sustav pridobivanja drva predmet je istraživanja.



**Slika 4.** Prikaz sustava pridobivanja drva (motorna pila – kamionska žičara), (izvor: <http://okfs-optimizacija.sumfak.hr/images/dokumenti/tekst/Prilog%202020 Sustavi.pdf>)

### 3.2.1. Primijenjena tehnologija rada

Šumska kamionska žičara »Mounty 5000« daljinski je upravljana stupna žičara s vitlima i užadima koja se montira na stražnji dio kamiona. Postrojenje žičare nalazi se na kamionu »Mercedes Arocs 4145«, a sastoji se od glavnog nosivog stupa na čije je podnožje vezana upravljačka kabina s kranom i procesorskom glavom. Dizalica je ključna komponenta koja omogućava podizanje, rotaciju i manipulaciju deblom tokom rada. Tehničke značajke dizalice prikazane su u tablici 2. Glavni nosivi stup fiksira se pomoću sidrenih stabala s četiri do šest užadi oko kamionskog postrojenja. Procesorska glava obrađuje tovar koji se žičarom dopremi do postrojenja. Cijelo postrojenje pokretano je snagom motora kamiona koji pokreće hidraulične pumpe koje daju potisak vitlima i vučnom užetu žičare.

**Tablica 2.** Tehničke značajke stupne žičare »Mounty 5000«

<b>Pogonsko vozilo</b>	
Vozilo	Mercedes Arocs AK 4145 (8x6)
Snaga	450 PS (444 KS)
Masa	31.000/35.000 kg
Dimenzije pri transportu	13,09 m x 2,50 m x 4,00 m
Visina tornja	14,2 m
<b>Dizalica</b>	
Tip	MT24
Podizna sila	220 kNm
Sila rotacije	40 kNm
Raspon rotacije	350°
Doseg	9,9 m

Procesorska glava »Woody WH60-1« dizajnirana je za rad na srednjim i velikim stablima, s duljinom reza do 70 cm u promjeru. Opremljena je snažnim hidrauličkim motorima i brzim reznim lancem, što omogućuje brzu obradu drva. Također, ima integrirani sustav kontrole duljine trupaca, koji omogućuje preciznu izradu sortimenata na željenu duljinu, što je posebno važno kod visoko vrijednih sortimenata poput furnirskih trupaca. Tehničke značajke korištene procesorske glave prikazane su u tablici 3.

**Tablica 3.** Tehničke značajke procesorske glave »Woody WH60-1«

»Woody WH60-1«	
Masa	1450 kg/1480 kg
Preporučena snaga motora	118 kW (158 KS)
Glavna pila	
Brzina lanca	40 m/s
Duljina vodilice pile	820 mm
Maksimalni promjer rezanja	750 mm
Hvatalo	
Noževi	4 fleksibilna i 1 statični
Max. otvaranje hvataljki	1200 mm



**Slika 5.** Procesorska glava »Woody HW60-1« i kolica »Liftliner LL40-1«

Kolica »Liftliner LL40-1« sastavni su dio šumske žičare koja služe za privlačenje stabala po trasi žične linije. Kolica se sastoje od metalne konstrukcije, dizelskog motora s unutarnjim izgaranjem, jednobubanjskog vitla i upravljačke radio jedinice za upravljanje na daljinu. Vitla su pokretana hidrauličnom pumpom pogonjenom snagom vlastitog motora. Maksimalno opterećenje korištenih kolica iznosi pet tona. Tehničke značajke korištenih kolica prikazane su u tablici 4.

**Tablica 4.** Tehničke značajke kolica

»Liftliner LL40 -1«	
Težina kolica	1020 kg
Promjer nosivog užeta	O 18 – 19 mm
Pogonski motor	Dizelski motor, 55 kW
Obujam spremnika goriva	25 l
Vučna sila užeta	27–45 kN
Maksimalna duljina užeta	110 m

### 3.2.2. Organizacija rada

U istraživanom skupnom radu sa žičarom radi grupa od četiri radnika, operater te tri sjekača-kopčša. Operater je radni dan provodio upravljajući procesorskom glavom te na radovima odvezivanja tovara. Na poslovima kopčanja tovara uvijek je sudjelovao jedan sjekač-kopčša dok su ostala dva radnika radila na pripremi tovara (obaranje stabala i potrebno reduciranje duljine prevelikih stabala).

S obzirom na to da se radi o sustavu koji objedinjuje uglavnom odvojene faze rada (privlačenje i izrada) za vrijeme trajanje jedne radne operacije odvija se druga. Primjerice za vrijeme obrade tovara odvijaju se radne operacije na pripremi i transportu tovara do stupa žične linije.

Kako bi se omogućio nesmetan rad pojedinih faza, šumska kamionska žičara opremljena je daljinskim upravljanjem koje omogućava kopčša da neovisno od strojara obavlja poslove na vožnji praznih kolica, izvlačenju užeta, vezanju tovara, privlačenju te vožnji punih kolica. Isto tako neovisno o tome što se događa pri radovima u sječini strojar nesmetano može obavljati izradu prethodnoga tovara.

Osim radova u sastojini i na pomoćnom stovarištu, primjena šumske kamionske žičare osim pripreme u uredu zahtijeva i pripremu na terenu, odnosno montažu i demontažu trase žične linije koja ponekad zahtijeva značajan utrošak radnog vremena. Rad istraživane žičare odvijao se na relativno kratkim udaljenostima trasa žičnih linija (do 150 m) uz jednostavan način sidrenja završnog stabla. Za sidrenje biraju se prikladna stabla koja moraju biti dobrog zdravstvenog stanja, odgovarajućih dimenzija i jakosti žilišta te biti dobro raspoređena s obzirom na položaj stupa i završnog stabla.



### 3.3. Metode istraživanja

#### 3.3.1. Montaža i demontaža trase žične linije

Prilikom snimanja utroška vremena montaže i demontaže žičare korištena je multimomentna metoda s obzirom na to da se radi o skupnom radu četiri radnika sa zajedničkim ciljem i radnim zadatkom. Unutar jedne minute bilježeni su radni zahvati koje su radnici obavljali, na način da je svakih 15 sekundi zabilježen radni zahvat pojedinog radnika. Montaža prilikom ovog istraživanja bila je jednostavna, bez potpora, a završno stablo bilo je sidreno u području pridanka. Pri montaži i demontaži radovi su podijeljeni u pet grupa efektivnog vremena (postavljanje kamiona, montaža stupa i kabine, montaža nosivog užeta, montaža kolica, povremeni radovi) i opća vremena.

Postavljanjem kamiona na mjesto početka buduće trase žične linije započela je montaža. Slika 6 prikazuje postavljanje kamiona koje podrazumijeva blokiranje kotača i nivelaciju platforme, a zatim montažu kompletnog kamiona.



**Slika 6.** Postavljane kamiona na mjesto početka buduće trase

Montaža stupa i kabine započela je podizanjem tornja, nakon što je toranj uspravno postavljen uslijedilo je pričvršćivanje stupa te kabine za njega. Pod montažu stupa bilježeno je vrijeme potrebno za njegovo sidrenje, odnosno postavljanje zaštita oko stabla te razvlačenje, natezanje i vezanje sidrenih užadi za stablo. Nakon montaže i sidrenja kamiona započela je montaža nosivog užeta. Prvo je bilo potrebno razvući montažno uže do završnog stabla uz pomoć kojeg se razvlači nosivo uže. Nakon vezanja nosivog užeta za završna sidrena stabla uslijedilo je namatanje montažnog užeta čime završava montaža nosivog užeta. Montaža kolica započela je premještanjem kolica, pomoću dizalice, s kamiona do nosivog užeta. Radnici su kolica nakon premještanja postavili na nosivo uže čime je završena montaža. Povremeni radovi bilježeni su prilikom servisa kolica te točenja ulja i goriva. Prilikom montaže zabilježeni su i prekidi; neopravdani organizacijski te opravdani tehnički i opravdani organizacijski.

### 3.3.2. Snimanje proizvodnog ciklusa

Za utvrđivanje utroška vremena po pojedinom radnom zahvatu pri radu šumske kamionske žičare s procesorskom glavom primjenom stablovne metode te utvrđivanje ostvarenih radnih učinaka, korišten je računalni software »UMT Plus« tvrtke »Laubress«. Na terenu su istraživanje provela dva snimatelja, jedan prateći rad kopčaća drugi prateći rad strojara.

Tablica 5 prikazuje radne zahvate i operacije koje su izvršavali strojar i kopčać tijekom jednog turnusa, a koji su bili predmet istraživanja. Sukladno tomu kreirani su snimački listovi u programu »UMT Manager« koji su korišteni na terenu u programu »UMT Plus« što je prikazano na slici 7.

**Tablica 5.** Radni zahvati pri obradi i iznošenju drva žičarom

<b>Strojar</b>	<b>Kopčać</b>
Izrada debla	Vožnja praznih kolica
Uhrpavanje	Izvlačenje užeta
Izrada krošnje	Vezanje tovara
Uhrpavanje	Privitlavanje tovara
Čekanje tovara	Vožnja punih kolica
Vožnja punih kolica	Vrijeme istovara
Otpuštanje tovara	
Odvezivanje tovara	



Slika 7. Kreirani snimački listovi korišteni u programu »UMT Plus«

Fiksažne točke, odnosno trenutak promjene pojedinog radnog zahvata definiran je za svaki pojedini radni zahvat pri iznošenju kako slijedi:

1. vožnja praznih kolica – započinje kada su kolica krenula od stupa žičare prema sječini, a završava zaustavljanjem kolica u sječini, osim utroška vremena izmjerena je udaljenost vožnje praznih kolica;

2. izvlačenje užeta – započinje kopčoševim prihvatom užeta, a završava dolaskom do stabla koje će se vezati; osim utroška vremena izmjerena je udaljenost od mjesta vezanja do kolica;



**Slika 8.** Vožnja praznih kolica



**Slika 9.** Izvlačenje užeta

3. vezanje tovara – započinje dolaskom kopčša do stabla kojega će vezati, a završava pomicanjem tovara prema trasi žične linije; osim utroška vremena upisan je i broj komada koji je vezan;
4. privitlavanje tovara – započinje kada se tovar počne kretati prema trasi žične linije, a završava kada kolica zajedno s tovarom krenu prema stupu žičare, osim utroška vremena izmjerena je udaljenost privitlavanja tovara;
5. vožnja punih kolica – započinje kada se tovar zajedno s kolicima započne kretati prema stupu žičare, a završava automatskim zaustavljanjem kolica na sigurnoj udaljenosti od stupa, osim utroška vremena izmjerena je i udaljenost vožnje punih kolica;
6. vrijeme istovara – vrijeme istovara evidentirano je od trenutka automatskog zaustavljanja kolica do trenutka kada ona krenu prema sječini. U tom vremenu je drugi snimatelj, koji je pratio rad strojara, evidentirao radove pri odvezivanju tovara.



**Slika 10.** Vežanje tovara



**Slika 11.** Vožnja punih kolica

Fiksažne točke, odnosno trenutak promjene pojedinog radnog zahvata definiran je za svaki pojedini radni zahvat pri obradi tovara kako slijedi:

1. vožnja punih kolica – započinje u trenutku kada strojar započne s ručnim načinom upravljanja kolicima, odnosno njihovim sigurnim privlačenjem do stupa žičare (istovarne rampe), a završava kad započne s otpuštanjem tovara. Izmjeren je samo utrošak vremena;
2. otpuštanje tovara – započinje otpuštanjem, a završava oslanjanjem tovara na istovarnu rampu. Izmjeren je samo utrošak vremena;
3. odvezivanje tovara – započinje u trenutku izlaska strojara iz kabine, a završava povratkom strojara u kabinu i pomicanjem kрана. Izmjeren je utrošak vremena i broj komada u tovaru.
4. izrada debla/krošnjje – započinje nakon povratka strojara u kabinu odnosno pomicanjem kрана sa svrhom obrade debla/krošnjje. Izmjeren je utrošak vremena i obujam izrađenih sortimenata;



**Slika 12.** Vožnja punih kolica



**Slika 13.** Otpuštanje tovara



**Slika 14.** Odvezivanje tovara



**Slika 15.** Izrada debla/krošnje

5. uhrpavanje – evideniran je samo utrošak vremena uhrpavanja s obzirom na to da nije bila radnja koja se ponavljala ciklički u svakom turnusu nego se obavljala prema potrebi;
6. čekanje tovara – započinje u trenutku kada strojar nema posla s procesorskom glavom, a završava dolaskom idućeg tovara, evidentirano je utrošeno vrijeme.



**Slika 16.** Uhrpavnaje



**Slika 17.** Čekanje tovara

Gore navedene fiksazne točke odnose se na efektivno vrijeme rada. Osim efektivnog vremena bilo je potrebno evidentirati i opća vremena zajedno s prekidima rada. Opća vremena uključuju:

1. pripremno završno vrijeme – utrošak vremena na pripremi alata, opreme i strojeva za početak rada kao i spremanje alata, opreme i strojeva na kraju radnog vremena;
2. opravdani prekidi – utrošak vremena iz tehničkih i/ili organizacijskih razloga koji nisu nastali krivnjom radnika;



**Slika 18.** Pripremno završno vrijeme



**Slika 19.** Pripremno završno vrijeme



**Slika 20.** Opravdani prekidi



**Slika 21.** Opravdani prekidi

3. neopravdani prekidi – utrošak vremena iz tehničkih i/ili organizacijskih razloga koji su nastali krivnjom radnika;
4. objed
5. odmor



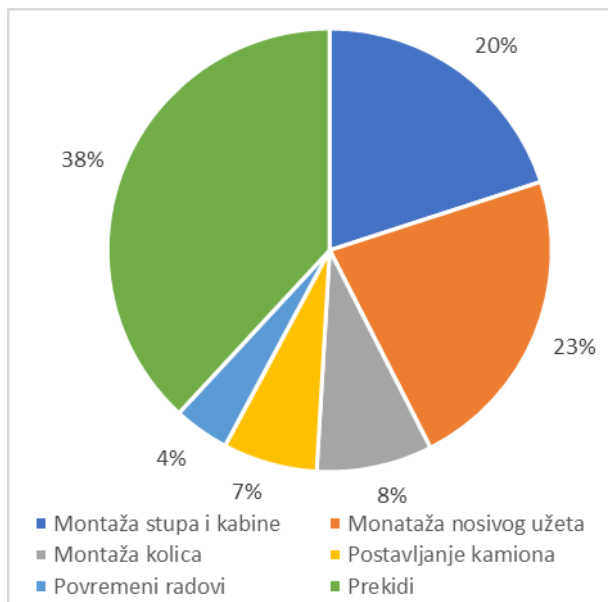
### 3.3.3. Obrada podataka

Obrada podataka napravljena je programom »MS Excel« u kojemu su podaci pojedinih dana istraživanja objedinjeni i prekontrolirani. Statistička obrada podataka obavljena je pomoću statističkog programa »Statistica«. Ovisnosti utroška vremena o udaljenosti za pojedini radni zahvat vožnje punih/praznih kolica kao i izvlačenja užeta i privitlavanja tovara izjednačene su linijom pravca. Zastupljenost pojedinih radnih zahvata pri montaži i demontaži trase žične linije obrađeni su programom »MS Excel« te su prikazani tortnim grafikonima. Utrošak vremena vezanja s obzirom na broj komada u tovaru prikazani su »Box and Whisker« grafikonom u programu »Statistica«.

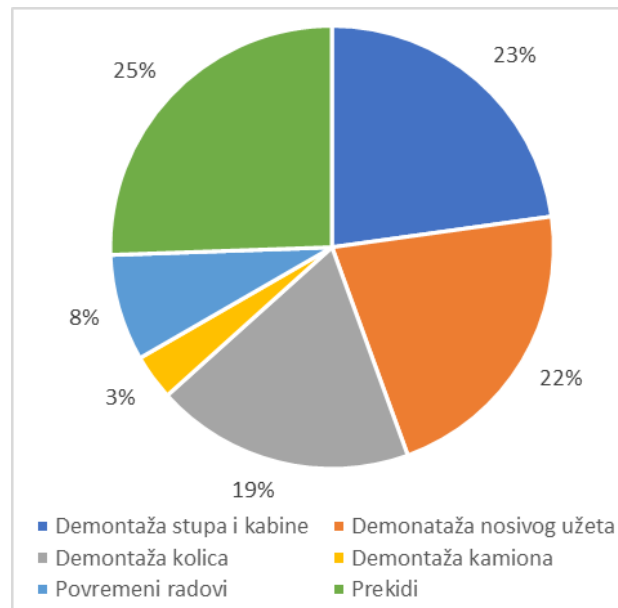
## 4. REZULTATI

### 4.1. Montaža i demontaža trase žične linije

Prije početka rada postavljena je trasa žične linije koja ponekad podrazumijeva značajan utrošak vremena što ovisi o konfiguraciji terena, duljini trase žične linije, mogućnostima sidrenja stupa i završnog stabla i sl. Zastupljenost pojedinih radnih operacija pri montaži i demontaži trase žične linije broj dva prikazani su na slikama 22 i 23. Ukupna duljina trase žične linije »3« iznosi 130 m. Ukupno utrošeno vrijeme na montažu trase žične linije iznosi 79 minuta. Za to vrijeme najzastupljeniji su bili opravdani prekidi iz organizacijskih razloga zbog toga što sudjeluje ekipa od četiri člana od kojih nemaju uvijek svi posla, primjerice za na razvlačenju i natezanju nosivog užeta sudjeluje samo jedan radnik, strojar koji upravlja vitlima. Druga najzastupljenija radna operacija je montaža nosivog užeta koja zahtjeva ručno razvlačenje montažnog užeta, a zatim razvlačenje nosivog užeta i njegovo sidrenje na završnom stablu. Treća najzastupljenija radna operacija po redu je montaža stupa i kabine koja osim uspravljanja stupa i fiksiranje kabine podrazumijeva i sidrenje stupa, stoga će utrošak vremena ovisiti o broju i udaljenosti sidrenih stabala stupa žičare. Prilikom snimljene montaže stup je usidren na četiri stabla koja su bila na udaljenosti 24–37 m.



Slika 22. Zastupljenost radnih zahvata pri montaži trase žične linije



Slika 23. Zastupljenost radnih zahvata pri demontaži trase žične linije

Pri demontaži trase žične linije sudjelovala su četiri radnika. Ukupno utrošeno vrijeme na demontažu žične linije »3« iznosi 46 minuta. U ukupnom vremenu podjednako su zastupljeni prekidi, demontaža stupa i kabine i demontaža nosivog užeta uz manju zastupljenost prekida pri

demontaži nego li pri montaži trase. Nešto veću zastupljenost pri demontaži ima radna operacija demontaže kolica nego li montaža kolica.

## 4.2. Struktura snimljenih vremena

Tijekom pet dana snimanja rada šumske kamionske žičare s procesorskom glavom, nakon obrade prikupljenih podataka, za daljnju interpretaciju rezultata uzeta su u obzir 122 turnusa ukupnog neto obujma 205,08 m<sup>3</sup>. Osnovni podaci o broju i karakteristikama turnusa prikazani su u tablici 6

Tablica 6. Podaci o izmjerenim turnusima

Broj turnusa	122
Ukupni broj izrađenih trupaca	546
Ukupni broj izrađenih komada po turnusu	(1) - 4,47 – (12)
Ukupni drvni neto obujam, m <sup>3</sup>	205,08
Obujam tovara, m <sup>3</sup>	(0,07) - 1,68 – (4,7)

Struktura snimljenih vremena i prosječni dnevni učinak prikazani su u tablici 7. Ukupno snimljeno vrijeme iznošenja žičarom iznosi 1059,89 min, a ukupno vrijeme obrade drva iznosi 1423,57 min.

Za punu vožnju kolica utrošeno je 1,4 puta manje vremena nego za vožnju praznih kolica. Za izvlačenje vučnog užeta do trupca potrebno je 1,1 puta više vremena nego za privlačenje tovara. Na temelju rezultata istraživanja, utrošak vremena za vezanje tovara iznosio je 112,88 minuta što je 1,4 puta više vremena od vremena koje je potrebno za odvezivanje tovara. Na radni zahvat vezanja tovara utrošena je 49 % efektivnog vremena rada na sječini.

Utrošak vremena za vožnju praznih kolica iznosi 84,95 min, odnosno 22,5 % efektivnog vremena. Vrijeme koje je utrošeno za vožnju punih kolica iznosi 62,04 minute, odnosno 16,4 % efektivnog vremena. U pravilu bi opterećenim kolicima trebalo više vremena za prelazak iste udaljenosti, međutim rezultati istraživanja upućuju na činjenicu kako je na vožnju praznih kolica utrošeno više vremena.

Obrada krošnje stabala procesorskom glavom je najzastupljenija radna operacija s 26,3 % efektivnog vremena, a zatim izrada debla s 24,5 % efektivnog vremena. Neznatno veći utrošak vremena na obradu krošnje može se objasniti dimenzijama stabala. Naime, pri rukovanju sa stablima velikih dimenzija bilo je potrebno posvetiti više pozornosti kako bi se isti mogli u skladu

sa sigurnosnim pravilima i ispravnim tehnikama rada obraditi što za posljedicu ima neznatno brži rad u odnosu na obradu krošnje.

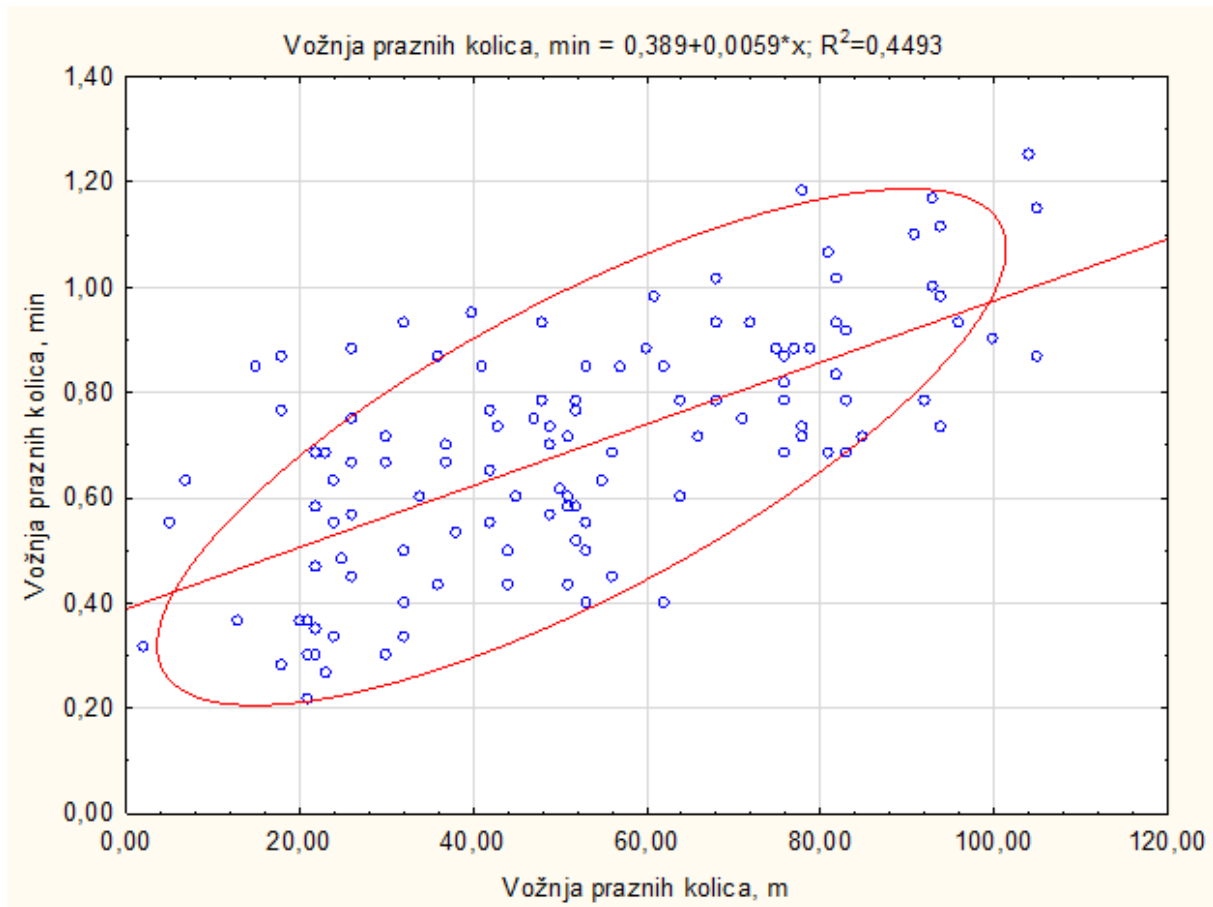
Opća vremena iznose više od pola ukupnog snimljenog vremena pri radu šumske žičare. Ovom studijom nije moguće detaljno razjasniti tu činjenicu iz razloga što ista nisu detaljno snimana uz istraživanje razloga i stvarne opravdanosti pojedinih prekida odnosno dodatnog utrošenog vremena. Dodatno vrijeme kao takvo potrebno je detaljnije istražiti u budućim istraživanjima s naglaskom na različite uvijete rada koji zahtijevaju različitu preraspodjelu radnog vremena. Svakako jedan od mogućih razloga je nedovoljno iskustvo radne skupine te nedostatak obučenosti i korištenja pravilne tehnike rada pri izvođenju pojedinih operacija.

**Tablica 7.** Struktura snimljenih vremena i prosječni dnevni učinak

Operacija	Utrošak vremena	Postotni udio	
		prema ukupnom vremenu	prema efektivnom vremenu
	min	%	
<b>1. Prazna vožnja</b>	84,95	8,0	22,5
<b>2. Puna vožnja</b>	62,04	5,9	16,4
<b>3. Rad na sječini</b>			
<b>3.1. Izvlačenje vučnog užeta do trupca</b>	61,20	5,8	16,2
<b>3.2. Vežanje tovara</b>	112,88	10,7	29,9
<b>3.3. Privlačenje tovara</b>	56,23	5,3	14,9
<b>4. Rad na pomoćnom stovarištu</b>			
<b>4.1. Nastavak vožnje punih kolica</b>	45,00	3,2	7,6
<b>4.2. Spuštanje tovara</b>	49,62	3,5	8,4
<b>4.3. Odvezivanje tovara</b>	79,88	5,6	13,6
<b>4.4. Izrada debla</b>	144,00	10,1	24,5
<b>4.5. Izrada krošnje</b>	154,95	10,9	26,3
<b>4.6. Uhrpavanje</b>	114,90	8,1	19,5
<b>5. Efektivno vrijeme privlačenja</b>	377,31	35,6	100
<b>6. Efektivno vrijeme obrade</b>	588,35	41,3	100
<b>7. Opća vremena privlačenja</b>	682,59	64,4	
<b>8. Opća vremena obrade</b>	835,22	58,7	
<b>9. Ukupno vrijeme privlačenja</b>	1.059,89	100	
<b>10. Ukupno vrijeme obrade</b>	1.423,57	100	
<b>11. Ukupno privučeni drveni obujam, m<sup>3</sup></b>	205,09		
<b>12. Utrošak efektivnog vremena privlačenja po jedinici, min/m<sup>3</sup></b>	1,84		
<b>13. Utrošak efektivnog vremena obrade po jedinici, min/m<sup>3</sup></b>	2,87		
<b>14. Prosječni ostvareni dnevni učinak, m<sup>3</sup>/dan</b>	41,02		

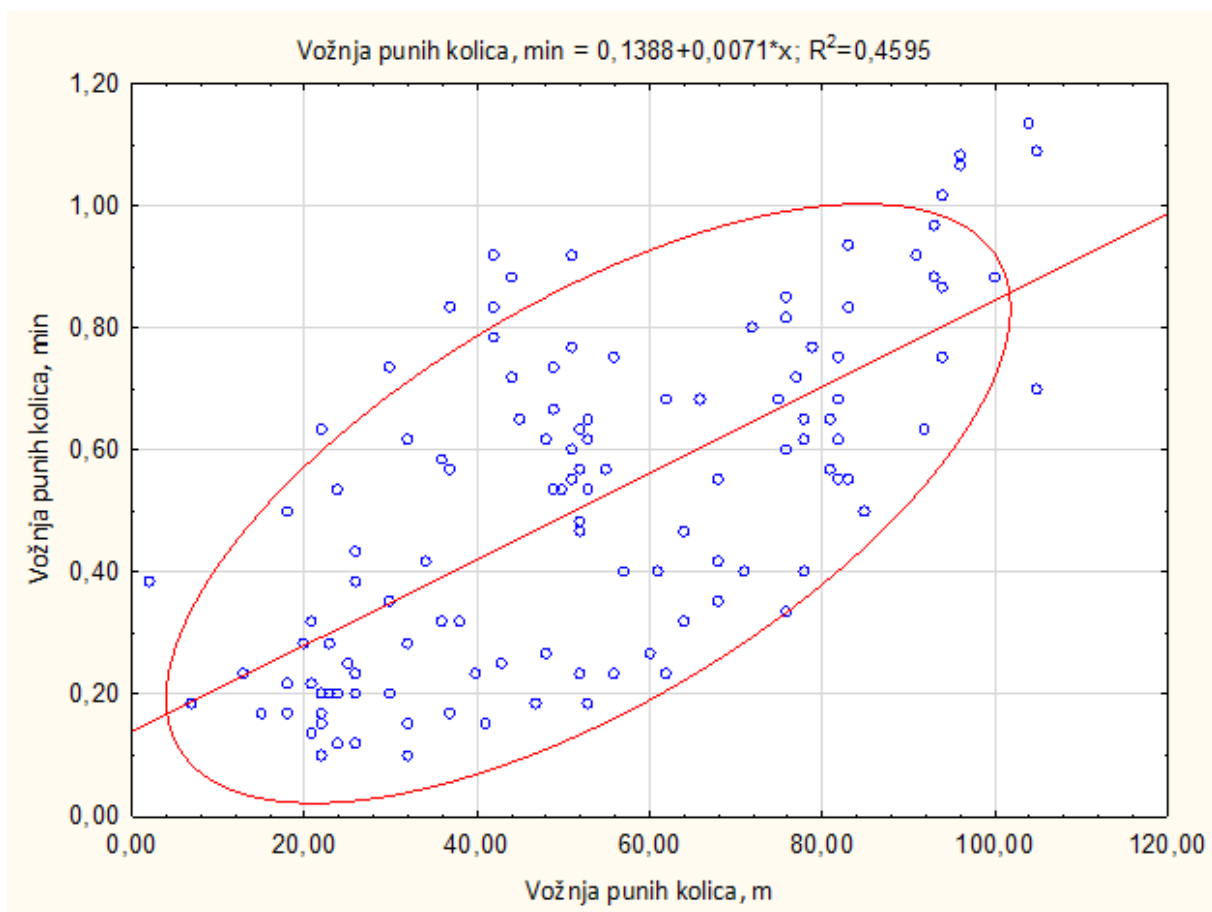
### 4.3. Rezultati statističke obrade podataka

Slika 24 prikazuje ovisnost trajanja vožnje praznih kolica o udaljenosti. Podaci o utrošenom vremenu vožnje praznih kolica izjednačeni su jednadžbom pravca s koeficijentom korelacije  $R^2=0,4493$ . Varijabilnost snimljenih vremena može biti objašnjena utjecajem kopčša na brzinu i mjesto zaustavljanja kolica. Naime, nakon što strojari pošalje kolica prema sječini ona se automatski zaustavljaju na mjestu s kojega su poslana prema stupu žičare, međutim kopčša ima mogućnost preuzeti upravljanje kolicima prije nego li se ona sama zaustave, iz razloga što se uglavnom nalazio u blizini trase žične linije, i uz fino namještanje kolica na mjesto koje mu u danom trenutku odgovara započeo je u isto vrijeme i s otpuštanjem užeta za postrano privlačenje. Udaljenost na kojoj su se kretala kolica iznosila je 2–105 m, a utrošak vremena iznosio je 0,22–1,25 min.



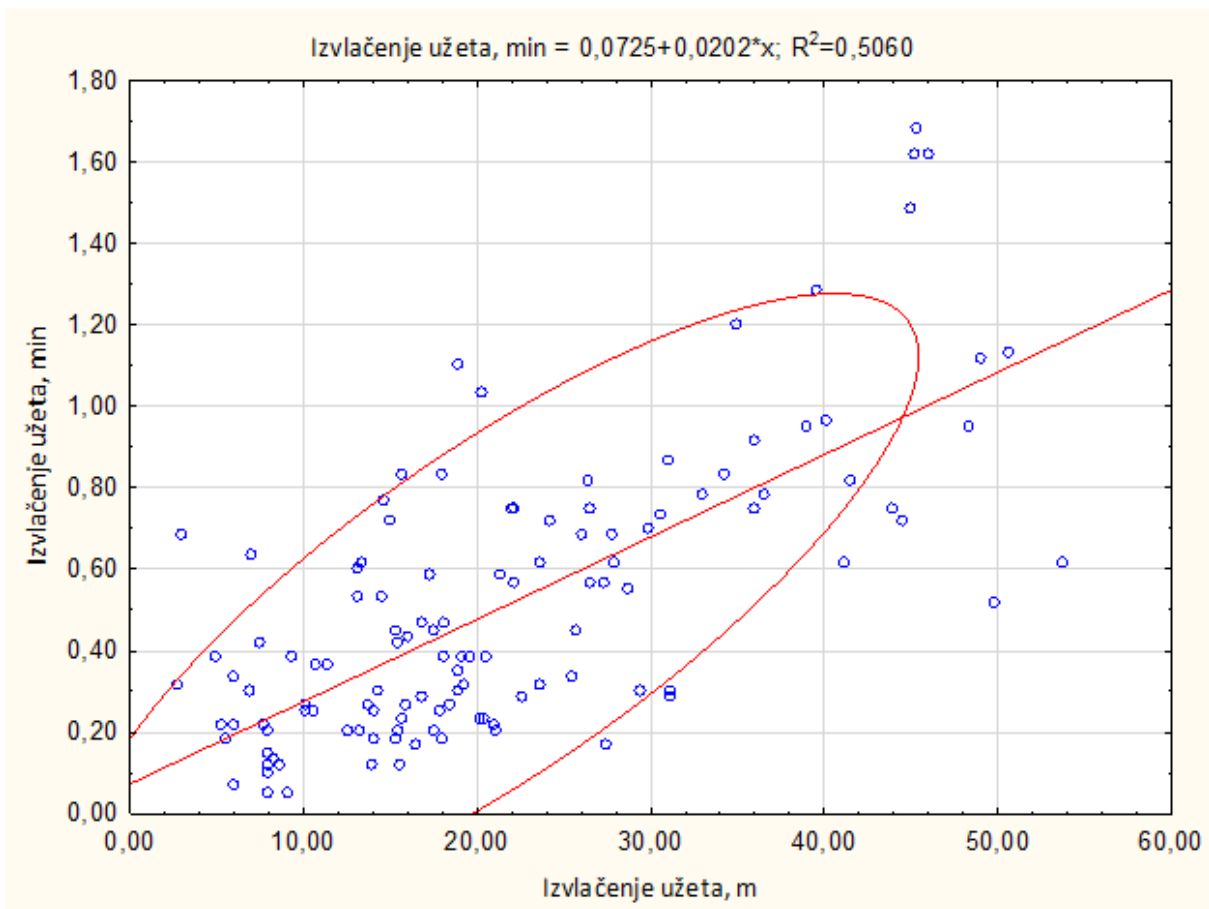
Slika 24. Ovisnost utroška vremena vožnje praznih kolica o udaljenosti

Slika 25 prikazuje ovisnost trajanja vožnje punih kolica o udaljenosti. Podaci o utrošenom vremenu vožnje punih kolica izjednačeni su jednadžbom pravca s koeficijentom korelacije  $R^2=0,4595$ . Varijabilnost snimljenih vremena može biti objašnjena pojavom kraćih prekida tijekom pune vožnje zbog okolnih stabala ali i neiskustvom snimatelja odnosno ne prepoznavanjem i ne bilježenjem kratkih prekida u realnom vremenu. Udaljenost na kojoj su se kretala kolica iznosila je 2–105 m, a utrošak vremena iznosio je 0,10–1,13 min.



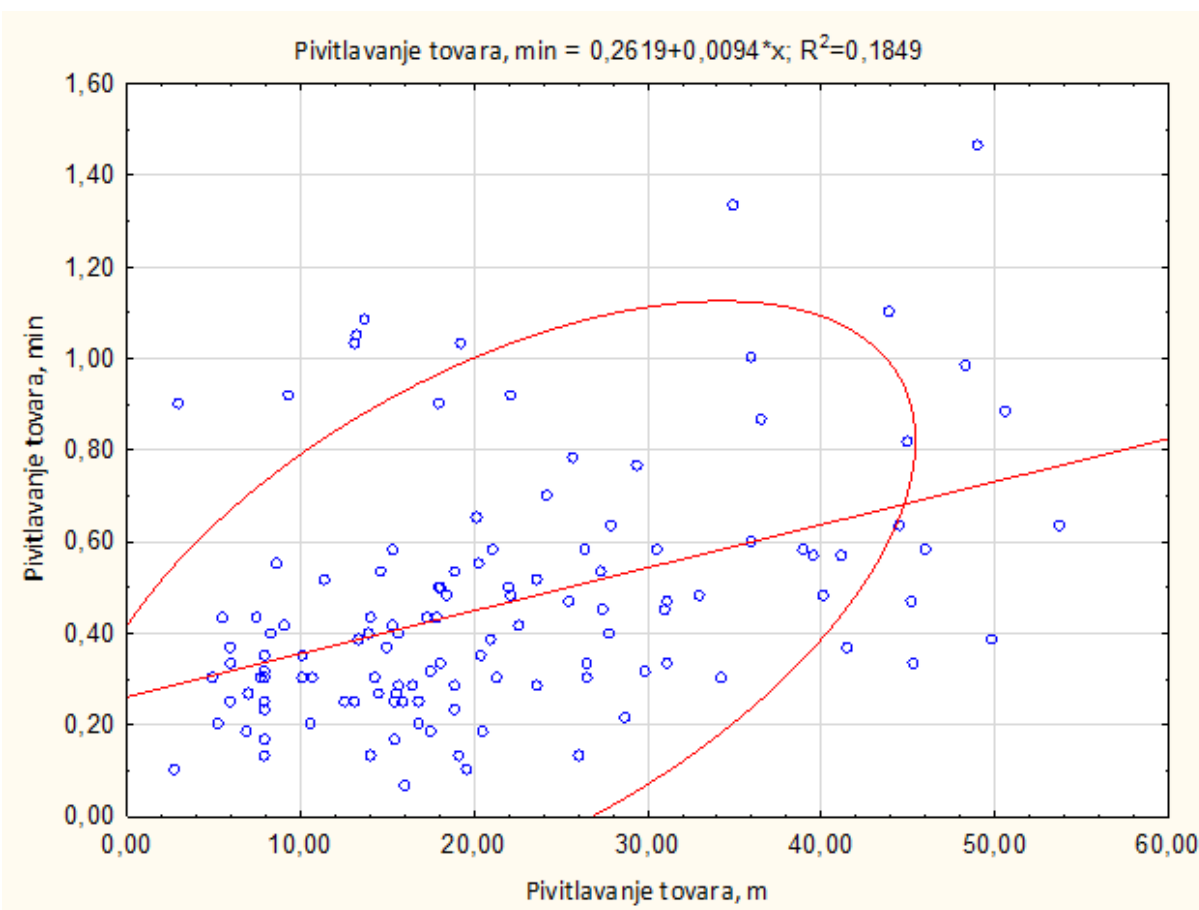
Slika 25. Ovisnost utroška vremena vožnje punih kolica o udaljenosti

Slika 26 prikazuje ovisnost utroška vremena izvlačenja užeta o udaljenosti. Podaci o utrošenom vremenu izvlačenja užeta izjednačeni su jednadžbom pravca s koeficijentom korelacije  $R^2=0,5060$ . Varijabilnost snimljenih vremena može biti objašnjena konfiguracijom terena. Naime, snimanje utroška vremena nije razdvojeno s obzirom na to da li se ono odvijalo niz ili uz nagib što zasigurno može pored različitih površinskih prepreka imati utjecaja na ukupan utrošak vremena izvlačenja užeta od trase žične linije do stabla. Izvlačenje užeta bilo je na udaljenosti 2,8–53,8 m, a utrošak vremena iznosio je 0,05–1,68 min.



Slika 26. Ovisnost utroška vremena izvlačenja užeta o udaljenosti

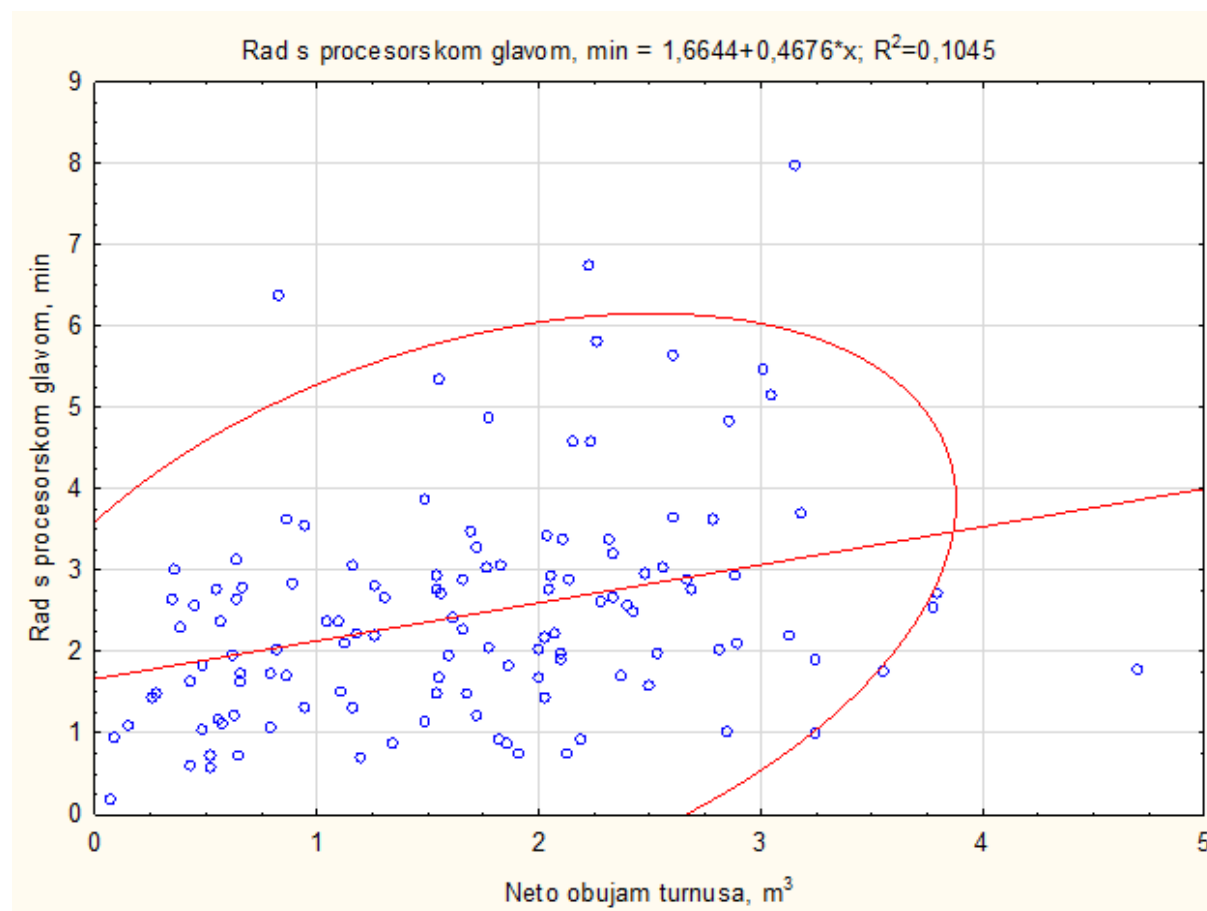
Slika 27 prikazuje ovisnost utroška vremena privitlavanja tovara o udaljenosti. Podaci o utrošenom vremenu izvlačenja užeta izjednačeni su jednadžbom pravca s koeficijentom korelacije  $R^2=0,1849$ . Varijabilnost snimljenih vremena može biti objašnjena pojavom kraćih prekida tijekom privitlavanja zbog zapinjanja tovara za okolna stabala, ali i neiskustvom snimatelja odnosno ne prepoznavanjem i ne bilježenjem kratkih prekida u realnom vremenu. Privlačenje tovara bilo je na udaljenosti 2,8–53,8 m, a utrošak vremena iznosio je 0,07–1,47 min.



Slika 27. Ovisnost utroška vremena privitlavanja tovara o udaljenosti

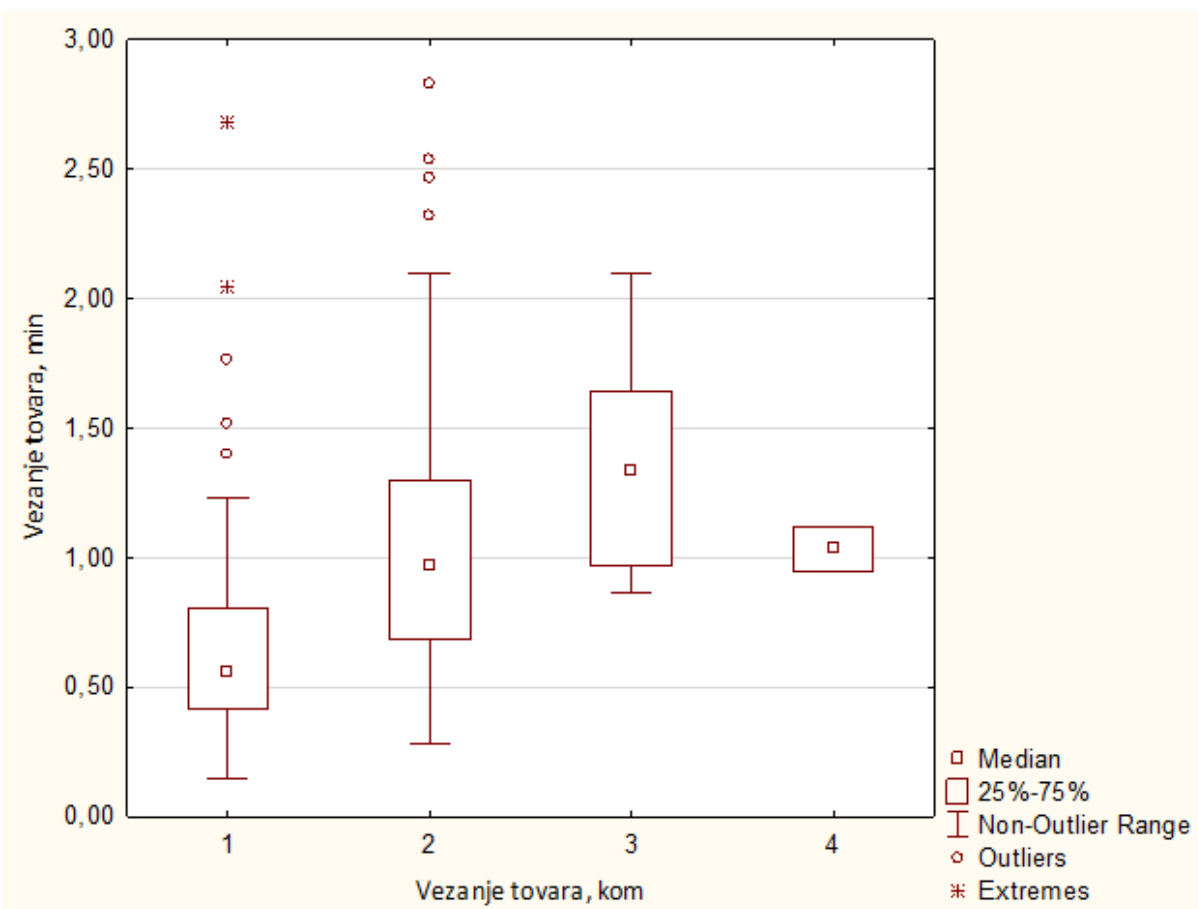


Slika 28 prikazuje ovisnost utroška vremena na rad s procesorskom glavom o neto obujmu turnusa. S obzirom na to da je zabilježen podatak o ukupnom obujmu pojedinog turnusa, utroške vremena nije bilo moguće prikazati zasebno za deblo i zasebno za krošnju. Ovisnost utroška vremena obrade i neto obujma turnusa izjednačena je linijom pravca s koeficijentom korelacije  $R^2=0,1045$ . S obzirom na to da se radi o izradi tvrdih listača (pretežno obična bukva) očekivana je varijabilnost utroška vremena zbog neprilagođenosti procesorske glave kresanju jakih grana. Stoga je u pojedinim turnusima utrošeno značajno više vremena nego li u drugima istoga obujma.



**Slika 28.** Ovisnost utroška rada s procesorskom glavom o neto obujmu turnusa

Slika 29 prikazuje utrošak vremena vezanja s obzirom na broj komada u tovaru. U prosjeku utrošak vremena raste s porastom broja komada u tovaru, osim kada su u tovaru četiri komada što je posljedica malog broja prikupljenih podataka. Kako je vezanje tovara najzastupljeniji radni zahvat u ukupnom efektivnom vremenu isti je potrebno dodatno proučiti i otkloniti eventualne poteškoće koje se mogu dogoditi iz primjerice organizacijskih razloga. Naime, dodavanjem dodatnog para užadi za vezanje bi kopčaš vrijeme koje protekne u vožnji punih i praznih kolica te odvezivanju tovara mogao utrošiti na pripremu idućega tovara. Na taj način bi se povećao udio efektivnog vremena u ukupnom vremenu zbog smanjenja utroška vremena na čekanje praznih kolica.



Slika 29. Ovisnost utroška vezanja tovara o broju komada u tovaru

#### 4.4. Norma vremena i norma učinka

Kao glavni rezultat ovoga istraživanja izračunata je norma vremena i norma učinka pri radovima iznošenja drva i rada s procesorskom glavom.

Po obradi snimljenih podataka, iz ukupnih snimljenih općih vremena izuzeti su neopravdani prekidi a potom je izračunat faktor dodatnog vremena kao ključna komponenta u izračunu proizvodnosti nekoga sustava.

Struktura vremena turnusa izračunata je za prosječnu udaljenost iznošenja od 52 m i prosječnu udaljenost postranog privlačenja od 21 m. Za izračun utroška vremena pojedinih radnih zahvata korištene su linije izjednačenja prikazane na slikama 24–27 te podaci o prosječnom utrošenom vremenu na odvezivanje tovara i uhrpavanje tovara.

Proizvodnost i mogući dnevni učinak izračunat je na temelju norme vremena rada s procesorskom glavom iz razloga što je ono po turnusu i jedinici proizvoda veće nego li pri iznošenju. Norma vremena (NV) izračunata je kako slijedi:

$$NV = t_{odv} + t_{pglava} + t_{uhrp} * fDV_{obrada} \text{ [min/turnus]}$$

Gdje je:

- $t_{odv}$  - vrijeme utrošeno na odvezivanje turnusa, min
- $t_{pglava}$  - vrijeme utrošeno na obradu turnusa s procesorskom glavom, min
- $t_{uhrp}$  - vrijeme utrošeno na uhrpavanje izrađenih sortimenata, min
- $fDV_{obrada}$  - faktor dodatnog vremena pri radu s procesorskom glavom

Prema prikazanoj formuli za 8-satno radno vrijeme moguće je obraditi 55 turnusa što kada se dovede u vezu s prosječnim tovarom (1,68 m<sup>3</sup>) dnevno može rezultirati s 94,10 m<sup>3</sup> neto obujma proizvedenih drvnih sortimenata.

Tablica 8 prikazuje utroške vremena na pojedine radne zahvate te kao konačni rezultat istraživanja normu učinka stupne kamionske žičare u istraživani uvjetima.

**Tablica 8.** Norma vremena i norma učinka

<b>Srednja udaljenost iznošenja, m</b>	52,00
<b>Srednja udaljenost privitlavanja, m</b>	21,00
<b>Prosječni obujam tovara, m<sup>3</sup></b>	1,68
<b>Operacija</b>	<b>Utrošak vremena, min/turnus</b>
<b>Prazna vožnja</b>	0,70
<b>Puna vožnja</b>	0,51
<b>Izvlačenje vučnog užeta do trupca</b>	0,50
<b>Vežanje tovara</b>	0,93
<b>Privlačenje tovara</b>	0,46
<b>Odvezivanje tovara</b>	1,43
<b>Obrada tovara</b>	2,45
<b>Uhrpavanje</b>	0,94
<b>fDV<sub>kolica</sub></b>	2,56
<b>fDV<sub>obrada</sub></b>	1,78
<b>Norma vremena kolica, min/turnus</b>	7,95
<b>Norma vremena obrada, min/turnus</b>	8,57
<b>Norma učinka, turnusa/dan</b>	55,98
<b>Norma učinka, m<sup>3</sup>/dan</b>	<b>94,10</b>

## 5. RASPRAVA

Istraživanje rada stupne kamionske žičare »Mounty 5000« obavljeno je u g. j. Novsko Brdo prilikom provedbe naplodnog sijeka. Za potrebe istraživanja podaci su sakupljeni tijekom snimanja 122 turnusa ukupnog neto obujma 205,08 m<sup>3</sup>. Prosječni obujam tovara iznosi 1,68 m<sup>3</sup>, a prilikom izvlačenja trupaca pokretnom žičarom sa stupom Steyr KSK 16, prosječni trupac ima obujam 1,17 m<sup>3</sup>, navodi Krpan 1995. u svom istraživanju. Žičara Steyr KSK 16 privlačila je trupce hrasta lužnjaka u g. j. Ilovski lug – šumarije Garešnica iz dovršne sječe, a naše istraživanje je odrađeno prilikom provedbe naplodnog sijeka. Također, u radu Krpana iz 1995. opisano je kako s povećanjem udaljenosti se povećava vrijeme izvlačenja i vrijeme privitlavanja tovara, ali kod nas u nekim slučajevima nije tako. Vrijeme izvlačenja u nekim turnusima je duže od privitlavanja zbog strmog terena i prepreka koje je radnik morao savladati kako bi došao do određenog tovara.

Za izvlačenje vučnog užeta do trupca potrebno je 1,1 puta više vremena nego za privlačenje tovara. Utrošak vremena potreban za izvlačenje užeta sa čokerima iznosi 61,20 min – 5,8 % prema ukupnom vremenu i 16,20 % prema efektivnom vremenu, a za privitlavanje 56,26 min – 5,3 % prema ukupnom vremenu i 14,60 % prema efektivnom vremenu. Srednja udaljenost privitlavanja iznosi 21,00 m. Utrošak efektivnog vremena privlačenja po jedinici iznosi 1,839713 min/m<sup>3</sup>.

Udaljenost na kojoj su se kretala kolica iznosila je 2–105 m, a utrošak vremena iznosio je 0,22–1,25 min. Premda je osnovna zakonitost da su brzine punih vozila manje od brzine praznih, kod nas se ta zakonitost nije uvijek održala. Utrošak vremena za vožnju praznih kolica iznosi 84,95 min, odnosno 22,5 % efektivnog vremena. Vrijeme koje je utrošeno za vožnju punih kolica iznosi 62,04 min, odnosno 16,4 % efektivnog vremena. Za punu vožnju kolica utrošeno je 1,4 puta manje vremena nego za vožnju praznih kolica.

Ukupno utrošeno vrijeme za montažu trase žične linije duljine 130 m iznosi 79 minuta. Najzastupljeniji su opravdani prekidi zbog toga što sudjeluju četiri radnika te nemaju uvijek svi posla. Montaža nosivog užeta je druga najzastupljenija radna operacija. Treća najzastupljenija radna operacija po redu je montaža stupa i kabine koja osim uspravljanja stupa i fiksiranje kabine podrazumijeva i sidrenje stupa, stoga će utrošak vremena ovisiti o broju i udaljenosti sidrenih stabala stupa žičare.

Na temelju prikupljenih podataka uvrštenih u formulu za 8-satno radno vrijeme, moguće je odraditi 55 turnusa, a ako se u obzir uzme prosječni tovar od  $1,68 \text{ m}^3$ , dnevno može rezultirati s  $94,10 \text{ m}^3$  neto obujma proizvedenih drvnih sortimenata.

Prema normativu za fazu 1 i 2 iz programa »HsPRO« za odsjek u kojem je provedeno istraživanje dobivena je norma za skider »Timberjack 240C« od  $50,33 \text{ m}^3/\text{dan}$  za udaljenosti do 300m. Dobivena norma za žičaru »Mouny 5000« iznosi  $94,10 \text{ m}^3/\text{dan}$ , što je za 46,51% više nego izračunata norma za skider »Timberjack 240C«.

## 6. ZAKLJUČAK

U Hrvatskoj je potrebna i nužna ovakva vrhunska tehnologija pridobivanja drva koja je ekološki, ekonomski, energetska, ergonomski i estetski prihvatljiva.

U okviru terenskog istraživanja provedena je studija rada i vremena na temelju čega je dobivena norma vremena i učinka koja je primjenjiva u sličnim uvjetima rada . Budući da je ovo najmanje ispitana tehnologija pridobivanja drva potrebna su detaljnija istraživanja u raznim uvjetima rada te je nužno izraditi normativni sustav za ovaj način pridobivanja drva budući da isti nije izrađen te su današnji planovi bazirani na iskustvu operativnih voditelja.

Primjenom stupne kamionske žičare s procesorskom glavom ostvaruje se veća proizvodnost u odnosu na standardne metode pridobivanja drva. Kako je ovo jedna od novijih tehnologija pridobivanja drva te se radnici i dalje nalaze u nekoj od faza obuke realizacija može biti samo veća.

## 7. ZAHVALE

Zahvaljujemo se Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu koji je kroz financiranje studentskih projekata omogućio provedbu ovog istraživanja. Ovim putem se zahvaljujemo mentoru prof. dr. sc. Željku Zečiću na prenesenom znanju, strpljenju i podršci. Također, veliko hvala Branku Ursiću, mag. ing. silv. na spremnosti i bezuvjetnoj pomoći prilikom istraživanja i izrade ovog rada. Zahvaljujemo se djelatnicima šumarije Novska na susretljivosti i podršci tijekom izvođenja terenskog rada. Ovim putem se zahvaljujemo i tvrtki »Laubress« koja je omogućila besplatno korištenje programa »UMT Plus«. Na kraju, zahvaljujemo se UŠP Karlovac, a posebno voditelju Tomislavu Kranjčeviću, dipl. ing. šum. i radnicima bez kojih ovo istraživanje ne bi bilo moguće provesti.



## 8. POPIS LITERATURE

1. Alexsson, E. P., 2013: The Mechanization of Logging Operations in Sweden and its Effect on Occupational Safety and Health  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08435243.1998.10702715>
2. Han, H. S., Kellogg, L. D., 2000: Damage Characteristics in Young Douglas-fir Stands from Commercial Thinning with Four Timber Harvesting Systems. *Western Journal of Applied Forestry* 15(1): 27–33.
3. Heinemann, H. R., Stampfer, K., Loschek, J. i Caminada, L., 2001: Perspectives on Central European Cable Yarding Systems. [Heinemann.pdf \(washington.edu\)](#)
4. Horek, P. i Mauer, P., 2001: Forest cableways in shelterwood system WORKSHOP PROCEEDINGS NEW TRENDS IN WOOD HARVESTING WITH CABLE SYSTEMS FOR SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN THE MOUNTAINS ([fao.org](#))
5. <https://wheelerequipment.com/history/washington-history/> (pristupljeno 11.04.2023.)
6. Katalog sustava pridobivanja drva; [http://okfs-optimizacija.sumfak.hr/images/dokumenti/tekst/Prilog%202\\_Sustavi.pdf](http://okfs-optimizacija.sumfak.hr/images/dokumenti/tekst/Prilog%202_Sustavi.pdf) (pristupljeno 16.04.2023.)
7. Konrad, KONRAD Forsttechnik GmbH, <https://www.forsttechnik.at/en> (pristupljeno 15.04.2023)
8. Košir, B., 1987: Povijesni razvoj žičara u Sloveniji: Mehanizacija šumarstva XII, 3-4, str. 40-42
9. Košir, B., 1997: Pridobivanje lesa. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani, 1 – 332
10. Košir, B., 2004: Prospects of forest cableways use in Slovenia. International symposium „Cable Yarding Suitable for Sustainable Forest Management“. Slovenian Forestry Institute, 23. September 2004, Idrija, Slovenia, 35 - 50
11. Krpan, A. P. B. i Ivanković, Ž., 1995: Iznošenje trupaca hrasta lužnjaka žičarom STEYR KSK 16 (Yarding of Pedunculate Oak logs with the STEYR KSK 16 Cable Crane). *Šumarski list* 119(3): 75-90
12. Leitner, S., Renzi, M., Spinelli, R., Vidoni, R., 2022: On the Design of Hybrid Tower Yarder Drivetrains: A Case Study. *Forests* 13: 1520. <https://doi.org/10.3390/f13091520>
13. Loschek, J., 2001: Development of mechanized logging  
<https://www.fao.org/3/y9351e/Y9351E44.htm>
14. Osnova gospodarenja za gospodarsku jedinicu »Novsko Brdo«, 2018
15. Pičman, D., Pentek, T., Poršinsky, T., 2001: Relation between forest roads and extraction machines in sustainable forest management. Workshop on "New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains", Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, Ossiach (Austria), 18-24 June 2001, 1-8.

16. Poršinsky, T. i Stankić, I., 2005: Prilog poznavanju iznošenja drva šumskim žičarama. Nova mehanizacija šumarstva, 26, 39–54.
17. Poršinsky, T., 2016: prezentacija „Iznošenje drva (šumske žičare, helikopter)“ u HKIŠDT  
[http://www.hkisdt.hr/podaci/2016/SU/prezentacije/zicara\\_komora\\_2.pdf](http://www.hkisdt.hr/podaci/2016/SU/prezentacije/zicara_komora_2.pdf) (pristupljeno 16.04.2023.)
18. Samset, I., 1985: Winch and cable systems. Martinus Nijhoff / DR W. Junk Publishers, Dodrechts / Boston / Lancaster, 1 – 539.
19. Sokolović, Dž. i Musić, J., 2009: Privlačenje drveta šumskim žičarama: Naše šume, 14-15, str. 33-36
20. Tiernan, D., P. M. O. Owende, C. L. Kanali, R. Spinelli, J. Lyons, S. M. Ward, 2002: Selection and Operation of Cable Systems on Sensitive Forest Sites. Project deliverable D2 of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites ECOWOOD). EU 5th Frame-work Project (Quality of Life and Management of Living Resources), 1 – 73.
21. Trzesniowski, A., 1998: Wood transport in steep terrain. Proceedings of the Seminar on »Environmentally sound forest roads and wood transport«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 17 – 22 June 1996, Sinnaia, (Romania), FAO, Rome, 405 – 424
22. Visser, R., Harrill H., 2017: Cable Yarding in North America and New Zealand: A Review of Developments and Practices - <https://hrcak.srce.hr/file/281474>
23. Zečić, Ž., 2015: Optimiziranje sustava pridobivanja drva skupnim radom u prorednim sječinama grđevačke Bilogore. Radovi Zavoda za znanstvenoistraživački i umjetnički rad u Bjelovaru 9: 245–264.

## 9. SAŽETAK

Ivana Koren i Iva Žugaj

Vrhunske tehnologije pridobivanja drva - primjena stupne kamionske žičare s procesorskom glavom

### SAŽETAK

Iznošenje drva stupnom kamionskom žičarom s procesorskom glavom vrhunska je tehnologija pridobivanja drva današnjice. Utvrđivanje utroška vremena po pojedinom radnom zahvatu, utvrđivanje ostvarenih radnih učinaka, povezivanje utroška vremena s ostvarenim radnim učincima pri radu šumske žičare s procesorskom glavom primjenom stablovne metode glavni je cilj ovog istraživanja. Istraživanje je provedeno na području UŠP Nova Gradiška, šumarije Novska u g. j. Novsko Brdo u odsjeku 59c prilikom provedbe naplodnog sijeka. Za snimanje utroška vremena montaže i demontaže žičare korištena je multimomentna metoda, a snimanje proizvodnosti iznošenja i izrade drvnih sortimenata protočnom metodom. Na terenu je istraživanje obavljeno od strane dva snimatelja gdje je jedan pratio rad kopčaća, a drugi rad strojara. Računalni software »UMT Plus« tvrtke »Laubress« korišten je za snimanje utroška vremena po pojedinom radnom zahvatu pri radu šumske kamionske žičare s procesorskom glavom. Obrada dobivenih podataka napravljena je programom »MS Excel« , dok je statistička obrada podataka obavljena pomoću programa »Statistica«. Na temelju istraživanja dobiveni su utrošci vremena za pojedine radne zahvate kako prema ukupnom, tako i prema efektivnom vremenu. U konačnici su dobivene norme vremena i učinka za istraživane radne zahvate. Za prosječnu udaljenost od 52 m, dobivena norma učinka iznosi 55,98 turnus/dan, a norma učinka ovog sustava pridobivanja drva je 94,10 m<sup>3</sup>/dan. Primjena vrhunskih tehnologija pri pridobivanju drva u današnje vrijeme potrebna je i nužna, a posebice zato što je ekološki, ekonomski, energetski, ergonomska i estetski prihvatljiva.

Ključne riječi: vrhunske tehnologije, pridobivanje drva, stupna kamionska žičara, procesorska glava, stablovna metoda.

## 10. SUMMARY

Ivana Koren i Iva Žugaj

Top-quality wood acquisition technologies - application of truck cable yarder with a processor head

### Summary

The transportation of wood by a top-quality truck cable yarder with a processor head is a modern technology for wood acquisition. The main goal of this research is to determine the time consumption for each work operation, to determine the achieved work efficiency, and to connect the time consumption with the achieved work efficiency during the work of a forest cableway with a processor head, by applying the flow method. The research was conducted in the UŠP Nova Gradiška area, in the Novska forestry, at the Novsko Brdo section 59c during the process of establishment cutting. The multimoment method was used to record the time consumption for the installation and dismantling of the cableway, and the flow method was used to record the productivity of transportation and production of wood assortments. The research was conducted on the field by two recorders, where one observed the work of the hooksman and the other observed the work of the machine operator. The computer software "UMT Plus" by "Laubress" was used to record the time consumption for each work operation during the work of a forest cableway with a processor head. The obtained data were processed using the "MS Excel" program, while the statistical data processing was performed using the "Statistica" program. Based on the research, the time consumption for each work operation was obtained according to the total and effective time. Ultimately, time and performance standards were obtained for the researched work operations. For an average distance of 52 m, the obtained performance standard is 55.98 shifts/day, and the performance standard is 94.10 m<sup>3</sup>/day. The application of top-quality technologies for wood acquisition is necessary and essential nowadays, especially because it is aesthetically, ergonomically, economically, ecologically, and energetically acceptable.

Key words: top-quality technologies, wood acquisition, truck cable yarder, processor head, stem method.