



Učinkovitost skidera Ecotrac 55V pri privlačenju drva u planinskom području Bosne i Hercegovine

Jelena Knežević, Jusuf Musić, Velid Halilović, Marijan Šušnjar, Muhamed Bajrić

Nacrtak – Abstract

U radu su prikazani rezultati istraživanja učinkovitosti skidera Ecotrac 55V. Istraživanje je provedeno u šumskom odjelu 89, gospodarska jedinica »Igman«, uz primjenu studija rada i vremena. Trajanje radnoga vremena ustanovljeno je »povratnom« metodom snimanja. Ovisnost vremena trajanja radnih operacija o utjecajnim čimbenicima utvrđena je uz primjenu višestruke regresijske analize. Primijenjena je sortimentna metoda izrade drva. Snimljeni su ovi utjecajni čimbenici: stanje traktorskoga puta (podloge), udaljenost privlačenja drva skiderom, udaljenost privlačenja drva, broj komada u tovaru, obujam tovara i uzdužni nagib traktorskoga puta. Udio operativnoga vremena u ukupnom radnom vremenu iznosi 38,75 %, a udio vremena prekida rada 37,56 %. Norme vremena i učinka izražene su u ovisnosti o udaljenosti privlačenja, dok su za ostale utjecajne čimbenike korištene prosječne vrijednosti. Utvrđena je norma vremena u iznosu od 8,34 min/m³ za udaljenost privlačenja od 100 m, odnosno 17,65 min/m³ za 900 m. Učinak se traktora kreće u intervalu od 57,58 m³/radnom danu za udaljenost privlačenja od 100 m do 27,20 m³/radnom danu za 900 m. Analiza je pokazala da postoji mogućnost povećanja učinkovitosti primjenom bolje organizacije rada i smanjenjem udjela prekida rada u ukupnom radnom vremenu, osobito prekida iz organizacijskih i osobnih razloga (prekida zbog jela i prekida zbog odmora i osobnih potreba radnika).

Ključne riječi: učinkovitost, privlačenje drva, skider, Ecotrac 55V, sortimentna metoda

1. Uvod – Introduction

Kao jedna od osnovnih faza pridobivanja drva, privlačenje je transport posječena stabla različita stupnja obrade (od izrađenoga drvnoga sortimenta do cijeloga stabla) od panja u sječini do najbližega kamionskoga puta (Kulušić 1990). U ovisnosti o transportnom mediju i sredstvu za rad privlačenje drva moguće je obaviti vučom drva po tlu, vučom drva s jednim krajem odignutim od tla, vožnjom drva na tovarnom prostoru vozila, iznošenjem drva odignutoga od tla ili čak plutanjem drva na vodenim tokovima.

Privlačenje drva skiderima i poljoprivrednim traktorima sa šumskim vitlima u većini zemalja južne Europe najčešći je način privlačenja drva (Spinelli i Magagnotti 2011), a u Bosni i Hercegovini to je gotovo isključivo jedini način privlačenja drva (Sokolović i Musić 2009).

Osnovne su karakteristike skidera zglobno upravljanje, pogon na sva četiri kotača istih dimenzija i opterećenje prednjega mosta oko 2/3 mase praznoga skidera (Sever i Horvat 1990). Navedene tehničke karakteristike skiderima omogućuju bolju kretnost te bolje radne karakteristike u usporedbi s adaptiranim poljoprivrednim traktorima. Veća masa na prednjem mostu pomiče točku težišta prema prednjemu kraju skidera te povećava kut uzdužne stabilnosti (Gužvinec i dr. 2012).

Gledano s aspekta sredstava za rad korištenih u fazi privlačenja drva, najzastupljeniji su skideri s vitlom, skideri s hvatalom i adaptirani poljoprivredni traktori (Borz 2015). Skideri s vitlom više su u uporabi u odnosu na skidere s hvatalom (Kulak i dr. 2017), ali je učinkovitost skidera s hvatalom veća (Mousavi i dr. 2013, Mederski i dr. 2010). U Bosni i Hercegovini koriste se isključivo skideri s vitlom

(Marčeta i dr. 2014, Halilović i dr. 2015) koji su najzastupljeniji tip skidera i u okolnim zemljama (Šušnjar i dr. 2006, Stoilov i Kostadinov 2009, Borz i dr. 2015). Najviše se koriste skideri proizvođača LKT i Timberjack, s tim da je posljednjih godina očito zanimanje šumarskih poduzeća za skidere »Ecotrac«, u prvom redu model Ecotrac 120V.

Istraživanja učinka rada traktora u Bosni i Hercegovini započela su 70-ih godina prošloga stoljeća (Mihać 1977, Kulušić i Miodragović 1979, Jovanović 1980, ŠIPAD – IRC 1989, Jovanović 1990, Jakupović 2003, Halilović 2012, Marčeta 2015) i obuhvatila su različite tipove traktora (IMT 533, IMT 558, IMT 560, IMT 561, IMT 567, IMT 577, IMT 586, Belt GV 70, Tree Farmer C4 D, Tree Farmer C5 D, LKT 80, LKT 81, LKT 81T, LKT 120, Timberjack 208D, Timberjack 209D, Timberjack 225, Timberjack 350A). Novija istraživanja radnih učinaka provedena su na skiderima LKT 81T (Halilović 2012, Marčeta 2015) i Ecotrac 120V (Knežević i dr. 2018), dok učinci rada skidera Ecotrac 55V u ovisnosti o najvažnijim utjecajnim čimbenicima nisu prije istraživani u Bosni i Hercegovini.

Učinkovitost skidera Ecotrac 55V bila je predmet većega broja istraživanja u zemljama regije. Zečić i dr. (2008) utvrdili su da vrijeme transportnoga ciklusa pri privlačenju drva skiderom Ecotrac 55V iz napludnoga sijeka oplodne sječe u brdskim i nizinskim područjima Hrvatske iznosi 14,76 min na prosječnoj udaljenosti privlačenja 300 m na traktorskim putovima i sječini i 50 m na stovarištu, norma vremena 8,20 min/m³, a dnevni učinak 58,53 m³. Norme privlačenja drva skiderom Ecotrac 55V dali su Zečić i Vusić (2009) u okviru normativa izrađenih za potrebe poduzeća Hrvatske šume d.o.o.

Spinelli i dr. (2012) istraživali su mogućnost zamjene traktora gusjeničara novim miniskiderom iste veličine i cjenovne klase (Ecotrac 55V) za iskorištavanje šuma na Alpama. Utvrđena je učinkovitost skidera Ecotrac 55V u iznosu od 4,10 m³/h za prosječnu udaljenost privlačenja od 130 m. Troškovi su privlačenja varirali od 13 €/m³ do 23 €/m³ u ovisnosti o udaljenosti privlačenja. Istraživanjem je utvrđeno da Ecotrac 55V ostvaruje veću učinkovitost i manje troškove u usporedbi s traktorom gusjeničarem FIAT 55-85.

Prilikom istraživanja sustava korištenja drva u šumskim kulturama Vusić i dr. (2013a) utvrdili su učinke rada prorednoga skidera Ecotrac 55V. Primjenom sortimentne metode u smrekovoj šumskoj kulturi moguće je u radnom danu privući od 11,20 m³ na srednjoj udaljenosti privlačenja od 100 m pa do 6,19 m³ neto obujma obloga drva na srednjoj uda-

ljenosti od 1000 m. Stablovnom metodom u toku radnoga dana moguće je privući 11,84 t standardno suhe biomase s 100 m srednje udaljenosti privlačenja po vlaci i sječini do 5,16 t standardno suhe biomase s 1000 m.

Vusić i dr. (2013b) istraživali su učinkovitost rada skidera Ecotrac 55V u prorednim sječinama i kod napludnoga sijeka u oplodnoj sječi. Primjenom kod proredne sječe utvrđena je učinkovitost od 2,56 m³/h izračunata na bazi utroška vremena uključujući sve prekide rada u trajanju do 15 min (PSH15), odnosno 3,20 m³/h isključujući sve prekide rada (PSH0). U napludnom sijeku oplodne sječe utvrđena je učinkovitost od 4,57 m³/h izračunata na temelju utroška vremena uključujući sve prekide rada u trajanju do 15 min (PSH15), odnosno 4,95 m³/h isključujući sve prekide rada (PSH0).

Rad skidera Ecotrac 55V pri privlačenju obloga drva u dovršnom sijeku sastojine hrasta lužnjaka istraživao je Sever (2013). Korištena je računalna evidencija studija rada i vremena i utvrđen je dnevni učinak privlačenja od 67,08 m³/dan za udaljenost privlačenja od 100 m do 37,24 m³/dan za udaljenost privlačenja od 400 m. Udio efektivnoga vremena u ukupnom vremenu rada iznosio je 61,19 %.

2. Područje istraživanja – *Research area*

Istraživanje je provedeno u šumskom odjelu 89 gospodarske jedinice »Igman«, na području kojim gospodari Kantonalno javno poduzeće za gospodarenje državnim šumama »Sarajevo šume« d.o.o. Sarajevo. Prosječna nadmorska visina u odjelu iznosi 1250 m, a nagib terena od 20 % do 40 %. Teren ima oblik pravilne padine. U odjelu nisu izdvojeni odsjeci. Ukupna površina od 32,90 ha pripada uređajnomu razredu »Sekundarne šume jele i smreke u pojasu šuma bukve i jele sa smrekom na kalkomelanosolu i pretežno plitkom kalkokambisolu na jedrim krečnjacima i dolomitima« za koju je planiran skupinasto-preborni sustav gospodarenja. Stabla za sječicu doznačena su u 2018. godini, pri čemu je doznačeno 1662,84 m³ neto drva četinjača. Ukupna duljina traktorskih putova iznosi 4445 m.

3. Materijal i metode *Material and methods*

Privlačenje drva u odjelu 89 obavljeno je skiderom Ecotrac 55V (slika 1) čiji je proizvođač poduzeće »Hittner« d.o.o. sa sjedištem u Bjelovaru, Republika Hrvatska. Ecotrac 55V je skider namijenjen radu u

proredama na nagnutim terenima. Motor je skidera 3-cilindrični Deutz sa zračnim hlađenjem i snagom 40 kW. Opremljen je dvobubanjnim vitlom, nazivne vučne sile od 35 kN po bubnju. Masa skidera iznosi 3600 kg, duljina 4550 mm, širina 1600 mm (Beuk i dr. 2007, Tomašić i dr. 2007, Spinelli i dr. 2012, Vusić i dr. 2013a). Snimanja učinka rada provedena su na skideru starosti 15 godina.



Slika 1. Skider Ecotrac 55V

Fig 1 Skidder Ecotrac 55V

Primijenjen je studij rada i vremena. Trajanje je radnoga vremena ustanovljeno »povratnom« metodom koja je često primjenjivana prilikom istraživanja učinaka rada traktora na privlačenju drva (Kulušić i Miodragović 1979, Jovanović 1980, Sabo i Poršinsky 2005, Zečić 2006, Zečić i Vusić 2009, Zečić i dr. 2011, Halilović 2012, Vusić i dr. 2013b, Marčeta 2015, Zečić i dr. 2019a, Zečić i dr. 2019b).

Ukupno radno vrijeme podijeljeno je na operativno vrijeme i vrijeme prekida rada. U okviru operativnoga vremena izdvojene su radne operacije: prazna vožnja, zauzimanje položaja traktora, izvlačenje užeta vitla, vezivanje tovara, primicanje vitlom, formiranje ukupnoga tovara, vožnja na skupljanju tovara, puna vožnja, privitlanje tijekom vožnje, odvezivanje tovara i uhrpavanje. Vrijeme prekida rada podijeljeno je na pripremno-završno vrijeme, prekide iz organizacijskih razloga, prekide iz tehničkih razloga, prekide zbog jela, prekide zbog odmora i osobnih potreba radnika, prekide zbog tovara i ostale opravdane prekide. Prilikom provođenja studija rada i vremena snimani su i neopravdani prekidi koji su subjektivno motivirani bez opravdane potrebe. Kao posebna kategorija u okviru vremena prekida rada izdvojeni su prekidi zbog nepovoljnih vremenskih prilika u koju su svrstani

prekidi uzrokovani kišom ili snijegom. Neopravdani prekidi rada i prekidi rada zbog nepovoljnih vremenskih prilika nisu uzeti u obzir prilikom obračuna tehničkih normi rada.

Trajanje pojedinih kategorija radnoga vremena snimano je kronometrom *Hanhart* koji vrijeme mjeri u minutama i stotim dijelovima minute ($\text{min} \cdot 10^{-2}$; $1/100 \text{ min}$), a što je najčešća praksa prilikom provođenja studija rada (Magagnotti i Spinelli 2012). Snimljeni su ovi utjecajni čimbenici: stanje traktorskoga puta (podloge), udaljenost privlačenja drva, udaljenost primicanja drva, broj komada u tovaru, obujam tovara i uzdužni nagib traktorskoga puta.

Udaljenost je privlačenja drva mjerena uporabom mjerne vrpce, a udaljenost primicanja instrumentom *Haglöf Vertex III*. Tijekom snimanja utvrđeno je da udaljenost privlačenja drva nije jedinstvena za praznu i punu vožnju zbog formiranja tovara na više mjesta duž traktorskoga puta. Iz toga je razloga posebno utvrđena udaljenost prazne vožnje, a posebno udaljenost pune vožnje. Obujam je tovara utvrđen mjerenjem promjera i duljine pojedinih komada uz uporabu promjerke i mjerne vrpce. Mjerenja su obavljena u skladu sa standardom JUS D.BO. 022 iz 1984. godine. Prosječni uzdužni nagib traktorskoga puta izračunat je kao ponderirana aritmetička sredina izmjerene duljine segmenata jednoličnoga nagiba s pripadajućim izmjerenim nagibom po metodi koju su primjenjivali Zečić i Vusić (2009). Nagib traktorskoga puta iskazan je u postocima (%). Predznak nagiba (-/+) određen je smjerom pune vožnje traktora. Predznak »-« označuje privlačenje drva niz nagib, a predznak »+« privlačenje drva uz nagib. Mjerenje nagiba obavljeno je instrumentom *Haglöf Vertex III*.

Snimanje učinaka rada šumskoga zglobnoga traktora obavljeno je tijekom ljetne sezone rada. Na lokalitetu istraživanja zabilježena je snježna oborina tijekom jednoga radnoga dana s visinom snježnoga pokrivača od 12 cm. Prosječna temperatura zraka u vrijeme snimanja utvrđena s najbliže meteorološke stanice »Bjelašnica« iznosila je $-0,1^{\circ}\text{C}$. Primijenjena je organizacija rada 1+1, vozač traktora i kopčaš. Pri navedenoj organizaciji rada vozač isključivo upravlja skiderom i vitlom, dok kopčaš obavlja poslove izvlačenja užeta vitla, vezivanja tovara i odvezivanja tovara. Za statističku obradu podataka korišten je statistički paket *Statgraphics Centurion XVII*.

Određivanje utjecaja pojedinih čimbenika na utrošak vremena i radni učinak obavljeno je uz primjenu višestruke regresijske analize (Čabaravdić

2017). Primijenjena je višestruka linearna regresija (eng. *stepwise regression*). Navedena procedura razumijeva izbor modela koji sadrži isključivo statistički značajne nezavisne varijable, ali ne isključuje bilo koju korisnu varijablu. Korištena je opcija *Backward Selection* koja polazi od modela s uključenim svim varijablama i isključuje jednu po jednu sve dok se ne dobije model u kojem su sve preostale varijable statistički značajne. Kao kriterij za odabir odabrana je *p*-vrijednost od 0,05.

Norma vremena obračunata je dijeljenjem operativnoga vremena uvećanoga za postotak dodatnoga vremena s prosječnim obujmom tovara, a norma učinka dijeljenjem osmosatnoga radnoga dana (480 min) s izračunatom normom vremena.

Tablica 1. Prikaz ukupnoga radnoga vremena

Table 1 Review of total working time

Kategorija radnoga vremena <i>Working time category</i>	Ukupno trajanje, min <i>Total duration, min</i>	Udio u ukupnom radnom vremenu, % <i>Percentage per total working time, %</i>
Prazna vožnja – <i>Unloaded travel</i>	173,38	8,39
Zauzimanje položaja traktora – <i>Positioning of the skidder</i>	43,29	2,10
Izvlačenje užeta vitla – <i>Pulling out the winch cable</i>	33,35	1,61
Vezivanje tovara – <i>Hooking</i>	199,75	9,67
Primicanje vitlom – <i>Winching</i>	59,90	2,90
Formiranje ukupnoga tovara – <i>Forming the total load</i>	0,30	0,01
Vožnja na skupljanju tovara – <i>Driving for collecting the load</i>	56,92	2,75
Puna vožnja – <i>Loaded travel</i>	135,98	6,58
Privitavanje tijekom vožnje – <i>Winching during the loaded travel</i>	6,90	0,33
Odvezivanje tovara – <i>Unhooking</i>	82,47	3,99
Uhrpavanje – <i>Decking</i>	8,77	0,42
Operativno vrijeme – <i>Productive time</i>	801,01	38,75
Pripremno-završno vrijeme – <i>Preparatory - final time</i>	36,03	1,74
Prekidi iz organizacijskih razloga – <i>Organization purpose delays</i>	213,49	10,33
Prekidi iz tehničkih razloga – <i>Technical purpose delays</i>	90,48	4,38
Prekidi zbog jela – <i>Meal time</i>	272,34	13,18
Prekidi zbog odmora i osobnih potreba radnika – <i>Delays due to rest and personal needs of workers</i>	65,40	3,17
Prekidi zbog tovara – <i>Delays due to load</i>	15,22	0,74
Ostali opravdani prekidi – <i>Other justified delays</i>	82,96	4,02
Vrijeme prekida rada – <i>Delays time</i>	775,92	37,56
Neopravdani prekidi – <i>Unjustified delays</i>	48,08	2,33
Prekidi zbog nepovoljnih vremenskih prilika – <i>Delays due to unfavorable weather conditions</i>	441,20	21,36
Ukupno radno vrijeme – <i>Total working time</i>	2066,21	100,00
Obujam privučenoga drva, m ³ – <i>Volume of skidded timber, m³</i>		110,79
Operativno vrijeme po jedinici proizvoda, min/m ³ – <i>Productive time per product unit, min/m³</i>		7,23
Ukupno vrijeme po jedinici proizvoda, min/m ³ – <i>Total time per product unit, min/m³</i>		18,65
Prosječni dnevni učinak, m ³ /danu – <i>Average daily output, m³/day</i>		22,16

4. Rezultati i rasprava *Results and discussion*

Snimanje učinaka rada skidera Ecotrac 55V trajalo je 2066,21 min, a obuhvatilo je 32 transportna ciklusa. Tijekom snimanja skider je privukao 110,79 m³ drva četinjača (jela, smreka i bijeli bor) i ostvario prosječni dnevni neto učinak od 22,16 m³/dan. Na lokalitetu istraživanja primijenjena je sortimentna metoda izrade drva.

4.1 Analiza radnoga vremena – *Working time analysis*

Struktura ukupnoga radnoga vremena prikazana je u tablici 1.

Operativno vrijeme iznosi 38,75 % ukupnoga radnoga vremena, a vrijeme prekida rada 37,56 %. Tako mali udio operativnoga vremena posljedica je značajnoga udjela prekida zbog nepovoljnih vremenskih prilika u ukupnom radnom vremenu (21,36 %). Također, očit je i velik udio prekida iz organizacijskih razloga u ukupnom radnom vremenu (10,33 %) koji su najčešće uzrokovani nedostatkom posječenih stabala i izrađenih šumskih drvnih sortimenata, a što je posljedica nedovoljnoga broja radnika u fazi sječe i izrade na lokalitetu istraživanja. Istražujući proizvodnost skidera Ecotrac 55V pri privlačenju obloga drva u dovršnom sijeku hrasta lužnjaka, Sever je (2013) utvrdio veći udio operativnoga vremena u ukupnom vremenu rada (61,19 %) u odnosu na konkretno istraživanje, a Zečić je (2015) tijekom istraživanja skupnoga rada utvrdio da operativno vrijeme za skider Ecotrac V 1033F iznosi 47,27 % ukupnoga radnoga vremena pri radu u bukovoju sastojini starosti 62 godine.

Najveći dio operativnoga radnoga vremena otpada na radnu operaciju vezivanje tovara (24,94 %), a najmanji na radnu operaciju formiranje ukupnoga tovara (0,04 %). Ako se zbroji vrijeme trajanja svih radnih operacija koje se mogu svrstati u »rad na sječini« (izvlačenje užeta vitla, vezivanje tovara, primicanje vitlom i formiranje ukupnoga tovara), zaključuje se da je postotni udio navedene kategorije radnoga vremena u operativnom radnom vremenu u konkretnom istraživanju 36,62 %, što je manje u odnosu na rezultate do kojih je došao Zečić (2015).

U kategoriji prekida rada najzastupljeniji su prekidi zbog pauze za obrok (35,10 %), dok najmanji udio imaju prekidi zbog tovara (1,96 %). Relativno je velik udio prekida zbog pauze za obrok u strukturi prekida rada sličan rezultatima iz prethodnih istraživanja (Zević 2006, Marčeta 2015).

4.2 Analiza utjecajnih čimbenika – Influence factors analysis

Podaci o utjecajnim čimbenicima prikazani su u tablici 2. Podloga je traktorskoga puta bila suha do vlažna kod 72 % transportnih ciklusa, odnosno mokra kod 28 % transportnih ciklusa. Nagib traktorskoga puta za pojedine transportne cikluse kretao se u intervalu od –14,68 % do –3,01 %. Prosječni uzdužni nagib traktorskih putova utvrđen kao ponderirana aritmetička sredina nagiba pojedinih transportnih ciklusa i odgovarajućih udaljenosti pune vožnje iznosi –9,59 %.

Tablica 2. Osnovni statistički pokazatelji snimljenih utjecajnih čimbenika

Table 2 Descriptive statistic of influence factors

Utjecajni čimbenik Influence factor	Mjerna jedinica Measuring unit	Prosječna vrijednost Average value	Minimalna vrijednost Minimum value	Maksimalna vrijednost Maximum value
Udaljenost prazne vožnje – Unloaded travel distance	m	352,58	188,00	930,00
Udaljenost pune vožnje – Loaded travel distance	m	250,31	113,00	520,00
Udaljenost primicanja Winching distance	m	6,27	1,50	16,43
Broj komada u tovaru Number of pieces in the load	N	6,44	2,00	11,00
Obujam tovara – Load volume	m ³	3,46	1,64	5,09
Prosječni obujam komada u tovaru Average volume of piece in the load	m ³	0,59	0,19	1,62

4.3 Norme vremena i učinka traktora Standard time and daily output of tractor

Regresijski modeli za procjenu trajanja radnih operacija u ovisnosti o utjecajnim čimbenicima prikazani su u tablici 3. Vrijeme je radne operacije prazne vožnje analizirano u ovisnosti o utjecajnim čimbenicima udaljenosti prazne vožnje i nagiba traktorskoga puta, a vrijeme pune vožnje još i o obujmu tovara i broju komada u tovaru. Vrijeme je radnih operacija izvlačenja užeta vitla i primicanje vitlom analizirano u ovisnosti o utjecajnim čimbenicima: udaljenost primicanja, broj komada u tovaru i obujam tovara, a vrijeme radnih operacija vezivanje tovara, formiranje ukupnoga tovara, odvezivanje tovara i uhrpavanje u ovisnosti o broju komada u tovaru i obujmu tovara. Odabrani regresijski model za pojedine radne operacije obuhvatio je isključivo statistički značajne nezavisne varijable. Trajanje radnih operacija zauzimanje položaja traktora, vožnja na skupljanju tovara i privitlavanje tijekom vožnje izraženo je kao prosječna vrijednost snimljenih podataka. Nije utvrđen statistički značajan utjecaj analiziranih nezavisnih varijabli na trajanje radnih operacija formiranje ukupnoga tovara i uhrpavanje, te je prilikom obračuna tehničkih normi vremena i učinka korištena prosječna vrijednost snimljenih podataka.

Tablica 3. Rezultati regresijske analize

Table 3 Results of regression analysis

Zavisna varijabla <i>Dependent variable</i>	Nezavisna/e varijabla/e <i>Independent variable/s</i>	Koeficijent determinacije, R ² , % <i>Coefficient of determination, R², %</i>	Standardna greška procjene, min <i>Standard error of estimation, min</i>	Razina značajnosti procjene, p- vrijednost <i>Level of statistical significance, p-value</i>	Regresijski model / Prosječno trajanje radne operacije, min/tc <i>Regression model / Average duration of work operation, min/tc</i>
$T_{PRV} - T_{UT}$	dprv – utsd	87,45	1,05	0,0000	$T_{PRV}/T_{UT} = 0,5397 + 0,0143 \cdot dprv/utsd$
$T_{ZP} - T_{PS}$	-				$T_{ZP}/T_P = 1,35$
$T_{IU} - T_{PW}$	dp – wd	59,99	0,39	0,0006	$T_{IU}/T_{PW} = -0,3851 + 0,0822 \cdot dp/wd + 0,1416 \cdot bk/npl$
	bk – npl			0,0003	
$T_{VT} - T_H$	bk – npl	39,84	2,00	0,0001	$T_{VT}/T_H = 1,4325 + 0,7471 \cdot bk/npl$
$T_{PV} - T_W$	dp – wd	58,95	0,76	0,0005	$T_{PV}/T_W = -1,4987 + 0,1765 \cdot dp/wd + 0,1745 \cdot bk/npl + 0,3291 \cdot ot/lv$
	bk – npl			0,0288	
	ot – lv			0,0493	
$T_{FUT} - T_{FTL}$	-				$T_{FUT}/T_{FTL} = 0,01$
$T_{VST} - T_{DC}$	-				$T_{VST}/T_{CL} = 1,78$
$T_{PUV} - T_{LT}$	dpuv – ltsd	69,54	0,85	0,0000	$T_{PUV}/T_{LT} = 0,9764 + 0,0131 \cdot dpuv/ltsd$
$T_{PRI} - T_{WLT}$	-				$T_{PRI}/T_{WLT} = 0,22$
$T_{OT} - T_{UH}$	bk – npl	42,86	0,72	0,0109	$T_{OT}/T_{UH} = 0,2644 + 0,1793 \cdot bk/npl + 0,3347 \cdot ot/lv$
	ot – lv			0,0239	
$T_M - T_D$	-				$T_M/T_D = 0,27$

T_{PRV} – utrošak vremena radne operacije prazna vožnja / T_{UT} – time consumption of unloaded travel; T_{ZP} – utrošak vremena radne operacije zauzimanje položaja traktora / T_{PS} – time consumption of positioning of the skidder; T_{IU} – utrošak vremena radne operacije izvlačenje užeta vitla / T_{PW} – time consumption of pulling out the winch cable; T_{VT} – utrošak vremena radne operacije vezivanje tovara / T_H – time consumption of hooking; T_{PV} – utrošak vremena radne operacije primicanje vitlom / T_W – time consumption of winching; T_{FUT} – utrošak vremena radne operacije formiranje ukupnoga tovara / T_{FTL} – time consumption of forming the total load T_{VST} – utrošak vremena radne operacije vožnja na skupljanju tovara / T_{DC} – time consumption of driving for collecting the load; T_{PUV} – utrošak vremena radne operacije puna vožnja / T_{LT} – time consumption of loaded travel; T_{PRI} – utrošak vremena radne operacije privlačenje tijekom vožnje / T_{WLT} – time consumption of winching during the loaded travel; T_{OT} – utrošak vremena radne operacije odvezivanje tovara / T_{UH} – time consumption of unhooking; T_M – utrošak vremena radne operacije uhrpavanja / T_D – time consumption of decking; dprv – udaljenost prazne vožnje, m / utsd – unloaded travel skidding distance, m; dp – udaljenost primicanja drveta, m / wd – winching distance, m; bk – broj komada u tovaru / npl – number of pieces in the load; ot – obujam tovara, m³ / lv – load volume, m³; dpuv – udaljenost pune vožnje, m / ltsd – loaded travel skidding distance, m

Utvrđene norme vremena i učinka prikazane su u tablici 4. Dodatno je vrijeme utvrđeno oblikovanjem vremena prekida rada (isključivanjem prekida iz organizacijskih razloga i priznavanjem prekida zbog jela i prekida zbog odmora i osobnih potreba

radnika u iznosu od 30 minuta po radnom danu). Faktor dodatnoga vremena iznosi 1,47.

Norme su prikazane u ovisnosti o udaljenosti privlačenja, dok su za ostale utjecajne čimbenike korištene prosječne vrijednosti.

Tablica 4. Norme vremena i učinka

Table 4 Standard times and daily outputs

Udaljenost privlačenja, m <i>Skidding distance, m</i>	Norma vremena, min/m ³ <i>Standard time, min/m³</i>	Norma učinka, m ³ /RD <i>Daily output, m³/WD</i>	Faktor opadanja učinka <i>Daily output reducing factor</i>
100	8,34	57,58	1,00
200	9,50	50,53	0,88
300	10,66	45,01	0,78
400	11,83	40,58	0,70
500	12,99	36,95	0,64
600	14,16	33,91	0,59
700	15,32	31,33	0,54
800	16,48	29,12	0,51
900	17,65	27,20	0,47

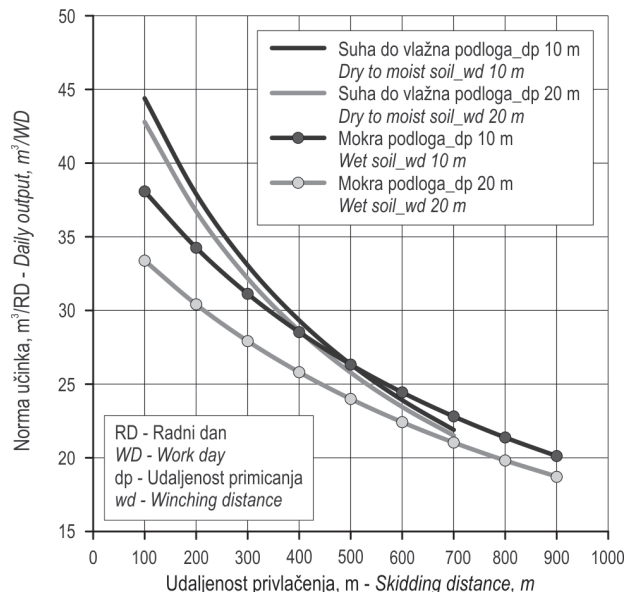
Norma vremena iznosi 8,34 min/m³ za udaljenost privlačenja 100 m, odnosno 17,65 min/m³ za 900 m. Norma se učinka kreće u intervalu od 57,58 m³/RD za udaljenost privlačenja 100 m do 27,20 m³/RD za udaljenost privlačenja 900 m. Analizom rada šumskog skidera Ecotrac 55V uz primjenu sortimentne metode Vusić i dr. (2013b) došli su do rezultata da se u toku radnoga dana može privući od 11,20 m³ neto obujma obloga drva s prosječne udaljenosti privlačenja od 100 m, do 6,19 m³ s prosječne udaljenosti privlačenja od 1000 m. Utvrđene norme učinka iz provedenoga istraživanja značajno su veće u odnosu na rezultate do kojih su došli Vusić i dr. (2013b). Autori navode da su negativne razlike u proizvodnosti skidera u usporedbi s rezultatima drugih istraživanja posljedica izuzetno maloga obujma izrađenih sortimenata u istraživanoj sječini, što je utjecalo na povećanje utroška vremena rada na sječini i na pomoćnom stovarištu, ali i na ograničavanje obujma tovara. Spinelli i dr. (2012) utvrdili su proizvodnost skidera Ecotrac 55V u iznosu od 4,10 m³/h za prosječnu udaljenost privlačenja od 130 m tijekom privlačenja drva u smrekovoj šumskoj kulturi. Primijenjena je sortimentna metoda i organizacija rada 1+1. Prosječni je obujam tovara iznosio 1,243 m³, a tovar se sastojao od prosječno 5,60 komada. Istraživanjem je utvrđeno da norma učinka za udaljenost privlačenja drva od 130 m skidera Ecotrac 55V iznosi 6,91 m³/h. Razlike u odnosu na istraživanja autorâ Spinelli i dr. (2012), među ostalim, nastale su zbog većega prosječnoga obujma tovara (3,46 m³) i broja komada u tovaru (6,44).

Proizvodnost skidera Ecotrac 55V primjenom računalne evidencije studija rada i vremena istraživao je Sever (2013), pri čemu je utvrdio dnevni učinak privlačenja od 67,08 m³/dan za udaljenost privlačenja od 100 m do 37,24 m³/dan za 400 m. Utvrđene norme učinka za iste udaljenosti privlačenja drva manje su u odnosu na rezultate do kojih je došao navedeni autor.

Zečić i dr. (2008) navode da norma učinka za privlačenje drva skiderom Ecotrac 55V u brdskim i nizinskim predjelima Hrvatske uz primjenu poludeblovne metode izrade iznosi 58,53 m³/RD za udaljenosti privlačenja drva 300 m po vlakama i sječini i 50 m po stovarištu i prosječni obujam tovara 1,80 m³. Utvrđene norme učinka za istu udaljenost privlačenja drva manje su u odnosu na rezultate do kojih su došli navedeni autori.

Na slici 2 dan je usporedni prikaz normi učinka za privlačenje drva skiderom Ecotrac 55V po suhoj do vlažnoj i mokroj podlozi. Norme su prikazane za obujam tovara 3,52 m³ s obzirom na to da za skup

koji obuhvaća transportne cikluse privučene po suhoj do vlažnoj podlozi nije utvrđen statistički značajan utjecaj obujma tovara na trajanje radnih operacija te je prilikom obračuna normi učinka korišten prosječni, prethodno navedeni obujam tovara.



Slika 2. Norme učinka u ovisnosti o stanju traktorskoga puta
Fig 2 Daily outputs depending on tractor road conditions

Utvrđeno je da norme učinka imaju manje vrijednosti za privlačenje drva niz nagib po mokroj podlozi u odnosu na suhu do vlažnu podlogu za isti obujam tovara (3,52 m³) i udaljenost primicanja od 10 m za udaljenosti privlačenja do 500 m, dok za udaljenosti 600 m i 700 m imaju veće vrijednosti. Norme učinka imaju manje vrijednosti za privlačenje drva niz nagib po mokroj podlozi u odnosu na suhu do vlažnu podlogu za isti obujam tovara (3,52 m³) i udaljenost primicanja od 20 m za sve udaljenosti privlačenja drva.

5. Zaključci – Conclusions

Istraživanja prikazana u ovom radu doprinose utvrđivanju objektivnih proizvodnih mogućnosti skidera Ecotrac 55V u Bosni i Hercegovini. Usporedba utvrđenih rezultata s podacima iz drugih istraživanja pokazala je da skider Ecotrac 55V u konkretnom slučaju ostvaruje približno jednake dnevne učinke pri sličnim uvjetima rada. Rezultati provedene regresijske analize pokazali su da su najvažniji utjecajni čimbenici o kojima ovisi učinkovitost toga skidera u konkretnom slučaju: udaljenost privlače-

nja drva, udaljenost primicanja drva, broj komada u tovaru i obujam tovara. Utvrđene su veće vrijednosti normi učinka za privlačenje drva po suhoj do vlažnoj podlozi u odnosu na mokru podlogu, i to u iznosu od 28,19 % do 0,10 % za različite udaljenosti primicanja i privlačenja drva. Veće vrijednosti normi učinka za privlačenje drva po mokroj podlozi u odnosu na suhu do vlažnu podlogu evidentirane su isključivo za udaljenosti privlačenja od 600 m i 700 m i udaljenost primicanja od 10 m, i to u iznosu od 2,13 % i 3,97 %. Na osnovi analize radnoga vremena može se zaključiti da postoji mogućnost povećanja učinkovitosti primjenom bolje organizacije rada i smanjenjem udjela prekida rada u ukupnom radnom vremenu, osobito prekida iz organizacijskih i osobnih razloga (prekida zbog jela i prekida zbog odmora i osobnih potreba radnika).

6. Literatura – References

- Beuk, D., Ž. Tomašić, D. Horvat, 2007: Status and development of forest harvesting mechanisation in Croatian state forestry. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 28(1): 63–82.
- Borz, S. A., 2015: A review of the Romanian and international practices in skidding operations. XIV World Forestry Congress, Durban, South Africa, 7–11 September 2015.
- Borz, S. A., G. Ignea, B. Popa, G. Spârchez, E. Iordache, 2015: Estimating time consumption and productivity of roundwood skidding in group shelterwood system – A case study in a broadleaved mixed stand located in reduced accessibility conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36(1): 137–146.
- Čabaravdić, A., 2017: Biometrika u šumarstvu i hortikulturi. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Gužvinec, H., M. Zorić, M. Šušnjar, D. Horvat, Z. Pandur, 2012: Utjecaj načina sidrenja na vrijednosti horizontalne sastavnice vučne sile i faktor prijanjanja prilikom privlačenja drva skiderom i adaptiranim poljoprivrednim traktorom. *Nova mehanizacija šumarstva*, 33: 23–33.
- Halilović, V., 2012: Komparacija metoda dobivanja šumske biomase kao obnovljivog izvora energije iz hrastovih sastojina. Doktorski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Halilović, V., J. Musić, S. Gurda, J. Topalović, 2015: Analysis of the means of forest harvesting in the Federation of Bosnia and Herzegovina. *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Posebno izdanje*, 55–62. <https://doi.org/10.2298/GSF15S1055H>
- Izvedbeni projekat, 2017: Odjeljenje 89, PJ »Igman«. Kantonalno javno poduzeće za gospodarenje državnim šumama »Sarajevo šume« d.o.o., Sarajevo.
- Jakupović, Dž., 2003: Istraživanje optimalne tehnologije sječe, izrade i transporta drveta iz porednih sječa u kulturama bijelog bora. Magistarski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Jovanović, B., 1980: Istraživanja utroška vremena za dvije tehnologije rada kod eksploatacije bukovih šuma u SR Bosni i Hercegovini. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Jovanović, B., 1990: Komparativno istraživanje tehničko-tehnoloških karakteristika traktora pri privlačenju drva. Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Knežević, J., S. Gurda, J. Musić, V. Halilović, A. Vranović, 2018: Productivity of the Ecotrac 120V skidder for timber skidding in the area of MU »Igman«. *Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo*, 2: 17–32.
- Kulak, D., A. Stańczykiewicz, G. Szewczyk, 2017: Productivity and time consumption of timber extraction with a grapple skidder in selected Pine stands. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 38: 55–63.
- Kulušić, B., 1990: Karakteristike šumskih terena kao indikatori izbora tehnologije privlačenja drveta. *Šumarski list*, 114(11–12): 463–473.
- Kulušić, B., D. Miodragović, 1979: Prilog istraživanju tehnološkog procesa sječe, izrade i privlačenja drveta pri iskorišćavanju borovih i hrastovih šuma u BiH. *Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu*, 22(5–6): 3–93.
- Magagnotti, N., R. Spinelli (Eds.), 2012: COST Action FP0902 – Good Practice Guidelines for Biomass Production Studies. Firenze, CNR IVALSA.
- Marčeta, D., 2015: Comparison of technologies of wood biomass utilization in beech stands. Doctoral dissertation, University of Ljubljana, Biotechnical faculty.
- Marčeta, D., V. Petković, B. Košir, 2014: Comparison of two skidding methods in beech forests in mountainous conditions. *Nova mehanizacija šumarstva*, 35: 51–62.
- Mederski, P. S., M. Bembenek, E. Jörn, 2010: The enhancement of skidding productivity resulting from changes in construction: grapple skidder vs rope skidder. In: *Proceedings of Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment (FORMEC)*, Padova, Italy, 11–14 July 2010. <https://doi.org/10.13140/2.1.1625.9527>
- Mihać, B., 1977: Privlačenje, utovar i transport drveta. *Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu*, 21(1–2): 3–63.
- Mousavi, R., M. Nikooy, R. Naghdi, 2013: Comparison of timber skidding using two ground-based skidding systems: grapple skidding vs. cable skidding. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 3(3): 79–86.
- Sabo, A., T. Poršinsky, 2005: Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26(1): 13–27.

- Sever, N., 2013: Proizvodnost skidera Ecotrac 55V pri privlačenju oblog drva u dovršnom sijeku hrasta lužnjaka na području Šumarije Vrbovec. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Sever, S., D. Horvat, 1990: Vozila za privlačenje drva na teškim terenima. *Mehanizacija šumarstva*, 15(3–4): 75–80.
- Sokolović, Dž., J. Musić, 2009: Privlačenje drveta šumskim žičarama. *Naše šume*, 14–15: 33–41.
- Spinelli, R., N. Magagnotti, 2011: The effects of introducing modern technology on the financial, labour and energy performance of forest operations in the Italian Alps. *Forest Policy and Economics*, 13(7): 520–524. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.06.009>
- Spinelli, R., N. Magagnotti, R. L. Relaño, 2012: An alternative skidding technology to the current use of crawler tractors in Alpine logging operations. *Journal of Cleaner Production*, 31: 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.033>
- Stoilov, S., G. D. Kostadinov, 2009: Effect of weight distribution on the slip efficiency of a four-wheel-drive skidder. *Biosystems engineering*, 104(4): 486–492. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.08.011>
- ŠIPAD – IRC, 1989: Tehničke norme rada u iskorišćavanju šuma. Sarajevo, ŠIPAD – IRC, OOUR SILVA.
- Šušnjar, M., D. Horvat, J. Šešelj, 2006: Soil compaction in timber skidding in winter conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 27(1): 3–15.
- Tomašić, Ž., D. Horvat, M. Šušnjar, 2007: Raspodjela opterećenja kotača skidera pri privlačenju drva. *Nova mehanizacija šumarstva*, 28: 27–36.
- Vusić, D., Ž. Zečić, Z. Pandur, L. Kasumović, D. Šegota, 2013a: Pridobivanje drva u smrekovoj šumskoj kulturi – Sortimentna ili stablovna metoda. *Nova mehanizacija šumarstva*, 34: 1–10.
- Vusić, D., M. Šušnjar, E. Marchi, R. Spina, Ž. Zečić, R. Pichio, 2013b: Skidding operations in thinning and shelterwood cut of mixed stands – Work productivity, energy inputs and emissions. *Ecological engineering*, 61: 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.052>
- Zečić, Ž., 2006: Usporedba djelotvornosti traktora Ecotrac 120 V pri privlačenju drva u brdskim i gorskim uvjetima. *Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje, br. 5*: 557–571.
- Zečić, Ž., 2015: Optimiziranje sustava pridobivanja drva skupnim radom u prorednim sječinama Grđevačke Bilogore. *Radovi Zavoda za znanstvenoistraživački i umjetnički rad u Bjelovaru, HAZU*, 9: 245–264.
- Zečić, Ž., T. Pentek, D. Vusić, H. Nevečerel, I. Stankić, K. Lepoglavec, A. Bosner, 2008: Exploitation and productivity characteristics of the new Croatian skidders Ecotrac 55 V and Ecotrac 120 V. In: *Proceedings of 41st International symposium Formec, Schmalleberg, Germany, 2–5 June 2008*.
- Zečić, Ž., D. Vusić, 2009: Računalne norme privlačenja drva traktorima (RANOP). *Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*.
- Zečić, Ž., D. Vusić, D. Milković, M. Zorić, 2011: Skidder with single-drum or double drum winch in mountainous areas – A case study from selective forests of Croatia. In: *44th International symposium on Forestry Mechanisation: »Pushing the Boundaries with Research and Innovation in Forest Engineering«*, Graz, Austria, 9–13 October 2011.
- Zečić, Ž., Z. Benković, I. Papa, J. Marenče, D. Vusić, 2019a: Proizvodnost traktora Ecotrac 120V pri privlačenju drva u brdskom području središnje Hrvatske. *Nova mehanizacija šumarstva*, 40: 1–10. <https://doi.org/10.5552/nms.2019.1>
- Zečić, Ž., I. Martinić, D. Vusić, M. Bakarić, D. Pečnjak, M. Landekić, 2019b: Učinkovitost skidera Timberjack 240C pri privlačenju drva u brdskim uvjetima primjenom sortimentne metode. *Nova mehanizacija šumarstva*, 40: 19–29. <https://doi.org/10.5552/nms.2019.3>

Abstract

Productivity of Ecotrac 55V Skidder During Timber Extraction in Mountainous Area of Bosnia and Herzegovina

This paper presents the research results of the Ecotrac 55V skidding productivity in mountainous area of forest compartment 89, Management Unit »Igman« in Bosnia and Herzegovina. The work and time study was applied. »Snap-back chronometry« method was used for the measurement of work category duration. Work organization at the research area was 1+1, driver and assistance worker. A skidder was used for the extraction of conifer wood (fir, Norway spruce and Scots pine). Assortment processing method was applied. The following influence factors were recorded: condition of the tractor road (surface), skidding distance, winching distance, number of pieces in the load, volume of the load and longitudinal inclination of the tractor road. The duration of work operation depending on influence factors was established by applying multiple regression analysis. Total work time was divided into productive work time and delay time. The share of productive time in the total work time was 38.75 %, while the share of delay time was 37.56 %. The standard times and daily skidding outputs were expressed depending on the skidding distance, while average values were used for other influence factors. The standard time was between 8.34 min/m³ and 17.65 min/m³ for skidding distances from 100 m to 900 m. Daily skidding output was between 57.58 m³/day and 27.20 m³/day for skidding distances from 100 m to 900 m. It was found that there is a possibility of increasing skidder productivity by applying better work organization and reducing the share of delays in total work time, especially delays due to organizational and personal reasons (meal time and delays due to rest and personal needs of workers).

Keywords: productivity, timber extraction, skidder, Ecotrac 55V, assortment method

Adrese autorâ – Authors' addresses:

Jelena Knežević, mr. šum.*
e-pošta: j.knezevic@sfsa.unsa.ba
Prof. dr. sc. Jusuf Musić
e-pošta: j.music@sfsa.unsa.ba
Prof. dr. sc. Velid Halilović
e-pošta: v.halilovic@sfsa.unsa.ba
Prof. dr. sc. Muhamed Bajrić
e-pošta: m.bajric@sfsa.unsa.ba
Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
Zagrebačka 20
71000 Sarajevo
BOSNA I HERCEGOVINA

Prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
e-pošta: msusnjar@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
HRVATSKA

Primljeno (Received): 2. 10. 2020.

Prihvaćeno (Accepted): 7. 11. 2020.

* Glavni autor – Corresponding author