

UDK: 630*3

ISSN 1845-8815

NOVA MEHANIZACIJA ŠUMARSTVA

NOVA
MEHANIZACIJA



ŠUMARSTVA

Nova meh. šumar. • Godište (Volume) 40

2019





Nova mehanizacija šumarstva priznati je časopis u međunarodnom okruženju, koji objavljuje znanstvene i stručne radove iz šumarskoga inženjerstva nastalih na osnovi teorijskih ili iskustvenih spoznaja. Časopis pokriva sve oblike i vrste istraživanja u šumarskom inženjerstvu, od osnovnih do primijenjenih.

Od godišta 1 do 25 časopis je tiskan pod naslovom »Mehanizacija šumarstva«.

Nova Mehanizacija šumarstva is a refereed journal distributed internationally, publishing scientific and professional articles concerning forest engineering, both theoretical and empirical. The journal covers all aspects of forest engineering research, ranging from basic to applied subjects. From volumes 1 to 25 the journal were published under the title »Mehanizacija šumarstva«.

Izdavači (Publishers)

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, »Hrvatske šume« d.o.o.
Forestry Faculty of Zagreb University, »Croatian forests« Ltd.

Izdavačko vijeće (Publishing Council)

Krunoslav Jakupić, Josip Margaletić, Tibor Pentek, Ante Sabljčić, Mario Šporčić

Uredničko vijeće (Editorial Board)

Igor Anić, Ivan Balenović, Saša Bogdan, Zdenko Bagović, Jura Čavlović, Damir Drvodelić, Milivoj Franjević, Josip Ištvančić, Josip Margaletić, Slavko Matić, Hrvoje Nevečerel, Stjepan Risić, Ante Seletković, Marijan Šušnjara, Željko Tomašić, Mislav Verdiš, Željko Zečić, Marko Zorić (all from Croatia)

Međunarodno uredničko vijeće (International Editorial Board)

Raffaele Cavalli (Italy), Woodam Chung (USA), Miroslav Danilović (Serbia), Mehmet Eker (Turkey), Jörn Erler (Germany), Stefano Grigolato (Italy), Hans Rudolf Heinemann (Switzerland), Dirk Jaeger (Germany), Janez Krč (Slovenia), Martin Kühmaier (Austria), Tadeusz Moskalik (Poland), Jusuf Musić (Bosnia and Herzegovina), Ljupčo Nestorovski (Macedonia), Igor Potočnik (Slovenia), Hideo Sakai (Japan), Dževada Sokolović (Bosnia and Herzegovina), Raffaele Spinelli (Italy), Karl Stampfer (Austria), Jori Uusitalo (Finland), Rien Visser (New Zealand)

Adresa uredništva (Editor's Office)

Svetošimunska 25, HR-10 000 Zagreb, P.O. Box 422, CROATIA
Tel. + 385 (0)1 235-24-13
Fax. + 385 (0)1 235-25-17
e-mail: nms@sumfak.hr
Internet: http://www.jnms.eu

Glavni urednik (Editor-in-Chief)

Mario Šporčić

Odgovorni urednik (Editor)

Dinko Vusić

Tehnički urednik (Technical Editor)

Andreja Đuka

Mladi urednik (Junior Editor)

Ivica Papa

Savjetnici uredništva (Editorial Advisors)

Tibor Pentek, Tomislav Poršinsky

Tehničko uredništvo (Technical Editorial Board)

Matija Landekić, Kruno Lepoglavec, Zdravko Pandur, Matija Bakarić

Jezični savjetnici (Linguistic Advisors)

Branka Tafr (hrvatski)
Maja Zajšek-Vrhovac (engleski)

Časopis referiraju sekundarni časopisi

(Articles are abstracted by or indexed in)
CAB Abstracts, SCOPUS

Svi se objavljeni članci recenziraju

(All published papers have been reviewed)

Časopis izlazi jednom na godinu

(Single issues of journal are published annually)

Naklada (Circulation): 400

Priprema sloga i tisk (Prepress and Print)

Sveučilišna tiskara d.o.o.,
Trg Republike Hrvatske 14, Zagreb

Uređenje zaključeno (Preparation ended)

30.12.2019.

Sadržaj – Contents

Izvorni znanstveni radovi – Original scientific papers

- Željko Zečić, Zlatko Benković, Ivica Papa, Jurij Marenče, Dinko Vusić**
Produktivnost traktora Ecotrac 120V pri privlačenju drva u brdskom području središnje Hrvatske
Productivity of Tractor Ecotrac 120V Timber Skidding in Hilly Area of Central Croatia 1

- Marijan Šušnjara, Marin Bačić, Tomislav Horvat, Zdravko Pandur**
Analiza radnih obilježja šumskih kamionskih skupova za prijevoz drva
Analysis of Working Features of Forest Truck Units for Timber Transport 11

- Željko Zečić, Ivan Martinić, Dinko Vusić, Matija Bakarić, Davorin Pečnjak, Matija Landekić**
Učinkovitost skidera Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim uvjetima primjenom sortimentne metode
Efficiency of Cable Skidder Timberjack 240 C in Timber Extraction Using the Assortment Method 19

- Jusuf Musić, Velid Halilović, Ahmet Lojo, Mario Šporčić, Ajdin Đonlagić**
Analiza sigurnosti pri radu u šumarstvu Federacije BiH – studij slučaja
Analysis of Safety at Work in Forestry of the Federation B&H – Case Study 31

- Nikola Bursać, Ivica Čehulić, Mladen Ivanković, Saša Bogdan**
Utjecaj hormonskih tretiranja na zakorjenjivanje odrvenjelih reznica obične smreke (Picea abies /L./ Karsten)
Influence of Hormonal Treatments on Rooting of Norway Spruce (Picea Abies /L./ Karsten) Hardwood Cuttings 43

Prethodno priopćenje – Preliminary note

- Ivica Papa, Tibor Pentek, David Janeš, Enio Valinčić, Andreja Đuka**
Studija primarnog otvaranja šuma gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine šumarije Otočac
Case Study of Primary Forest Accessibility for Management Unit Crno jezero – Marković rudine Forestry Office Otočac 59

Pregledni članak – Subject review

- Mario Ančić, Renata Pernar, Fran Bono Cindrić, Ante Seletković, Jelena Kolić**
Hiperspektralni senzori i primjena u šumarstvu
Hyperspectral Sensors and Application in Forestry 71

Stručni rad – Professional Paper

- Kruno Lepoglavec, Matija Landekić, Marijana Kanižaj, Hrvoje Nevečerel, Mario Šporčić**
Mobilne aplikacije – korisna inovacija u šumarstvu?
Mobile Applications: Useful Innovation in Forestry? 79

Osvrti – Comments

- Matija Bakarić**
Međunarodna licitacija vrijednih sortimenata drva, Slovenj Gradec, Slovenija, 2019. 91

- Matija Landekić, Kruno Lepoglavec**
Međunarodno znanstveno savjetovanje »Šumsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi«, Nacionalni park Kozara, Bosna i Hercegovina, 12-14. rujna 2019. 93

- Marin Bačić, Zdravko Pandur**
Međunarodno znanstveno savjetovanje FORMEC »Exceeding the Vision: Forest Mechanisation of the Future«, Sopron, Mađarska – Forchtenstein, Austrija, 6-9. listopada 2019. 95

Sponzorski članak – Sponsored article

- EcoTrac – skidder tvrtke Hittner, proizveden prije 18 godina u suradnji s Hrvatskim šumama i Šumarskim fakultetom iz Zagreba, može konkurirati i najvećim inozemnim proizvođačima skiddera!** 97



Autorska prava zadržavaju autori © / Copyright is retained by the authors ©

Svi su članci slobodno dostupni za upotrebu pod uvjetima Creative Commons Attribution 4.0 međunarodne licence (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

All articles are freely available under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International licence (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Fotografija na naslovnici (Cover photo)

Daljinsko upravljanje pri utovaru oblovine na traktorsku prikolicu – Palfinger EPSILON C60F86 (Snimio: S. Harapin)
Remote control in loading round wood on a tractor trailer – Palfinger EPSILON C60F86 (Photo: S. Harapin)

Uz prvog izdavača izdavanje ovog časopisa sufinancirali su Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije i Ministarstvo znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske.

Publishing of this journal is co-financed by funds from Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers and by funds from Croatian Ministry of Science and Education

Pretplata: 150 kn godišnje (tuzemno plaćanje)
Primatelj: Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
p.p. 422, HR-10002 Zagreb
Žiroračun: 2360000-1101340148, poziv na broj: 2-02-01
Kontakt: nms@sumfak.hr

Subscription: 30 € per year
Subscription payment on behalf of:
Forestry Faculty of Zagreb University, P.O. Box 422
HR-10002 Zagreb, CROATIA
Swift Code: ZABA HR 2X, Account Number: 2500-03281485
Details of Payment: 2-02-01
Contact: nms@sumfak.hr



Proizvodnost traktora Ecotrac 120V pri privlačenju drva u brdskom području središnje Hrvatske

Željko Zečić, Zlatko Benković, Ivica Papa, Jurij Marenče, Dinko Vusić

Nacrtak – Abstract

U radu su prikazani rezultati istraživanja proizvodnosti rada skidera Ecotrac 120V na privlačenju drva poludeblovnim metodom iz proredne i dovršne sječine. Terensko je istraživanje provedeno studijem rada i vremena. Razlike u obujmu tovara, brzini vožnji, izvlačenju užeta i privlačenju te razlike u utrošku vremena pojedinih radnih zahvata na sječini i rada na pomoćnom stovarištu istražene su t-testom. Za radne zahvate za koje je utvrđena značajna razlika između promatranih sječina u daljnjim su izračunima primijenjene individualne prosječne vrijednosti za pojedinu sječinu, dok su kod ostalih radnih zahvata izračunate nove, zajedničke prosječne vrijednosti. Utrošci vremena vožnji izračunati su na temelju prosječne brzine i udaljenosti privlačenja. Utvrđena je značajna razlika između obujma tovara iz proredne i dovršne sječine. Razlike su u utrošku vremena najočitije u skupini radnih zahvata na sječini, a nastaju kao posljedica različite udaljenosti izvlačenja užeta i privlačenja tovara. Projektirani dnevni učinak u dovršnom je sijeku prosječno 21 % veći nego u prorednoj sječi uz prosječno 26 % niže jedinične troškove. Detaljnom analizom utrošaka vremena pojedinih radnih zahvata utvrđeno je da na razliku u proizvodnosti i troškovima bitan utjecaj imaju sječna gustoća sastojine i prosječan obujam posječenoga stabla. Različita sječna gustoća utječe na različit utrošak vremena rada na sječini i posljedično na ostvarivi dnevni učinak. Na proizvodnost rada skidera uz sječnu gustoću još veći utjecaj ima prosječni obujam posječenoga stabla jer omogućuje formiranje tovara zadovoljavajućega obujma na kratkoj udaljenosti privlačenja vezivanjem manjega broja komada, često uz upotrebu samo jednoga bubnja vitla. Stoga se može zaključiti da mogućnost postizanja najvećih učinaka u zadanim sastojinskim i eksploatacijskim uvjetima leži u optimalnom odnosu između veličine tovara i vremena utrošenoga pri radu na sječini koje je nužno za njegovo formiranje.

Ključne riječi: proizvodnost, troškovi, sječna gustoća, prosječni obujam posječenoga stabla, proreda, dovršni sijek

1. Uvod – Introduction

Mehanizirano privlačenje drva u šumarstvu Republike Hrvatske počinje šezdesetih godina dvadesetoga stoljeća (Zević 2006). Tada se poljoprivredni traktori opremaju vitlima i zaštitnim kabinama za rad u šumi. Prvi specijalizirani šumski zglobni traktori za privlačenje drva po tlu (skideri) počinju se primjenjivati 1968. godine nakon čega kreće intenzivno mehaniziranje svih faza pridobivanja drva. Usporedno s uvođenjem novih strojeva započela je izobrazba radnika i intenziviran je znanstvenoistraživački rad. Ponuđena su rješenja domaćih stručnja-

ka u razvoju radnih sredstava i tehnologije, izrađene su tehničke norme i započeta su istraživanja ergonomske značajke strojeva.

U Hrvatskoj je u okviru državnih šuma 1995. godine drvo privlačilo 188 adaptiranih poljoprivrednih traktora, 270 skidera, 23 forvardera te 43 traktora s poluprikolicom (Zević 1998). Horvat i dr. (2007) navode da u vlasništvu poduzeća »Hrvatske šume« d.o.o. radi oko 300 skidera i procjenjuju da je još oko 100 skidera u vlasništvu privatnih poduzetnika. Od navedenoga broja preko 100 je prorednih, mase ispod 4 t, koji su razvijeni i proizvedeni u Hrvatskoj. Preostalih oko 300 skidera, mase preko 7 t, bili su

strane proizvodnje. Rezultati istraživanja tih uvoznih skidera upućivali su na određene nedostatke. Skideri tipa LKT imali su zadovoljavajuće morfološke značajke, ali i zastarjela tehnička rješenja koja su u prvi plan isticala ekološku neprilagođenost, a skideri tipa Timberjack 240C, iako visoko proizvodni, za naše su šumske uvjete bili predimenzionirani i s nepotpuno usklađenim ergonomskim rješenjima (Zečić 2006). Krč i Košir (2008) istražuju najpovoljnije načine privlačenja drva u odnosu na primarnu i sekundarnu otvorenost šumske površine izradom digitalnih modela terena, a Marenče i Košir (2008) istražuju novi traktor Woody 110 pri privlačenju drva uz nagib.

Zbog potreba hrvatskoga šumarstva za skiderima mase preko 7 t pokreće se proizvodnja domaćega skidera u tvornici Hittner d.o.o. u Bjelovaru. Nakon četiri desetljeća zajedničkoga rada šumarske prakse i znanosti danas u šumarstvu u Hrvatskoj, uz šumske zglobne traktore strane proizvodnje, postoje i tri tipa skidera domaće proizvodnje: Ecotrac 55V za privlačenje drva većinom iz prorednih sječina te Ecotrac 120V i 140V za privlačenje drva uglavnom iz oplodnih i prebornih sječina. U trgovačkom društvu »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb do 2011. godine drvo iz šuma privlače 122 skidera mase manje od 5 t i 176 skidera mase veće od 5 t, od kojih su 94 tipa Ecotrac 120V. Navedeni tip traktora postupno je posljednjih godina zamjenjivao različite modele LKT skidera koji su tridesetak godina bili najrasprostranjeniji, dok su svi skideri tipa Timberjack 240C, njih 45, zahvaljujući i relativno kratkom vremenu korištenja, a u prvom redu kakvoći izrade, kontinuirano u upotrebi već više od desetak godina.

Navedeni je broj skidera tipa Ecotrac 120V ravnomjerno raspoređen na privlačenju drva iz oplodnih, a često i prorednih sječina središnje Hrvatske te na privlačenju drva iz prebornih sječina u Lici i Gorskom kotaru, gdje se nalazi više traktora tipa Ecotrac 140V.

Cilj je ovoga rada utvrditi postoje li razlike u proizvodnosti skidera Ecotrac 120V pri privlačenju drva iz proredne i dovršne sječine te u slučaju postojanja razlike detaljnom analizom utrošaka vremena pojedinih radnih sastavnica utvrditi razloge koji utječu na različitu proizvodnost.

2. Materijal i metode

Material and methods

Terenska su istraživanja provedena na dvama radilištima. Radilište A (odsjek 2 A) nalazi se na području Uprave šuma podružnice Bjelovar, Šumarije Garešnica, u gospodarskoj jedinici »Dišnica-Zobikovac-Petkovača«, a radilište B (odsjek 46 A) nalazi se na području Uprave šuma podružnice Koprivnica, Šumarije Đurđevac, u gospodarskoj jedinici »Đurđevačka Bilogora«. Na radilištu A, u mješovitoj sastojini bukve (48,74 %), hrasta kitnjaka (4,47 %), graba (21,06 %) i lipe (15,65 %), u dobi od 57 godina, obavljena je proredna sječa. Posječeno je 34,07 m³/ha, a prosječni obujam posječenoga stabla iznosi 0,63 m³. Na radilištu B, u bukovoju (92,03 %) sastojini, u dobi od 111 godina, obavljen je dovršni sijek. Posječeno je 89,50 m³/ha, a prosječni obujam posječenoga stabla iznosi 3,51 m³. U oba istraživana slučaja primijenjena je poludeblovna metoda privlačenja drva skiderom Ecotrac 120V. Na radilištu A drvo je privlačeno



Slika 1. Ecotrac 120V na vlaci (A) i na pomoćnom stovarištu (B)
Fig. 1 Ecotrac 120V on skidding trail (A) and on landing site (B)

na srednjoj udaljenosti od 550 m i uz prosječni nagib vlaka +10 %, dok je na radilištu B srednja udaljenost privlačenja iznosila 300 m, a prosječni nagib vlaka –8 %.

Istraživani je skider Ecotrac 120V (slika 1) četverokotačno vozilo (pogona 4×4) opremljeno dvobubanjnim šumskim vitlom Hittner 2×80 , nazivne vučne sile od 80 kN (Šušnjar i dr. 2010). Masa je skidera 7257 kg, a pogonjen je šestocilindričnim dizelskim motorom DEUTZ, nazivne snage 84 kW pri 2300 min^{-1} te najvećega zakretnoga momenta od 400 Nm pri 1500 min^{-1} (Šušnjar i dr. 2010).

Terenska su istraživanja privlačenja drva obavljena studijem rada i vremena (Zević i dr. 2004b, Sabo i Poršinsky 2005). Ukupno je snimljeno 66 turnusa privlačenja na radilištu A i 52 turnusa privlačenja na radilištu B. Turnus je privlačenja raščlanjen na radne zahvate prethodno definiranim fiksaznim točkama (Zević i dr. 2011b). Utrošci vremena pojedinih radnih zahvata te vremena prekida mjereni su povratnom metodom kronometrije (Zević i dr. 2004b). Evidentirani su podaci o privučenom tovaru, o udaljenosti privlačenja te o udaljenosti izvlačenja užeta i privitlavanja pojedinoga bubnja vitla. Analizom snimljenih prekida utvrđeno je dodatno vrijeme (Zević 1999).

Prikupljeni podaci o utrošcima vremena pojedinih radnih sastavnica statistički su obrađeni. *T*-testom su analizirane razlike između brzine vožnji skidera na radilištu A i radilištu B (Zević i dr. 2011b). U daljnjem je izračunu, sukladno rezultatima *t*-testa, uzeta pojedinačna ili zajednička prosječna brzina vožnji. Na sličan je način izračunata proizvodnost skidera kao rezultat izjednačenja utrošaka vremena vožnji o udaljenosti privlačenja pravcem iz ishodišta, što su istraživali Sabo i Poršinsky (2005). Brzina izvlačenja užeta te brzina privitlavanja obrađene su na isti način. Vrijeme radnih zahvata rada na sječini te rada na pomoćnom stovarištu također je testirano *t*-testom i sukladno rezultatima za izračun ukupnoga vremena turnusa korištene su prosječne vrijednosti ostvarene na pojedinom radilištu ili zajedničke prosječne vrijednosti (Zević i dr. 2011b). Istim su testom istražene i razlike u prosječnom obujmu tovarâ privučenih na oba radilišta (Sabo i Poršinsky 2005).

Efektivno vrijeme za projektirani turnus privlačenja na radilištima A i B izračunato je za raspon privlačenja po vlaci od 100 m do 1000 m. Utrošak vremena vožnji opterećenoga i neopterećenoga skidera na vlaci izračunat je na temelju pripadajućih brzina vožnji i udaljenosti u navedenom rasponu. Izračunatom utrošku vremena vožnji opterećenoga

skidera na vlaci pribrojeno je prosječno utrošeno vrijeme za otpuštanje i privitlavanje tovara u vožnji. Na sličan su način izračunati i utrošci vremena vožnji skidera na pomoćnom stovarištu, ali za zajedničku prosječnu udaljenost privlačenja. Utrošak je vremena za rad na sječini rezultat odnosa brzine izvlačenja užeta i privitlavanja te pripadajućih prosječnih udaljenosti za pojedinačni bubanj vitla kojima su pribrojani prosječni pripadajući utrošci ostalih radnih zahvata. Utrošak vremena za rad na pomoćnom stovarištu pojedinoga radilišta rezultat je zbroja pripadajućih prosječnih utrošaka vremena za pojedine radne zahvate.

Efektivno vrijeme uvećano utvrđenim dodatnim vremenom razultiralo je ukupnim vremenom turnusa čijim su dijeljenjem s ostvarenim srednjim obujmom tovara pojedinoga radilišta izračunate pripadajuće norme vremena.

Dijeljenjem propisanoga trajanja radnoga dana (480 min) s ukupnim vremenom turnusa izračunati su brojevi turnusa koje je moguće ostvariti s obzirom na raspon srednjih udaljenosti privlačenja.

Dnevni učinak iskazan za osmosatno radno vrijeme rezultat je dijeljenja propisanoga trajanja radnoga dana (480 min) normom vremena, odnosno množenja ostvarivoga broja turnusa sa srednjim obujmom tovara.

Na osnovi kalkulativne cijene osmosatnoga rada skidera Ecotrac 120V i vozača u iznosu od 1889 kn/dan (Anon. 2008) izračunati su jedinični troškovi za pojedino radilište u ovisnosti o srednjoj udaljenosti privlačenja.

3. Rezultati i rasprava *Results and discussion*

Tijekom istraživanja ukupno je snimljeno 2936,22 minuta na radilištu A i 2126,54 minuta na radilištu B. Za to je vrijeme skider na radilištu A privukao $198,25 \text{ m}^3$ neto obujma i ostvario dnevni učinak od $28,32 \text{ m}^3/\text{dan}$, a skider na radilištu B $193,27 \text{ m}^3$ neto obujma i ostvario dnevni učinak od $38,65 \text{ m}^3/\text{dan}$. Struktura ukupno utrošenoga vremena prikazana je u tablici 1.

Prosječni obujam tovara iznosio je $3,05 \text{ m}^3$ ($1,21 \text{ m}^3 - 6,17 \text{ m}^3$) na radilištu A i $3,72 \text{ m}^3$ ($1,61 \text{ m}^3 - 7,19 \text{ m}^3$) na radilištu B. Rezultati *t*-testa ($t = -3,571562$; $p = 0,000519$) pokazuju postojanje značajne razlike u obujmu tovarâ privučenih na radilištu A i na radilištu B. Stoga su pri izračunu norme vremena uzete individualne vrijednosti prosječnoga obujma tovara za pojedino radilište.

Tablica 1. Struktura ukupno utrošenoga vremena i prosječno ostvareni dnevni učinak skidera Ecotrac 120V**Table 1** Structure of total time consumption and average daily output of Ecotrac 120V skidder

Radne sastavnice Work cycle element	Radilište A – Work site A			Radilište B – Work site B		
	Utrošak vremena – Time consumption					
	Ukupno vrijeme Total time	Postotni udio prema Percentage per		Ukupno vrijeme Total time	Postotni udio prema Percentage per	
		ukupnom vremenu total time	efektivnom vremenu effective time		ukupnom vremenu total time	efektivnom vremenu effective time
		min	%		min	%
1. Vožnja neopterećenoga skidera Unloaded skidder travel	408,45	13,91	18,36	205,66	9,67	16,84
2. Rad opterećenoga skidera Loaded skidder work	700,73	23,87	31,49	337,75	15,88	27,66
2.1 Vožnja opterećenoga skidera Loaded skidder travel	687,83	23,43	30,91	286,44	13,47	23,45
2.2 Privitlanje u vožnji – Travel winching	12,90	0,44	0,58	51,31	2,41	4,20
3. Rad na sječini – Felling site work	603,47	20,55	27,12	266,39	12,53	21,81
3.1 Zauzimanje položaja – Positioning	37,35	1,27	1,68	14,65	0,69	1,20
3.2 Izvlačenje užeta – Line pulling	142,53	4,85	6,41	51,64	2,43	4,23
3.3 Vezanje tovara – Choking	89,36	3,04	4,02	59,01	2,77	4,83
3.4 Privitlanje – Winching	138,33	4,71	6,22	131,38	6,18	10,76
3.5 Formiranje tovara – Load forming	179,70	6,12	8,08	3,34	0,16	0,27
3.6 Silaženje i penjanje – Going uphill and downhill	16,20	0,55	0,73	6,37	0,30	0,52
4. Rad na pomoćnom stovarištu Landing work	512,43	17,45	23,03	411,48	19,35	33,69
4.1 Vožnja opterećenoga skidera Loaded skidder travel	70,63	2,41	3,17	111,07	5,22	9,09
4.2 Privitlanje u vožnji – Travel winching	0,91	0,03	0,04	10,72	0,50	0,88
4.3 Silaženje i penjanje – Going uphill and downhill	5,70	0,19	0,26	21,79	1,02	1,78
4.4 Odvezivanje tovara – Unchoking	165,04	5,62	7,42	39,26	1,84	3,21
4.5 Uređenje složaja – Bunching	187,77	6,39	8,44	141,99	6,68	11,63
4.6 Okretanje skidera – Skidder turning	42,36	1,44	1,90	27,04	1,27	2,21
4.7 Vožnja neopterećenoga skidera Unloaded skidder travel	40,02	1,36	1,80	59,61	2,80	4,88
5. Efektivno vrijeme – Effective time	2225,08	75,78	100,00	1221,28	57,43	100,00
6. Opće vrijeme – Delay time	711,14	24,22		905,26	42,57	
7. Ukupno vrijeme – Total time	2936,22	100,00		2126,54	100,00	
8. Ukupno privučeni drvni obujam, m³ Total skidded timber volume, m³	198,25			193,27		
9. Efektivno vrijeme po jedinici, min/m³ Effective time per unit, min/m³	11,22			6,32		
10. Ukupno vrijeme po jedinici, min/m³ Total time per unit, min/m³	14,81			8,28		
11. Ostvareni dnevni učinak, m³/dan Daily output, m³/day	28,31			38,65		

Utjecaj vrste sječe preko dopuštene metode privlačenja drva na srednji obujam tovara vidljiv je u istraživanjima proizvodnosti privlačenja drva skiderom Timberjack 240C. Zečić i dr. (2004c) pri istraživanju privlačenja deblovnom metodom navede-

noga skidera u dovršnom sijeku mješovite bukove sastojine utvrđuju srednji obujam tovara od 4,24 m³. U prebornoj sječi isti skider postiže u sortimentnoj metodi srednji obujam tovara od 4,63 m³ (Zević i dr. 2010), a u čistoj sječi euroameričke topole deblov-

nom metodom postiže srednji obujam tovara od čak 8,63 m³ (Zević i dr. 2011a).

Struktura dodatnoga vremena prikazana je u tablici 2. Faktor dodatnoga vremena iznosi 1,22 za radilište A i 1,31 za radilište B. Za isti skider u brdskim uvjetima središnje Hrvatske, prema Horvatu i dr. (2007), faktor dodatnoga vremena iznosi 1,34, a u gorskim uvjetima prebornih šuma 1,18. Na osnovi tih podataka zaključuje se da dodatno vrijeme ne ovisi toliko o sastojinskim i eksploatacijskim čimbenicima koliko o organizaciji i nadzoru izvođenja radova pri privlačenju drva.

Tablica 2. Dodatno vrijeme skidera Ecotrac 120V
Table 2 Allowance time of Ecotrac 120V skidder

Vrsta vremena ili prekida rada <i>Type of time or work interruption</i>	Radilište A <i>Work site A</i>		Radilište B <i>Work site B</i>	
	Vrijeme – Time		Vrijeme – Time	
	min	%	min	%
1. Pripremno-završno vrijeme – <i>Preparatory time</i>	143,29	29,43	95,00	25,07
2. Prekid za jelo – <i>Meal time</i>	180,00	36,97	148,11	39,09
3. Odmor – <i>Resting time</i>	48,08	9,87	26,89	7,10
4. Ostali prekidi i povremeni radovi <i>Other interruptions and occasional work</i>	115,56	23,73	108,90	28,74
Dodatno vrijeme <i>Allowance time</i>	486,93	100,00	378,90	100,00
Efektivno vrijeme <i>Effective time</i>	2225,08		1221,28	
Dodatno vrijeme <i>Allowance time</i>	486,93	21,88	378,90	31,02
Faktor dodatnoga vremena <i>Allowance time factor</i>	1,22		1,31	

U tablici 3 prikazani su rezultati provedenoga *t*-testa brzine vožnji, izvlačenja užeta i privitlavanja na oba radilištima. Za sve radne zahvate, osim za vožnju opterećenoga skidera po vlaci i izvlačenje užeta, brzina se značajno razlikuje te je u daljnjim izračunima korištena pojedinačna brzina svakoga radilišta. Za radne zahvate za koje nisu utvrđene statistički značajne razlike u brzini izračunata je zajednička prosječna brzina, i to: za vožnju opterećenoga skidera po vlaci 2,94 km/h, a za izvlačenje užeta 2,62 km/h.

Prilikom istraživanja na radilištu A utvrđena je prosječna udaljenost privlačenja drva po pomoćnom stovarištu u iznosu od 60 m, dok je na radilištu B iznosila 100 m. Za izračun projektiranih, usporedivih učinaka korištena je prosječna vrijednost od 80 m za oba radilišta.

Utrošci vremena i odnosne udaljenosti izvlačenja užeta i privitlavanja su, kako je već spomenuto, evidentirani na razini pojedinoga bubnja vitla. Međutim, pri statističkoj obradi snimljene su vrijednosti razvrstane na razini skidera/radilišta, kao što je i vidljivo iz prikazane veličine uzorka u tablici 3. Podrobnijom analizom snimljenih podataka utvrđeno je da su se prilikom privitlavanja na radilištu A gotovo u svim turnusima (66 turnusa) koristila oba bubnja vitla, dok se na radilištu B uglavnom koristio samo jedan bubanj. Korištenje drugoga bubnja vitla na radilištu B evidentirano je u samo 15 turnusa (od ukupno 52 turnusa). Zbog toga su izračunate prosječne udaljenosti izvlačenja užeta/privitlavanja za svaki bubanj vitla posebno, i to tako da je ukupna snimljena udaljenost izvlačenja užeta/privitlavanja, po bubnju, svih turnusa podijeljena ukupnim brojem turnusa. Utvrđeno je da se na radilištu A desni bubanj vitla koristio za privlačenje s prosječne udaljenosti 45 m, a lijevi bubanj vitla s prosječne udaljenosti 37 m, dok se na radilištu B desni bubanj vitla koristio za privitlavanje s prosječne udaljenosti 31 m, a lijevi bubanj vitla s prosječne udaljenosti od samo 8 m. Navedeni rezultati objašnjavaju bitno veći udio utroška vremena za rad na sječini na radilištu A nego na radilištu B i u strukturi snimljenoga vremena (tablica 1) i u strukturi vremena projektiranoga turnusa privlačenja (tablica 5). Rezultati pokazuju bitan utjecaj različite sječne gustoće proredne sječine (34,07 m³/ha na radilištu A) i dovršne sječine (89,50 m³/ha na radilištu B) na utrošak vremena rada na sječini i posljedično na ostvarivi dnevni učinak. Na proizvodnost rada skidera uz sječnu gustoću još veći utjecaj ima prosječni obujam posječenoga stabla (0,63 m³ na radilištu A i 3,51 m³ na radilištu B) jer omogućuje formiranje tovara zadovoljavajućega obujma na kratkoj udaljenosti privitlavanja vezivanjem manjega broja komada, često uz korištenje samo jednoga bubnja vitla. Upravo u optimalnom odnosu između veličine tovara i vremena utrošenoga za njegovo oblikovanje pri radu na sječini leži mogućnost postizanja najvećih učinaka u zadanim sastojinskim i eksploatacijskim uvjetima.

Slična se mišljenja mogu donijeti proučavajući objavljena istraživanja. Tako Zečić i dr. (2004a) pri proučavanju adaptiranih poljoprivrednih traktora pišu da traktor opremljen jednobubanjskim vitlom ostvaruje nešto veći srednji obujam tovara u dovršnom sijeku nego u pripremnom uz manji udio rada na sječini u ukupnom efektivnom vremenu. Za traktor s dvobubanjskim vitlom taj se zaključak na temelju rezultata navedenoga istraživanja ne može

donijeti jer neznatno povećanje obujma tovara u dovršnom sijeku prati i povećanje udjela rada na sječini u ukupnom efektivnom vremenu. U istraživanju učinkovitosti privlačenja drva deblovnim metodom skiderom Timberjack 240C Krpan i Zečić (2001) u dovršnom sijeku (sječna gustoća 95,93 m³/ha; prosječni obujam posječenoga stabla 4,16 m³) i u pripremnom sijeku (sječna gustoća 54,04 m³/ha; prosječni obujam posječenoga stabla 1,94 m³) utvrđuju srednji obujam tovara od 4,24 m³ u dovršnom i 6,31 m³ u pripremnom sijeku. Iako se rezultati navedenoga i ovdje prikazanoga istraživanja mogu na prvi pogled činiti oprečnima, struktura vremena turnusa kazuje da je za rad na sječini pripremnoga sijeka utrošeno trostruko više vremena u apsolutnom iznosu i gotovo dvostruko više vremena u relativnom iznosu prema efektivnom vremenu. Sve je to rezultiralo 27 % manjim učinkom u pripremnom sijeku. Glavni razlog tih rezultata leži u težnji radnika da zbog mnogo veće udaljenosti privlačenja u pripremnom sijeku (800 m) nego u dovršnom sijeku (300 m) formira što veći tovar (Krpan i Zečić 2001). Sabo i Poršinsky (2005) za isti skider na privlačenju drva u dvjema prebornim sječinama (sječna gustoća 54,2 m³/ha i 70,0 m³/ha; prosječni obujam posječenoga stabla 3,2 m³ i 3,9 m³) utvrđuju da ne postoji značajna razlika u obujmu tovara te da je udio rada u sječini u strukturi ukupno snimljenoga vremena približno isto. Prema rezultatima israživanja skidera Ecotrac

120V (Zević 2006) u pripremnom sijeku tvrdih listača (sječna gustoća 128,11 m³/ha; prosječni obujam posječenoga stabla 0,52 m³; prosječna udaljenost privitavanja 10,5 m) i prebornoj sječini (sječna gustoća 46,05 m³/ha; prosječni obujam posječenoga stabla 1,59 m³; prosječna udaljenost privitavanja 21,8 m) ostvaren je srednji obujam tovara od 2,78 m³, odnosno 5,34 m³. Međutim, ostvareni su trostruko veći apsolutni utrošci vremena rada na prebornoj sječini, što za posljedicu ima nešto veći projektirani dnevni učinak u pripremnom sijeku. Pri interpretaciji navedenih rezultata treba imati na umu različitu gustoću drva listača i četinjača te različite sastojinske uvjete koji vladaju u brdskom području središnje Hrvatske za razliku od onih u gorskom području prebornih šuma.

T-testom utrošaka vremena radnih zahvata na vlaci i sječini te rada na pomoćnom stovarištu (tablica 4) utvrđeno je da značajna razlika u utrošku navedenoga vremena na radilištu A i na radilištu B postoji za sve radne zahvate na obama radilištima, osim za vezanje tovara i silaženje i penjanje (na vlaci i sječini) te za uhrpavanje (na pomoćnom stovarištu). U skladu s tim za radne zahvate za koje je utvrđena značajna razlika (u tablicama 3 i 4 podebljani brojevi) u daljnjim su izračunima upotrijebljene pojedinačne vrijednosti. Za ostale radne zahvate izračunate su zajedničke prosječne vrijednosti, i to

Tablica 3. Rezultati *t*-testa brzine vožnji, izvlačenja užeta i privitavanja skidera Ecotrac 120V na radilištima A i B

Table 3 T-test results of Ecotrac 120V skidder travel speeds, line pulling speeds and winching speeds at felling sites A and B

Radna sastavnica Work element	Sredina – Mean		t-value	df	p	Uzorak – Valid N		Std. dev.		F-ratio Variances	P Variances
	A	B				A	B	A	B		
Vožnja neopterećen po pomoćnom stovarištu, km/h <i>Travel unloaded on landing site, km/h</i>	6,15	5,33	2,842604	110	0,005335	64	48	1,45	1,63	1,273325	0,368236
Vožnja neopterećen po vlaki, km/h <i>Travel unloaded on skid trail, km/h</i>	5,08	4,30	3,792967	115	0,000239	65	52	0,40	1,60	16,27474	0,000000
Vožnja opterećen po vlaki, km/h <i>Travel loaded on skid trail, km/h</i>	3,02	2,84	1,387568	115	0,167951	65	52	0,33	1,03	10,00406	0,000000
Vožnja opterećen po pomoćnom stovarištu, km/h <i>Travel loaded on landing site, km/h</i>	3,54	3,11	2,482665	113	0,014510	65	50	0,86	0,98	1,305321	0,315174
Izvlačenje užeta, km/h <i>Line pulling, km/h</i>	2,52	2,82	-1,78947	190	0,075132	130	62	1,03	1,22	1,396054	0,116940
Privitavanje, km/h <i>Winching, km/h</i>	2,89	1,57	7,248976	191	0,000000	130	63	1,30	0,90	2,093854	0,001477

za vezanje tovara (1,26 min), za silaženje i penjanje (0,19 min) te za uhrpavanje (2,80 min).

Rezultati prikazani u tablici 5 pokazuju da se za vožnje skidera na usporedivim udaljenostima utrošilo više vremena na radilištu B nego na radilištu A, dok je za rad na sječini te za rad na pomoćnom stovarištu utrošeno mnogo više vremena na radilištu A nego na radilištu B. Razlike u utrošku vremena za vožnju opterećenoga skidera po vlaci za iste udaljenosti i istu prosječnu brzinu vožnje leže u većem utrošku vremena za privlačenje tijekom vožnje na radilištu B.

Utrošak je efektivnoga vremena za sve odnosne srednje udaljenosti privlačenja po vlaci veći na radilištu A nego na radilištu B. Nakon pribrajanja dodatnoga vremena, koje je u relativnom iznosu za

10 % veće kod radilišta B, vidljiv je manji utrošak ukupnoga vremena i veći broj mogućih ostvarivih turnusa na radilištu A za odnosne srednje udaljenosti privlačenja po vlaci od 700 m nadalje.

Norma vremena, zbog većega srednjega tovara na radilištu B, zadržava trend utroška efektivnoga vremena, što na kraju rezultira većim dnevnim utrošcima (slika 2) i manjim jediničnim troškovima (slika 3) na radilištu B nego na radilištu A za sve odnosne srednje udaljenosti privlačenja po vlaci.

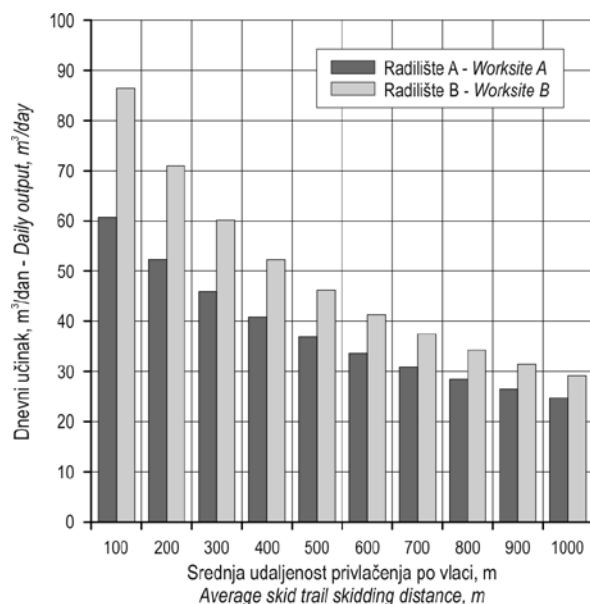
Dnevni je učinak na radilištu A manji, od 30 % na srednjoj udaljenosti privlačenja po vlaci 100 m do 15 % na 1000 m, od dnevnoga učinka na istim udaljenostima na radilištu B. Jedinični je trošak na radilištu A za iste, navedene udaljenosti od 42 % do 18 % veći nego na radilištu B.

Tablica 4. Rezultati *t*-testa utrošaka vremena rada na sječini i vlaci te na pomoćnom stovarištu skidera Ecotrac 120V za radilišta A i B
Table 4 *T-test results of Ecotrac 120V skidder time consumption for work at the felling site and skid trail and at the landing for felling sites A and B*

Radna sastavnica, min <i>Work element, min</i>		Sredina – Mean		<i>t</i> -value	df	p	Uzorak – Valid N		Std. dev.		F-ratio Variances	P Variances
		A	B				A	B	A	B		
Vlaka i sječina <i>Skid trail and felling site</i>	Privlačenje u vožnji <i>Travel winching</i>	0,20	0,99	-4,39246	116	0,000025	66	52	0,37	1,41	14,78143	0,000000
	Zauzimanje položaja <i>Positioning</i>	0,57	0,28	4,916468	116	0,000003	66	52	0,33	0,28	1,381396	0,232086
	Vezanje tovara <i>Choking</i>	1,35	1,13	1,598227	116	0,112713	66	52	0,73	0,75	1,069476	0,791941
	Vezanje tovara DB <i>Choking RD</i>	0,68	1,00	-2,96506	116	0,003674	66	52	0,41	0,75	3,296160	0,000008
	Vezanje tovara LB <i>Choking LD</i>	0,67	0,13	6,602162	116	0,000000	66	52	0,54	0,28	3,796645	0,000002
	Formiranje tovara <i>Load forming</i>	2,72	0,06	12,10681	116	0,000000	66	52	1,57	0,17	81,47627	0,00
	Silaženje i penjanje <i>Going uphill and downhill</i>	0,25	0,12	1,604273	116	0,111373	66	52	0,27	0,55	4,218465	0,000000
Pomoćno stovarište <i>Landing</i>	Privlačenje u vožnji <i>Travel winching</i>	0,01	0,21	-2,94848	116	0,003863	66	52	0,08	0,52	41,02032	0,00
	Odvježivanje tovara <i>Unchoking</i>	2,50	0,76	10,52391	116	0,000000	66	52	1,13	0,45	6,386578	0,000000
	Uhrpavanje <i>Bunching</i>	2,85	2,73	0,262790	116	0,793178	66	52	2,39	2,29	1,088797	0,757377
	Okretanje skidera <i>Skidder turning</i>	0,64	0,52	2,152154	116	0,033457	66	52	0,33	0,26	1,601231	0,082400
	Silaženje i penjanje <i>Going uphill and downhill</i>	0,09	0,42	-10,5143	116	0,000000	66	52	0,20	0,13	2,186843	0,004303

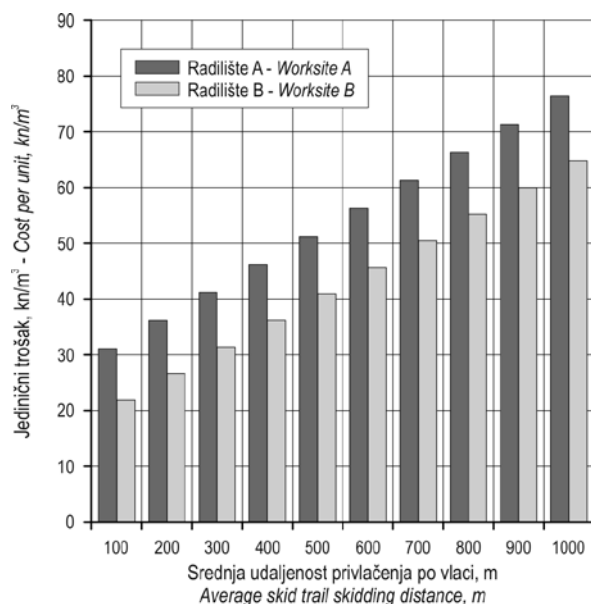
Tablica 5. Ovisnost utroška vremena, norme vremena i broja turnusa dnevno o srednjoj udaljenosti privlačenja za skider Ecotrac 120V
Table 5 Time consumption, standard time and number of cycles per day vs. average skidding distance for Ecotrac 120V skidder

Srednja udaljenost privlačenja po vlaci Average skid trail skidding distance	Vožnja po vlaci Skid trail travel		Vožnja po stovarištu Landing travel		Vrijeme vožnji Travel time	Rad na sječini Felling site work	Rad na stovarištu Landing work	Efektivno vrijeme Effective time	Dodatno vrijeme Allowance time	Ukupno vrijeme po turnusu Total time per cycle	Norma vremena Standard time	Turnusa dnevno Cycles per day
	Neopterećen Unloaded	Opterećen Loaded	Neopterećen Unloaded	Opterećen Loaded								
m	min										min/m ³	N
Radilište A – Worksite A												
100	1,18	2,24	0,78	1,37	5,57	8,32	6,03	19,92	4,18	24,10	7,90	19,9
200	2,36	4,28	0,78	1,37	8,79	8,32	6,03	23,14	4,86	28,00	9,18	17,1
300	3,54	6,32	0,78	1,37	12,01	8,32	6,03	26,36	5,54	31,90	10,46	15,0
400	4,72	8,36	0,78	1,37	15,23	8,32	6,03	29,58	6,21	35,80	11,74	13,4
500	5,91	10,40	0,78	1,37	18,46	8,32	6,03	32,81	6,89	39,70	13,01	12,1
600	7,09	12,44	0,78	1,37	21,68	8,32	6,03	36,03	7,57	43,59	14,29	11,0
700	8,27	14,49	0,78	1,37	24,90	8,32	6,03	39,25	8,24	47,49	15,57	10,1
800	9,45	16,53	0,78	1,37	28,12	8,32	6,03	42,47	8,92	51,39	16,85	9,3
900	10,63	18,57	0,78	1,37	31,34	8,32	6,03	45,69	9,60	55,29	18,13	8,7
1000	11,81	20,61	0,78	1,37	34,57	8,32	6,03	48,92	10,27	59,19	19,41	8,1
Radilište B – Worksite B												
100	1,40	3,03	0,90	1,75	7,08	4,17	4,50	15,75	4,88	20,64	5,55	23,3
200	2,79	5,07	0,90	1,75	10,52	4,17	4,50	19,19	5,95	25,14	6,76	19,1
300	4,19	7,11	0,90	1,75	13,95	4,17	4,50	22,63	7,01	29,64	7,97	16,2
400	5,58	9,15	0,90	1,75	17,39	4,17	4,50	26,06	8,08	34,14	9,19	14,1
500	6,98	11,19	0,90	1,75	20,82	4,17	4,50	29,50	9,14	38,64	10,40	12,4
600	8,37	13,23	0,90	1,75	24,26	4,17	4,50	32,93	10,21	43,14	11,61	11,1
700	9,77	15,28	0,90	1,75	27,70	4,17	4,50	36,37	11,27	47,65	12,82	10,1
800	11,16	17,32	0,90	1,75	31,13	4,17	4,50	39,81	12,34	52,15	14,03	9,2
900	12,56	19,36	0,90	1,75	34,57	4,17	4,50	43,24	13,41	56,65	15,24	8,5
1000	13,95	21,40	0,90	1,75	38,01	4,17	4,50	46,68	14,47	61,15	16,45	7,8



Slika 2. Ovisnost dnevnoga učinka o srednjoj udaljenosti privlačenja za skider Ecotrac 120V

Fig. 2 Daily output vs. average skidding distance for Ecotrac 120V skidder



Slika 3. Ovisnost jediničnoga troška o srednjoj udaljenosti privlačenja za skider Ecotrac 120V

Fig. 3 Cost per unit vs. average skidding distance for Ecotrac 120V skidder

4. Zaključci – Conclusions

U radu je utvrđeno da skider Ecotrac 120V prosječno postiže 21 % veći projektirani dnevni učinak u dovršnom sijeku (B) nego u prorednom sijeku (A) uz prosječno 26 % niže jedinične troškove. Podrobnom analizom utrošaka vremena pojedinih radnih zahvata dolazi se do zaključaka da na razliku u proizvodnosti i troškovima bitan utjecaj imaju sječna gustoća sastojine i prosječan obujam posječenoga stabla. Različita sječna gustoća utječe na različit utrošak vremena rada na sječini i posljedično na ostvarivi dnevni učinak.

Na proizvodnost rada skidera uz sječnu gustoću još veći utjecaj ima prosječni obujam posječenoga stabla jer omogućuje formiranje tovara zadovoljavajućega obujma na kratkoj udaljenosti privlačenja vezivanjem manjega broja komada, često uz upotrebu samo jednoga bubnja vitla.

Stoga možemo zaključiti da mogućnost postizanja najvećih učinaka u zadanim sastojinskim i eksploatacijskim uvjetima leži u optimalnom odnosu između veličine tovara i vremena utrošenoga pri radu na sječini, koje je nužno za njegovo oblikovanje.

5. Literatura – References

- Anon., 2008: Interne prodajne cijene usluga radnika, strojeva i vozila »Hrvatskih šuma« u 2008. godini. »Hrvatske šume« d.o.o., Zagreb, 1–8.
- Horvat, D., Ž. Zečić, M. Šušnjar, 2007: Morphological characteristics and productivity of skidder Ecotrac 120V. *Croatian Journal of Forest Engineering* 26(1): 13–27.
- Krč, J., B. Košir, 2008: Predicting wood skidding direction on steep terrain by DEM and forest road network extension. *Croatian Journal of Forest Engineering* 28(1): 11–25.
- Krpan, A.P.B., Ž. Zečić, 2001: Učinkovitost i troškovi traktora Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim oplodnim sječama. U: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, S. Matić, A.P.B. Krpan, J. Gračan (ur.), Šumarski fakultet Zagreb – Šumarski institut Jastrebarsko, 477–490.
- Marenče, J., B. Košir, 2008: Technical parameters dynamics of Woody 110 cable skidder within the range of stopping due to overload in uphill wood skidding. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 85: 39–48.
- 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.
- Šušnjar, M., A. Bosner, T. Poršinsky, 2010: Vučne značajke skidera pri privlačenju drva niz nagib. *Nova mehanizacija šumarstva* 31(1): 3–14.
- Zečić, Ž., 1998: Skupni rad pri proredama u sastojinama požetskoga gorja s posebnim osvrtom na privlačenje drva traktorima. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–161.
- Zečić, Ž., 1999: Teamwork in thinning stands of the Požega mountains with special reference to tractor skidding. *Glasnik za šumske pokuse* 36: 13–101.
- Zečić, Ž., 2006: Usporedba djelotvornosti traktora Ecotrac 120 V pri privlačenju drva u brdskim i gorskim uvjetima. *Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje* 5: 557–572.
- Zečić, Ž., A.P.B. Krpan, T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2004a: Djelotvornost traktora Steyr 8090 i 9078 u oplodnim sječama sastojina požeskog gorja. *Šumarski list* 128(5–6): 245–254.
- Zečić, Ž., T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2004b: Neki rezultati eksploatacije brdskih sastojina skupnim radom uz osvrt na izbor metode studija vremena. *Šumarski list* 128(7–8): 381–389.
- Zečić, Ž., A.P.B. Krpan, B. Stankić, 2004c: Privlačenje oblovine traktorom Timberjack 240C iz oplodne sječe u uvjetima Šumarije Velika Pisanica. *Šumarski list* 128(11–12): 671–678.
- Zečić, Ž., D. Vusić, M. Prka, S. Klepac, 2010: Utjecaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama. *Šumarski list* 134(3–4): 103–114.
- Zečić, Ž., D. Vusić, H. Nevečerel, M. Mikulin, 2011a: Utjecaj obujma tovara na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju debala euroameričke topole u nizin-skim šumama. *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(1): 357–368.
- Zečić, Ž., D. Vusić, D. Milković, Z. Marko, 2011b: Skidder with single-drum or double-drum winch in mountainous areas – A case study from selective forests of Croatia. U: 44th International Symposium on Forestry Mechanisation (FORMEC) – Pushing the Boundaries with Research and Innovation in Forest Engineering, K. Stampfer (ur.), BOKU, Graz/Beč.

Abstract

Productivity of Tractor Ecotrac 120V Timber Skidding in Hilly Area of Central Croatia

This paper presents the research results of skidder Ecotrac 120V productivity in thinning and final felling half-length wood skidding. Terrain research was conducted using time and motion study at two worksites. Worksite A is a mixed stand of beech (48.74%), sessile oak (4.47%), hornbeam (21.06%) and linden (15.65%), aged 57 years, in which thinning was done. Harvesting density was 34.07 m³/ha, and mean cutting tree was 0.63 m³. At the worksite B, in the beech (92.03%) stand, aged 111 years, final felling was conducted. Harvesting density was 89.50 m³/ha, and mean cutting tree was 3.51 m³. Based on the data collected, the structure of the total time consumption and average daily output was calculated (Table 1). The analysis of recorded delays provided allowance time (Table 2). Differences between load volumes, travel speeds, line pulling and winching speeds and time consumption of individual felling site and landing work elements were investigated by a t-test (Table 3 and Table 4). For those work elements that showed significant differences between worksites, individual mean values were used for further calculations, while for the others, new common mean values were calculated. Travel time consumption was calculated based on the average speed and pertaining skidding distance. A significant difference ($t = -3.571562$; $p = 0.000519$) was found between load volumes of thinning (3.050 m³) and final felling site (3.717 m³). Differences in time consumption (Table 4 and Table 5) are the most obvious in the group of felling site work elements, and they are a consequence of different line pulling/winching distances needed for forming the achieved load volumes. The projected daily output (Fig. 2) of final felling skidding is in average 21% higher than in the thinning skidding with an average 26% lower costs per unit (Fig. 3). Detail analysis of each work element time consumption showed that harvesting density and mean cutting tree volume have an important impact on difference in productivity and costs. Different harvesting densities affect the felling site work time consumption, thus also affecting the achievable productivity. Besides the above mentioned harvesting density, mean cutting tree volume has an even greater influence on skidding productivity because it enables the formation of preferred load volume at short winching distances by choking fewer half-stems, often with the use of just one winch drum. Therefore, it can be concluded that the possibility of achieving greatest outputs, in given stand and harvesting conditions, lies in the optimal relation between the load size and the felling site work time consumption needed for its forming.

Keywords: productivity, costs, harvesting density, mean cutting tree, thinning, final felling

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Prof. dr. sc. Željko Zečić*
e-pošta: zecic@sumfak.hr
Doc. dr. sc. Dinko Vusić
e-pošta: vusic@sumfak.hr
Doc. dr. sc. Ivica Papa
e-pošta: papa@sumfak.hr
Sveučilište u Zagrebu
Šumarski fakultet
Svetošimunska cesta 25
10000 Zagreb
HRVATSKA

Zlatko Benković, dipl. ing. šum.
e-pošta: zlatko.benkovic@mps.hr
Ministarstvo poljoprivrede
Planinska 2a
10000 Zagreb
HRVATSKA

Doc. dr. sc. Jurij Marenče
e-pošta: jurij.marence@bf.uni-lj.si
Biotehniška fakulteta
Univerza v Ljubljani
Večna pot 83
1000 Ljubljana
SLOVENIJA

Primljeno (Received): 16. 5. 2019.

Prihvaćeno (Accepted): 18. 7. 2019.

* Glavni autor – Corresponding author



Analiza radnih obilježja šumskih kamionskih skupova za prijevoz drva

Marijan Šušnjar, Marin Bačić, Tomislav Horvat, Zdravko Pandur

Nacrtak – Abstract

U radu je provedeno istraživanje petnaest različitih šumskih kamionskih skupova za prijevoz drva u vlasništvu poduzeća Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Uprava šuma podružnica Bjelovar. Osnovni podaci koji su korišteni za analizu šumskih kamionskih skupova za prijevoz drva su: prijeđeni kilometri (pun, prazan), ukupna potrošnja goriva, broj dana rada (u radu, u kvaru, ispravni izvan rada), prevezeno drvo, broj tura, starost i tip vozila. Analizom podataka iskazana je potrošnja goriva prema više kriterija, stupanj iskorištenosti i tehničke ispravnosti kamionskih skupova te odnos vožnje s obzirom na relaciju pun – prazan. Na osnovi rezultata istraživanja donosi se preporuka za organizacijska rješenja kamionskoga prijevoza drva i smjernice za unapređenje i modernizaciju tehničkih rješenja na šumskim kamionskim skupovima.

Ključne riječi: šumski kamionski skup, potrošnja goriva, tehnička ispravnost, stupanj iskorištenosti

1. Uvod – Introduction

Daljinski ili sekundarni prijevoz drva odvija se po javnim i šumskim cestama ili željezničkim prugama, odnosno vodenim putovima od pomoćnoga stovarišta do glavnoga stovarišta – kupca (Greulich 2002). U hrvatskom šumarstvu drva se prevoze uglavnom šumskim kamionskim skupovima (Zorić 2015). Sever je (1992) imenovao različite izvedbe šumskih kamionskih skupova, ali se danas šumskim kamionskim skupom ponajprije naziva izvedba kamiona s prikolicom opremljenom hidrauličnom dizalicom (Krpan i dr. 2002, Tomašić i dr. 2005, Šušnjar i dr. 2011a). Zorić i dr. (2014) daju podatak da udio prijevoza drva šumskim kamionskim skupovima premašuje 85 % u ukupnom daljinskom prijevozu drva, a danas se u Hrvatskoj gotovo svi drvni sortimenti prevoze kamionskim skupovima. Od toga većinu daljinskoga prijevoza obavljaju privatni poduzetnici i kupci drvnih sortimenta, dok trgovačko društvo Hrvatske šume d.o.o. Zagreb sudjeluje s 15 % u ukupnom daljinskom prijevozu drva s vlastitim šumskim kamionskim skupovima (Tomašić i dr. 2012). Pri tome se nadalje udio trgovačkoga društva Hrvatske šume d.o.o. Zagreb u ukupnom daljinskom prijevozu drva stalno smanjuje.

Iznimno su visoki troškovi daljinskoga prijevoza drva šumskim kamionskim skupovima zbog svojstava rada kao što su: ciklički rad, velik udio vožnje neopterećenoga vozila, visoka nabavna cijena vozila, prevezene male količine jeftine robe, visoke cijene goriva i velika potrošnja goriva. Šušnjar i dr. (2011b) navode da je daljinski prijevoz drva šumskim kamionskim skupovima najskuplji oblik daljinskoga prijevoza drva, dok Svenson i Fjeld (2016) predlažu troškove daljinskoga prijevoza drva šumskim kamionima u iznosu oko 25 % ukupnih troškova unutar cjelokupnoga sustava pridobivanja drva.

Da bi se povećala učinkovitost kamionskoga prijevoza drva, potrebno je provoditi svrhovite tehničke, tehnološke i organizacijske mjere. Postoji i niz ograničavajućih čimbenika koji se nalaze izvan šumskoga gospodarskoga sustava kao što su, primjerice, zakonski propisi o dimenzijama i nosivosti kamionskih skupova, ograničenje brzine vožnje, stanje i opterećenost prometnica i sl. (Carette i Ginot 2014). Guimaraes i dr. (2016) istaknuli su udaljenost vožnje, vrstu prometa i rute, prometno područje, veličinu vozila i odnos između opterećenih i neopterećenih udaljenosti putovanja kao čimbenike koji mogu značajno utjecati na iznos troškova daljinskoga prijevoza drva.

Daljinski je prijevoz drva šumskim kamionima najveći potrošač goriva u cjelokupnom lancu pridobivanja drva (Ghaffariyan i dr. 2018). U Švedskoj je utrošak goriva u daljinskom prijevozu drva kamionima iznosio oko 50 % ukupne potrošnje goriva sustava pridobivanja drva, dok se na sječi, izradi i privlačenju drva kretao 33 – 40 % (Lindholm 2006).

Favreau (2006) piše da u ukupnim troškovima daljinskoga prijevoza drva kamionima trošak goriva sudjeluje s 30 %, dok Griffin i Brown (2010) iznose da je trošak goriva veći od 40 % ukupnih troškova prijevoza drva kamionima.

Radi smanjenja troškova potrošnje goriva važno je razumjeti utjecaj različitih čimbenika na kamionski prijevoz drva. Svenson (2011) prema Klvaču (2013) nabraja niz tehničkih čimbenika koji utječu na potrošnju goriva šumskih kamionskih skupova. Čimbenike svrstava u ove skupine: svojstva vozila, svojstva prikolice, geometrija ceste, gornji ustroj šumske ceste, brzina kretanja, promjena stupnja prijenosa, način vožnje, vrijeme i uvjeti gornjega ustroja šumske ceste. Devlin (2010) govori da navedeni čimbenici značajno utječu na potrošnju goriva prilikom daljinskoga prijevoza drva kamionima, koja može biti dvostruko veća u usporedbi s prijevozom drugih vrsta roba. Prema Griffinu i Brownu (2010) na potrošnju goriva utječu tehnička svojstva kamiona (konfiguracija prikolice, motor, mjenjač, gume itd.), stanje na cesti (nagib ceste, udaljenost prijevoza, površina ceste, brzina kretanja itd.), masa tovara, način vožnje i organizacija rada (vrijeme čekanja, odnos prijeđene udaljenosti natovarenoga i praznoga kamiona). Guimaraes i dr. (2016) pri matematičkom modeliranju potrošnje goriva u cestovnom kamionskom prijevozu drva kao najutjecajnije čimbenike ističu udaljenost vožnje, prosječnu brzinu kretanja i trajanje vožnje.

Konstrukcijska rješenja šumske nadogradnje šumskih kamionskih skupova onemogućuju da se vozila koriste, ili se vrlo rijetko koriste za prijevoz ostale robe (Šušnjar i dr. 2016). Stoga je organizacija rada šumskih kamionskih skupova vrlo zahtjevna radi osiguranja dovoljno radnih dana prijevoza drva ispravnih šumskih kamionskih skupova.

Šumski se kamionski skupovi tijekom dana nalaze na radu ili izvan radnoga procesa. Razlozi su zbog kojih su šumski kamionski skupovi izvan radnoga procesa neispunjavanje uvjeta opće ispravnosti (valjane dozvole vozila, certifikati te raspoloživ vozač s valjanom vozačkom dozvolom odgovarajuće kategorije ili tehničke ispravnosti (otklanjanje kvara) te nedovoljna organizacija rada kada su tehnički ispravna vozila bez dnevnih radnih naloga. Tehnička je ispravnost vozila nužan preduvjet za

djelovanje vozila (Protega 2010). Tehnički ispravni šumski kamionski skupovi također mogu biti izvan radnoga procesa upravo zbog organizacijskoga nedostatka radova, obavljanja redovitoga održavanja i tehničkoga pregleda vozila te nedostupnosti vozača.

Stoga je potrebno provoditi vremensku analizu stanja vozila koja može dati smjernice za buduće postupke pri organizaciji prijevoza drva. Pri tome su najčešće iskazivani organizacijski parametri udio vožnje natovarenoga vozila u ukupnoj prijeđenoj udaljenosti tijekom određenoga razdoblja, tehnička ispravnost vozila i stupanj iskorištenosti vozila tijekom određenoga vremena (Rajsman 1990). Stupanj iskorištenosti vozila odražava prosječno stanje opće zaposlenosti, odnosno stupanj prisutnosti određene skupine vozila na radu tijekom promatranoga razdoblja (Arnold 2007).

Cilj je ovoga rada napraviti analizu podataka o ukupnim prevezenim količinama drva i potrošnji goriva po jedinici prevezenoga tereta, koja je najbolji pokazatelj energetske učinkovitosti prijevoza, te, nadalje, razmotriti podatke o stupnju iskorištenosti, tehničke ispravnosti te odnosa opterećene i neopterećene vožnje šumskih kamionskih skupova na primjeru prijevoznih sredstva u vlasništvu tvrtke Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Uprave šuma podružnica Bjelovar.

2. Materijal i metode

Material and methods

Istraživanje je provedeno na osnovi prikupljenih podataka o radu 15 šumskih kamionskih skupova u vlasništvu Hrvatskih šuma d.o.o., Uprave šuma podružnice Bjelovar tijekom 2017. godine. Šumski su kamionski skupovi podijeljeni po tipovima s obzirom na proizvođača kamiona.

Za analizu su kamionskih skupova za prijevoz drva uzeti ovi osnovni podaci:

- ⇒ tip vozila
- ⇒ starost vozila
- ⇒ prijeđeni kilometri (pun, prazan)
- ⇒ broj turnusa
- ⇒ prevezeno oblovine (m³)
- ⇒ potrošnja goriva (L)
- ⇒ godišnji dani rada (u radu, tehnički ispravan izvan rada, u kvaru).

Svi su podaci razvrstani po tablicama i obrađeni u računalom programu Microsoft Excel.

Na temelju ukupne potrošnje goriva, ukupno prevezenoga drva i ukupno ostvarenih kilometara izračunata je jedinična potrošnja goriva izražena

u L/100 km i L/m³. Prema prikupljenim podacima nije bilo moguće utvrditi prevezenu količinu drvnih sortimenata po vrstama drva na osnovi kojih se pretvara obujam tovara u masu tovara. Stoga nije prikazana, u šumarskoj praksi često korištena, potrošnja goriva po tona kilometru (L/tkm).

Također su izračunate vrijednosti udjela vožnje punih (natovarenih) šumskih kamionskih skupova u ukupno prijeđenoj udaljenosti te stupanj iskorištenosti i tehničke ispravnosti ispitivanih šumskih kamionskih skupova.

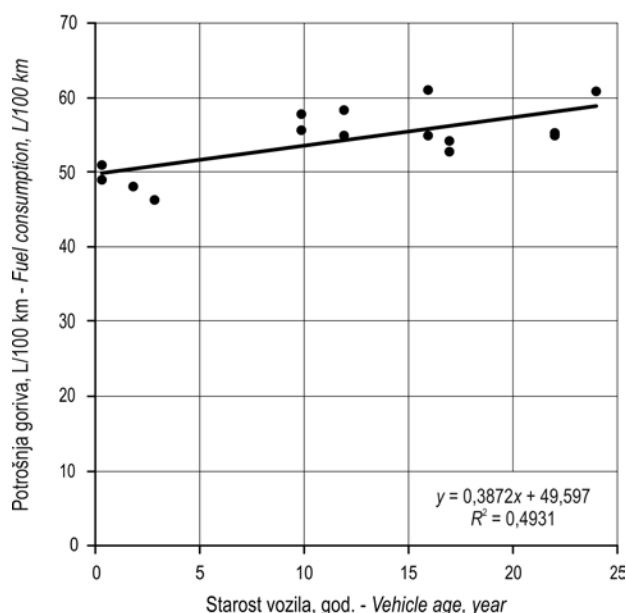
3. Rezultati istraživanja s raspravom *Research results and discussion*

U tablici 1 prikazani su prikupljeni podaci o tipovima šumskih kamionskih skupova, starosti svakoga pojedinoga vozila, godišnjoj prijeđenoj udaljenosti i broju ostvarenih radnih turnusa, ukupnoj godišnjoj količini prevezena drva te ukupnoj godišnjoj potrošnji goriva. Iz tih je podataka izračunata prosječna veličina tovara te jedinična potrošnja goriva (L/100 km, L/m³ i L/m³ km).

Istraživani šumski kamionski skupovi prosječno su u uporabi 12,3 godina. Najstariji je šumski kamionski skup 24 godine u uporabi, dok su dva nabavljena sredinom 2017. godine u kojoj je provedena analiza podataka. Iz podataka su uočljiva neravnomjerna razdoblja nabave novih šumskih kamion-

skih skupova u Upravi šuma podružnica Bjelovar. Tijekom 24 godine čak je sedam godina prošlo bez nabave novoga šumskoga kamionskoga skupa.

Posljednja dva nova šumska kamionska skupa ističu se manjim vrijednostima ukupno prijeđenih udaljenosti i prevezena drva zbog njihova korištenja tijekom polugodišnjega razdoblja.

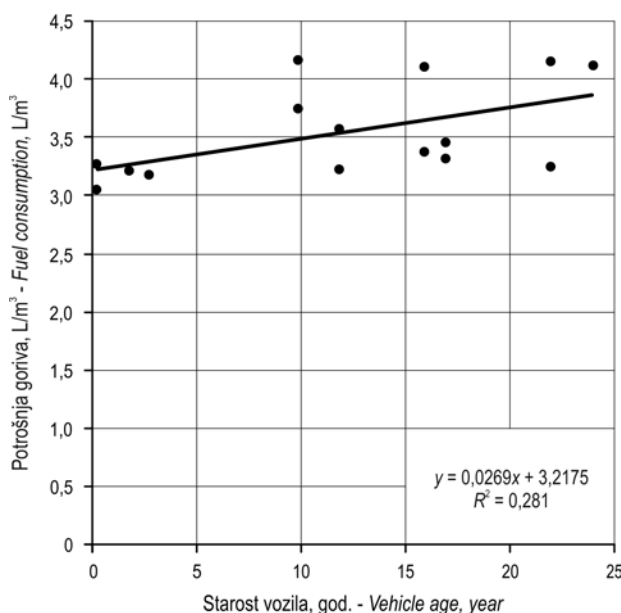


Slika 1. Potrošnja goriva šumskih kamionskih skupova (L/100 km)
Fig. 1 Fuel consumption of forest trucks with trailers (L/100 km)

Tablica 1. Godišnji pokazatelji rada šumskih kamionskih skupova
Table 1 Annual work indicators of forest trucks with trailers

Tip Type	Starost vozila Vehicle age	Prijeđena udaljenost Travelled distance	Broj tura Number of cycles	Prevezeno drvo Transported wood	Potrošnja goriva Fuel consumption		
	godina – year	km	N	m ³	L	L/100 km	L/m ³
MAN	24	45 616	426	6750	27 778	60,9	4,12
MAN	22	41 227	326	5475	22 745	55,2	4,15
MAN	22	35 121	343	5926	19 286	54,9	3,25
MAN	17	44 213	424	6928	23 963	54,2	3,46
MAN	17	39 315	378	6264	20 763	52,8	3,31
MAN	16	47 921	387	6426	26 360	55,0	4,10
MAN	16	42 270	473	7645	25 816	61,1	3,38
IVECO	12	43 976	398	6768	24 188	55,0	3,57
IVECO	12	45 193	472	8173	26 358	58,3	3,23
IVECO	10	48 070	486	7410	27 786	57,8	3,75
IVECO	10	58 623	460	7830	32 653	55,7	4,17
MAN	3	53 399	427	7754	24 700	46,3	3,19
MAN	2	59 804	510	8919	28 681	48,0	3,22
MAN	0,5	21 798	204	3634	11 109	51,0	3,06
MAN	0,5	24 315	196	3645	11 909	49,0	3,27
Prosjeck – Average	12,3	43 391	394	6636	23 606	54,3	3,55

Iz slike 1 može se vidjeti kako potrošnja goriva raste s obzirom na godine uporabe šumskih kamionskih skupova. Tako je najstariji šumski kamionski skup ostvario prosječnu potrošnju goriva od 60,9 L/100 km. Neznatno veću potrošnju goriva imao je šumski kamionski skup od 16 godina starosti – 61,1 L/100 km, ali je ujedno prevezao i 47 tura više od najstarijega šumskoga kamionskoga skupa. Najmanji su potrošači goriva najnoviji šumski kamionski skupovi do tri godine starosti, kod kojih je zabilježena potrošnja između 46,3 i 51 L/100 km, što je manje za čak 10 litara od najstarijih kamionskih skupova.



Slika 2. Jedinična potrošnja goriva šumskih kamionskih skupova (L/m³)

Fig. 2 Unit fuel consumption of forest trucks with trailers (L/m³)

Jedinična potrošnja goriva (L/m³) također se povećava sa starošću šumskih kamionskih skupova (slika 2). Najmanju potrošnju goriva s obzirom na prevezene količine drva imaju šumski kamionski skupovi do tri godine starosti (3,06 L/m³ do 3,27 L/m³). Prema prikazanim rezultatima vidljive su razlike između jedinične potrošnje goriva najstarijih šumskih kamionskih skupova. Šumski kamionski skup starosti 22 godine, s potrošnjom od 3,25 L/m³, usporediv je s najnovijim šumskim kamionskim skupovima. Drugi šumski kamionski skup iste starosti ostvario je jediničnu potrošnju goriva od 4,12 L/m³, pri čemu je prevezao 451 m³ drvnih sortimenata manje. Razlozi tomu mogu upućivati na različit obujam tovara zbog prijevoza različitih drvnih sortimenata (tehničkoga obloga drva i višemetarskoga prostornoga drva) ili na različite načine vožnje uz pretpostavku rada u

sličnim uvjetima (stanje šumskih cesta, udaljenost vožnje) na istraživanom području.

Ostvarena potrošnja goriva istraživanih šumskih kamionskih skupova različite starosti uspoređena je s rezultatima prijašnjih sličnih istraživanja.

Karjalainen i Asikainen (1996) navode kako potrošnja goriva u kamionskom prijevozu u Finskoj iznosi 56 L/100 km. Iste iznose potrošnje goriva utvrđuje Lindholm (2006) u švedskom šumarskom sektoru. No, prema Svensonu (2011) potrošnju goriva pri kamionskom prijevozu drva u Švedskoj iznosi 28 L/100 km, ali pri većim udaljenostima prijevoza na ravnim terenima. U istraživanjima kamionskoga prijevoza drva Holzleitner i dr. (2011) utvrđuju prosječni utrošak goriva od 77 L/100 km te 2,09 L/m³ drva. Prema Klvaču (2013) potrošnja goriva šumskih kamionskih skupova iznosi 2,19 L/m³, odnosno 67,4 L/100 km. Zorić i dr. (2014) utvrđuju prosječnu potrošnju goriva šumskih kamionskih skupova od 2,73 L/m³, odnosno 66 L/100 km. Istraživanje potrošnje goriva za prijevoz drva u Australiji pokazalo je rezultat od 67 L/100 km za šumske kamionske skupove, odnosno 62 L/100 km za kamion bez prikolice (Ghaffariyan i dr. 2015).

Prosječna vrijednost potrošnje goriva od 54,3 L/100 km svih istraživanih šumskih kamionskih skupova manja je od prijašnjih rezultata istraživanja, a posebno se nižom potrošnjom ističu najnoviji šumski kamionski skupovi. No, jedinična potrošnja po obujmu prevezenoga drva veća je od rezultata prijašnjih istraživanja, čak i kod najnovijih šumskih kamionskih skupova.

U tablici 2 prikazani su podaci o tipovima šumskih kamionskih skupova, starosti svakoga pojedinoga vozila, prijeđenoj godišnjoj udaljenosti natovarenih i praznih šumskih kamionskih skupova te udjeli vožnje s tovarom.

Gotovo svaki šumski kamionski skup imao je više prijeđenih kilometara s punim tovarom nego praznim. Izuzetak je samo jedan šumski kamionski skup koji je s punim tovarom prošao 23 529 kilometara, a s praznim 24 392 kilometra te je ostvario 49 % pune vožnje u ukupnom prijeđenom putu. Najviše kilometara s punim tovarom prošao je šumski kamionski skup MAN koji je imao dvije godine – 30 972 kilometra, dok je prazan bio u vožnji 28 832 kilometra, što iznosi 52 % pune vožnje u ukupnom prijeđenom putu. Najveći udio pune vožnje od 55 % ostvario je najnoviji šumski kamionski skup MAN iz 2017. godine, gdje je pun tovar bio na relaciji 11 953 kilometra, a prazan 9845 kilometara. Pri tome je potrebno napomenuti da su dva najnovija šumska kamionska skupa bila u radnom procesu samo pola godine.

Tablica 2. Udio pune vožnje**Table 2** Proportion of loaded travel

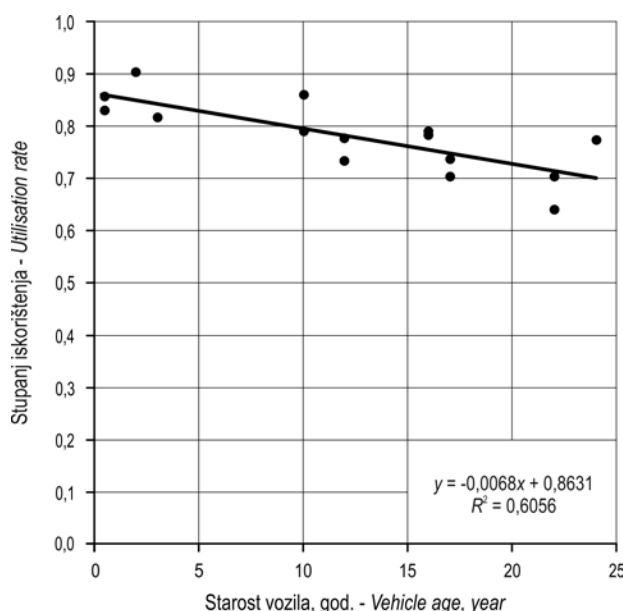
Tip Type	Starost vozila, god. Vehicle age, year	Prijedena udaljenost, km Travelled distance, km			Udio pune vožnje, % Proportion of loaded travel, %
		Natovaren Loaded	Prazan Empty	Ukupno Total	
MAN	24	23 262	22 354	45 616	0,51
MAN	22	21 813	19 414	41 227	0,53
MAN	22	17 897	17 224	35 121	0,51
MAN	17	22 875	21 338	44 213	0,52
MAN	17	19 506	19 809	39 315	0,50
MAN	16	23 529	24 392	47 921	0,49
MAN	16	20 961	21 309	42 270	0,50
IVECO	12	22 460	21 516	43 976	0,51
IVECO	12	23 262	21 931	45 193	0,51
IVECO	10	23 845	24 225	48 070	0,50
IVECO	10	29 073	29 550	58 623	0,50
MAN	3	28 878	24 521	53 399	0,54
MAN	2	30 972	28 832	59 804	0,52
MAN	0,5	11 953	9845	21 798	0,55
MAN	0,5	13 093	11 222	24 315	0,54

Ukupni se godišnji radni dani sastoje od dana u radu šumskih kamionskih skupova, dana u kvaru te dana kada tehnički ispravna vozila nisu u radnom procesu zbog organizacijskoga nedostatka radova, obavljanja redovitoga održavanja i tehničkoga pregleda vozila te zbog nedostatka vozača. Istraživanim šumskim kamionskim skupovima za koje su prikupljeni cjelogodišnji podaci prosječno se vodila evidencija za oko 260 radnih dana godišnje (od 259 do 265 dana godišnje).

Stupanj iskorištenosti izračunat je kao odnos dana u radu šumskoga kamionskoga skupa prema ukupno evidentiranim godišnjim radnim danima. Tehnička je ispravnost odnos zbroja dana u radu i dana izvan radnoga procesa tehnički ispravnoga šumskoga kamionskoga skupa prema ukupno evidentiranim godišnjim radnim danima. (Tablica 3).

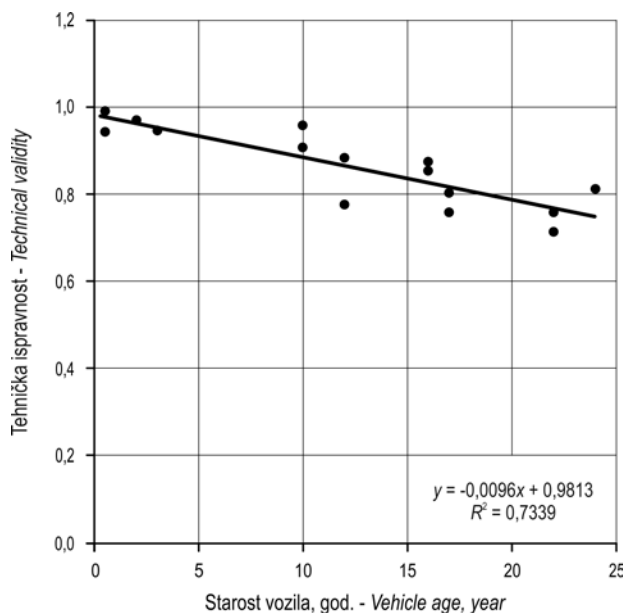
Tablica 3. Stupanj iskorištenosti i tehnička ispravnost šumskih kamionskih skupova**Table 3** Utilization rate and technical validity of forest trucks with trailers

Tip Type	Starost vozila, god. Vehicle age, year	Dani – Days				Stupanj iskorištenosti Utilization rate	Tehnička ispravnost Technical validity
		U radu In operation	Izvan rada Out of operation	U kvaru Out of order	Ukupno Total		
MAN	24	202	10	49	261	0,77	0,81
MAN	22	183	14	63	260	0,70	0,76
MAN	22	167	19	75	261	0,64	0,71
MAN	17	192	18	51	261	0,74	0,80
MAN	17	184	15	63	262	0,70	0,76
MAN	16	204	19	38	261	0,78	0,85
MAN	16	207	22	33	262	0,79	0,87
IVECO	12	190	11	58	259	0,73	0,78
IVECO	12	202	28	30	260	0,78	0,88
IVECO	10	206	31	24	261	0,79	0,91
IVECO	10	228	26	11	265	0,86	0,96
MAN	3	212	34	14	260	0,82	0,95
MAN	2	236	17	8	261	0,90	0,97
MAN	0,5	87	17	1	105	0,83	0,99
MAN	0,5	90	9	6	105	0,86	0,94



Slika 3. Stupanj iskorištenosti šumskih kamionskih skupova
Fig. 3 Utilization rate of forest trucks with trailers

Stupanj se iskorištenosti kreće od 0,64 do 0,90 i vidljivo je kako on pada sa starošću, tj. godinama uporabe šumskih kamionskih skupova (slika 3.). Najveći stupanj iskorištenosti zabilježen je kod novijega dvogodišnjega šumskoga kamionskoga skupa s rezultatom 0,90. Najmanji je stupanj iskorištenosti kod 22 godine staroga šumskoga kamionskoga skupa (0,64), koji je ujedno imao najmanje dana u radu (167 dana) i najviše dana u kvaru (75 dana) od svih istraživanih vozila.



Slika 4. Tehnička ispravnost šumskih kamionskih skupova
Fig. 4 Technical validity of forest trucks with trailers

Također, tehnička ispravnost šumskih kamionskih skupova pada sa starošću, tj. godinama uporabe (slika 4). Najveća tehnička ispravnost zabilježena je kod šumskih kamionskih skupova do 10 godina starosti, koja se kreće u rasponu od 0,91 do 0,99. Tehnička ispravnost od 0,99 pripada najnovijemu vozilu, koje je od 105 ukupnih dana radilo 87 dana sa 17 dana izvan radnoga procesa i samo jedan dan popravka. Najmanja je tehnička ispravnosti bila kod šumskoga kamionskoga skupa starosti 22 godine koji je bio 75 dana u kvaru. Općenito, broj se dana u kvaru šumskih kamionskih skupova do 10 godina starosti kreće u rasponu od 1 do 24 dana. Usporedbom sa starijim šumskih kamionskim skupovima broj dana provedenih u kvaru gotovo je trostruko manji.

4. Zaključak – Conclusion

Provedenom analizom šumskih kamionskih skupova tijekom jedne godine može se zaključiti da tehničku ispravnost zadovoljavaju vozila do deset godina starosti. Nakon toga se značajno povećavaju dani vozila provedenih u kvaru i na popravku.

Prosječna vrijednost potrošnje goriva od 54,3 L/100 km svih istraživanih šumskih kamionskih skupova manja je od prijašnjih rezultata istraživanja, a posebno se nižom potrošnjom ističu najnoviji šumski kamionski skupovi. No, jedinična potrošnja po obujmu prevezenoga drva veća je od rezultata prijašnjih istraživanja, čak i kod najnovijih šumskih kamionskih skupova. Razlozi tomu možda leže u činjenici da starija vozila nisu opremljena sustavima mjerenja osovinskoga opterećenja te se tovar s manjim drvnim obujmom kako bi se zadovoljili zakonski kriteriji pri prijevozu drva na javnim prometnicama. Također se razlike mogu očitovati kod većega udjela prijevoza višemetarskoga prostornoga drva u odnosu na prijevoz tehničkoga obloga drva. Taj podatak može upućivati na manje udjele pune vožnje.

Prosječni postotni iznos pune vožnje šumskih kamionskih skupova od 51 % zadovoljava, ali potrebno je pronaći bolja organizacijska rješenja za povećanje udjela pune vožnje. Ujedno bi se time smanjila jedinična potrošnja goriva po prevezenom drvnom obujmu. Svakako je bitno napomenuti kako zbog sve veće prisutnosti privatnih autoprijevoznika na tržištu nije u potpunosti moguća maksimalna organizacija provedbe povratnih tura. Također, organizacijskim bi mjerama trebalo u što većem opsegu planirati prijevoz drva na kraćim udaljenostima.

Proizvodnja šumskih kamionskih skupova starijih generacija razlikovala se od današnje te trenutno ne postoji mogućnost implementacije una-

prijeđenih tehničkih značajki na većinu starijih generacija šumskih kamionskih skupova. Modernizacijom konstrukcije šumskih kamionskih skupova može se očekivati smanjenje potrošnje goriva, što je vidljivo u rezultatima istraživanja kod kamionskih skupova novijih generacija. Primjerice, Loforth i Lindholm (2005) smatraju da se potrošnja goriva može smanjiti za 5 – 10 % poboljšanjem aerodinamičnosti kamiona. Zorić (2012) navodi primjenu novih tehničkih rješenja radi povećanja korisne nosivosti šumskih kamionskih skupova, koja mogu pridonijeti povećanju iskorištenosti i smanjenju jedinične potrošnje goriva kamionskih skupova.

Kako bi se unaprijedio daljinski prijevoz drva šumskim kamionskim skupovima te smanjila potrošnja goriva, potrebno je pomoću sustava daljinskoga praćenja vozila (FMS-a) provesti daljnju i detaljniju analizu rada. Također je potrebno ujednačiti kriterije unosa podataka o tehničkoj ispravnosti i stupnju iskorištenosti vozila, odnosno evidenciji i raspodjeli ukupno godišnjih radnih dana. S navedenim postupcima omogućilo bi se svrhovitije korištenje podataka za analizu stanja skupina vozila radi postavljanja smjernica bolje organizacije rada daljinskoga prijevoza drva šumskim kamionima.

5. Literatura – References

- Arnold, D., H. Isermann, A. Kuhn, H. Tempelmeier, K. Furmans, 2007: Handbuch Logistik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1117 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72929-7>
- Carrette, T., C. Ginet, 2014: Analysis of wood transport practices and infrastructures to anticipate regulatory constraints. Proceedings of 47th International symposium FORMEC'14: Forest engineering: propelling the forest value chain, September 23–26, 2014, Gerardmer, France, 4 p.
- Devlin, G., 2010: Fuel consumption of timber haulage versus general haulage. Harvesting/transportation No. 22. COFORD, 6 p.
- Favreau, J., 2006: Six key elements to reduce forest transportation cost. FERIC. Available on <http://www.forac.ula-val.ca/fileadmin/docs/EcoleEte/2006/Favreau.pdf>
- Ghaffariyan, M. R., C. Barrier, M. Brown, M. Kuehmaier, M. Acuna, 2018: A short review of timber truck fuel consumption studies. Industry Bulletin 21, Technical report, 1–6.
- Ghaffariyan, M. R., R. Spinelli, N. Magagnotti, M. Brown, 2015: Integrated harvesting for conventional log and energy wood assortments: a case study in a pine plantation in Western Australia. Southern Forests: a Journal of Forest Science, 77(4): 249–254. <https://doi.org/10.2989/20702620.2015.1052946>
- Greulich, F., 2002: Transportation networks in forest harvesting: Early development of the theory. Proceedings of the International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations, September 29–October 5, 2002, Tokyo, Japan, 1–9.
- Griffin, R., M. Brown, 2010: Forest truck fuel consumption survey. CRC for Forestry Bulletin. Harvesting and Operations Bulletin, 8: 1–3.
- Guimaraes, P. P., J. E. Arce, E. da Silva Lopes, A. L. Pelissari, G. Salami, V. G. de Castro, 2016: Modeling of fuel consumption for forest transportation. Rev. Caatinga, 29(2): 496–506. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0431-y>
- Karjalainen, T., A. Asikainen, 1996: Greenhouse gas emissions from the use of primary energy in forest operations and longdistance transportation of timber in Finland. Forestry, 69(3): 215–228. <https://doi.org/10.1093/forestry/69.3.215>
- Klvač, R., J. Kolarik, M. Volona, K. Drapela, 2013: Fuel consumption in timber haulage. Croatian Journal of Forest Engineering, 34(2): 229–240.
- Krpan, A. P. B., D. Horvat, T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2002: Tehničke i tehnološke značajke kamiona SCANIA P124 B 6x4 NZ 400, prikolice Narkö i dizalica Jonsered 1090. Studija, Zavod za iskorištavanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Lindholm, E. L., 2006: Energy use in Swedish forestry and its environmental impact. Licentiate thesis 004, SLU Uppsala, 1–28.
- Protega, V., 2010: Nastavni materijal za predavanje iz kolegija Osnove tehnologije prometa, nastavna cjelina Tehnologija cestovnog prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1–64.
- Rajsman, M., 1990: Postojeće stanje i racionalizacija cestovnog transporta PIK-a Vinkovci. Promet, 1(12): 1–28.
- Sever, S., 1992: Šumarski strojevi, u: Tehnička enciklopedija. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, sv. 12, 519–531.
- Svenson, G., D. Fjeld, 2016: The impact of road geometry and surface roughness on fuel consumption of logging trucks. Scandinavian Journal of Forest Research, 31(5): 526–536. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1092574>
- Svenson, G., 2011: The impact of road characteristics on fuel consumption for timber trucks. In: P. Ackerman, H. Ham, E. Gleasure (eds), Proceedings of 4th Forest Engineering Conference: Innovation in Forest Engineering – Adapting to Structural Change. Stellenbosch University, p. 172.
- Šušnjar, M., D. Horvat, Z. Pandur, M. Zorić, 2011a: Određivanje osovinskih opterećenja kamionskog i šleperskog skupa za prijevoz drva. Croatian Journal of Forest Engineering, 32(1): 379–388.
- Šušnjar, M., D. Horvat, M. Zorić, Z. Pandur, D. Vusić, Ž. Tomašić, 2011b: Comparison of real axle loads and wheel pressure of truck units for wood transportation with legal restrictions. Proceedings of 44th International Symposium FORMEC'11: Pushing the boundaries with research and innovation in forest engineering, October 9–12, 2011, Graz, Austria, 1–11.
- Šušnjar, M., Z. Pandur, M. Bačić, M. Zorić, 2016: Raspodjela mase tovara i osovinskoga opterećenja šumskih kamionskih skupova pri prijevozu jelova celuloznoga drva. Nova mehanizacija šumarstva, 37: 47–58.

Tomašić, Ž., Z. Sučić, M. Slunjski, M. Polaček, 2005: Ovodobno stanje prijevoza drva kamionskim skupovima u hrvatskom šumarstvu. *Nova mehanizacija šumarstva*, 26(1): 65–71.

Tomašić, Ž., M. Šušnjar, D. Horvat, 2012: Cooperation of Croatian forestry science and practice in development of forest engineering sector. *Proceedings of 45th International Symposium FORMEC '12*, October 8–12, Dubrovnik, Croatia, 1–19.

Zorić, M., 2012: Inovacije u kamionskom prijevozu drva – »One stack more«. *Nova mehanizacija šumarstva*, 33: 69–78.

Zorić, M., 2015: Uporaba novih mjernih sustava za određivanje energijske i tehničke pogodnosti kamionskog prijevoza drva. *Doktorski rad*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–154.

Zorić, M., M. Šušnjar, Z. Pandur, K. Mihaljević, 2014: Potrošnja goriva i emisija stakleničkih plinova pri kamionskom prijevozu drva u hrvatskom šumarstvu. *Nova mehanizacija šumarstva*, 35: 98–97.

Abstract

Analysis of Working Features of Forest Truck Units for Timber Transport

The study was carried out on 15 different forest trucks with trailers (forest truck units) for timber transport owned by the company »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb, Forestry Administration Bjelovar. The basic data used for the analysis of forest truck units are: mileage (full, empty), total fuel consumption, number of working days (in operation, out of order, technically correct but out of operation), quantity of transported timber, number of turns, age and type of vehicles. The data analysis showed the fuel consumption according to several criteria, the utilization rate and technical validity of the forest truck units and the driving relation considering the full/empty ratio. Based on the results of the research, recommendations are made on the organizational solutions of the timber truck transport and guidelines are given for the technical improvement and modernization of forest trucks and trailers.

According to the analysis of forest truck units over the one year period, vehicles up to 10 years of age meet the technical requirements. As the age of the vehicles increases, the days of malfunctioned and repaired vehicles will increase significantly.

The average fuel consumption value of 54.3 L/100 km of all investigated vehicles is lower than the previous survey results, and the lower consumption of the newest forest truck units stands out. However, unit fuel consumption per volume of transported timber is higher than the results of previous research, even with the newest forest truck rallies. The reason for this may lie in the fact that older vehicles are not equipped with axle load measurement systems and are loaded with smaller timber volumes to meet legal criteria when transporting timber on public roads. Likewise, this information may indicate smaller proportions of full driving. The average percentage of full truck forest rallies of 51% is satisfactory, but better organizational solutions need to be found to increase the share of full truck rides. It would also reduce unit fuel consumption by the volume of timber transported.

Keywords: forest truck unit, fuel consumption, technical validity, utilization rate

Adrese autorâ – Authors' addresses:

Prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
e-pošta: susnjar@sumfak.hr
Marin Bačić, mag. ing. silv.*
e-pošta: mbacic1@sumfak.hr
Doc. dr. sc. Zdravko Pandur
e-pošta: pandur@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta
u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i
tehnologije
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
HRVATSKA

Tomislav Horvat, mag. ing. silv.
e-pošta: tome0106990@gmail.com
II. Ravnice 1A
10000 Zagreb
HRVATSKA

*Glavni autor – Corresponding
author

Primljeno (Received): 27. 9. 2019.

Prihvaćeno (Accepted): 14. 10. 2019.



Učinkovitost skidera Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim uvjetima primjenom sortimentne metode

Željko Zečić, Ivan Martinić, Dinko Vusić, Matija Bakarić,
Davorin Pečnjak, Matija Landekić

Nacrtak – Abstract

U radu je istraživao učinak skidera Timberjack 240 C pri privlačenju drvnih sortimenata u dovršnoj i napludnoj sječi. Terenska su istraživanja provedena na području Šumarije Okučani u odjelu 44a gospodarske jedinice Okučanska brda i na području Šumarije Nova Gradiška u odjelu 74a gospodarske jedinice Južni Psunj. Kod skidera Timberjack 240C u odjelu 44a tijekom 11 dana na radilištu je snimljeno 4406,12 minuta, što iznosi 400,56 minuta na dan odnosno 83,45 % propisanoga radnoga vremena od 480 minuta. Od ukupnoga snimljenoga vremena na efektivno vrijeme otpada 3300,02 minute ili 74,90 %, dok na opće vrijeme otpada 1106,10 minuta ili 25,10 %. Kod skidera Timberjack 240C u odjelu 74a tijekom 9 dana na radilištu je snimljeno 2641,57 minuta, što iznosi 293,51 minutu na dan, odnosno 61,15 % propisanoga radnoga vremena od 480 minuta. Od ukupnoga snimljenoga vremena na efektivno vrijeme otpada 2157,20 minuta ili 81,66 %, dok na opće vrijeme otpada 484,37 minuta ili 18,34 %. Dodatno vrijeme iznosi 16,09 % i 20,37 % efektivnoga vremena. Skider Timberjack 240C pripada skupini visoko učinkovitih strojeva na privlačenju drva, a posebno u oplodnim sječama primjenom poludeblovne i deblovnne metode. Za primjenu takva skidera potrebno je prethodno izraditi elaborat radilišta sa svim utjecajnim čimbenicima te neprestano nadzirati tijek rada. Privlačenjem drvnih sortimenata postižu se značajno manji učinci zbog prosječno manjega obujma tovara.

Ključne riječi: skider Timberjack 240 C, privlačenje drvnih sortimenata, proizvodnost, troškovi

1. Uvod – Introduction

Područje pridobivanja drva obuhvaća ljudsku djelatnost koja seže daleko u prošlost, a bavi se svrhovitom uporabom svih šumskih resursa, obnovljivih i neobnovljivih, ovisno o stupnju razvoja društva.

Pridobivanjem drva stvaraju se uvjeti za ostvarenje postavljenoga cilja gospodarenja u gospodarskim šumama odnosno omogućuje se obnova sastojina koja opet stvara uvjete za sječu. Osiguranje potrajnosti ekosustava osnovni je cilj gospodarenja šumama.

U gospodarenju šumama u Hrvatskoj se provode raznovrsne sječe. Svaka je sječa različita i zatijeva ekološki prihvatljivu tehnologiju odnosno metodu i način rada.

Početkom 60-ih godina u iskorištavanje šuma uvode se adaptirani velikoserijski poljoprivredni

traktori. Ugrađuju se jednobubanjaska i dvobubanjaska vitla te se drvo i sortimenti skupljaju i privlače iz ranije nepovoljnih i nedostupnih dijelova šuma u nepristupačnim terenskim i stanišnim uvjetima rada pa se značajno mijenjaju metode izrade stabala. Tako se, na primjer, klasični način izrade sortimenata u sječini sve uspješnije zamjenjuje izradom sortimenata na pomoćnim i glavnim stovarištima, odnosno na međustovarištima. Rezultati su takva rada veća iskorištenost kapaciteta šumskih strojeva, veća proizvodnost rada, ekonomičnost te naposljetku i humanizacija rada.

U radu se istražuje učinak skidera Timberjack 240 C (slika 1) pri privlačenju drvnih sortimenata u napludnom i dovršnom sijeku na području Uprave šuma podružnice Nova Gradiška.

Uporaba suvremenih motornih pila i šumarske mehanizacije (poljoprivrednih traktora, traktora

opremljenih vitlom, skidera, forvardera, harvestera i kamiona s hidrauličnom dizalicom) smanjila je broj djelatnika u pridobivanju drva i njihova naprezanja pri obavljanju radnih zadataka.



Slika 1. Skider Timberjack 240 C

Fig. 1 Skidder Timberjack 240 C

Krpan (1992) eksploataciju šuma dijeli na fazu sječe i izradbe te fazu transporta drva. Fazu transporta dijeli na skupljanje, privlačenje i daljinski transport te ih definira na sljedeći način. Skupljanje je pomicanje dijelova stabala ili cijelih stabala ljudskom, životinjskom ili mehaničkom snagom od panja do mjesta pripreme tovara. Pod privlačenjem on razumijeva pomicanje stabala ili dijelova stabala do pomoćnoga stovarišta. Daljinski transport odnosi se na pomicanje dijelova stabala ili stabala od pomoćnoga stovarišta do korisnika.

Uvođenjem mehanizacije nastoji se, prema Bojaninu (1971), povećati učinak, smanjiti broj radnika, svesti umor radnika na minimum te smanjiti troškove po jedinici proizvoda na najmanju mjeru.

Bojanin (1983) piše o proučavanju mehanizacije u eksploataciji šuma s dva aspekta: radno-tehnološkoga i ekonomskoga. Prema njemu tehničko rješenje ne mora uvijek biti i ekonomsko, najbolje. Pritom je bitno da se u određenim uvjetima s optimalnom tehnologijom za određeni stroj osigura najpovoljniji ekonomski trenutak. Međutim, teško je uvijek izabrati najpovoljniju tehnologiju i strojeve za šumarstvo s obzirom na široku lepezu ponude s različitim nabavnom cijenom i tehničkim svojstvima.

Matić (1983) ističe da za svaki stroj treba napraviti analizu njegova djelovanja na šumski ekosustav pri čemu bi odlučujuću riječ trebao imati šumar koji dobro poznaje ekološke, biološke i šumskouzgojne probleme. Stroj treba prilagoditi zahtjevima šume, a ne šumu pokušavati prilagođavati stroju.

Krpan (1990), s aspekta iskorištavanja šuma, dijeli šumsku površinu Hrvatske na tri zone, i to na zonu nizinskih šuma, zonu brdskih šuma središnjega i rubnoga gorja Panonske nizine te zonu brdskih i gorskih šuma Dinarida. Razredbu i razvrstavanje šumskih terena s obzirom na iskorištavanje šuma nužno je provesti zbog dobivanja željenih informacija za primjenu određenih strojeva i tehnologije pridobivanja drva.

Bojanin i Krpan (1997) pišu da se tijekom razvoja jednodobnih sastojina mijenjaju radni uvjeti, što uvjetuje vremensku promjenu tehnologije i sredstava za rad u iskorištavanju šuma. Također pišu da se kod prebornih šuma stabla sijeku iznad promjera sječive zrelosti, zbog čega se tijekom vremena ne mijenjaju tehnologija i sredstva za rad.

Sabo (2003) smatra da je potrebno izraditi radnu razredbu sastojina radi vrednovanja kakvoće obavljenih radova u iskorištavanju šuma. Tvrdi da, ako se ne obavi radna razredba, neće biti moguće unaprijediti sustav vrednovanja radova na pridobivanju drva, odnosno drugih radnih procesa u šumarstvu.

2. Materijal i metode – *Material and methods*

2.1 Područje istraživanja – *Research area*

Uprava šuma podružnica Nova Gradiška jedna je od 16 uprava šuma koje posluju u sklopu poduzeća Hrvatske šume d.o.o. U zemljopisnom pogledu zauzima područje srednjega posavskoga bazena sjeverno od rijeke Save i brdsko područje južnih ekspozicija od Lipovljana do istočne granice Brodsko-posavske županije te južne ekspozicije planine Psunja.

Šumarija Nova Gradiška smještena je u gradu Nova Gradiška. Prostire se na zapadu od ceste Ratkovac–Širinci, a istočno završava kod sela Gunjavci. Južna granica nalazi se na rijeci Savi, a sjeverna na najvišim vrhovima Psunja.

Površina Šumarije iznosi 13 327,11 ha. Drvna zaliha iznosi 2 853 941 m³, a prirast 93 398 m³ godišnje. Ukupni desetogodišnji etat iznosi 544 220 m³, od čega je etat glavnoga prihoda 304 082 m³ i prethodnoga 240 138 m³. Najrasprostranjenije su vrste obična bukva, hrast kitnjak i lužnjak.

Šumarija Okučani smještena je u naselju Okučani. Prostire se na istoku od ceste Ratkovac–Širinci, a zapadno završava kod sela Borovac. Južna granica nalazi se u naselju Okučani, a sjeverna kod sela Bijela Stijena i Gornji Rogolji.

Površina Šumarije iznosi 7236 ha. Drvna zaliha iznosi 1 957 970 m³, a prirast 82 843 m³ godišnje.

Ukupni desetogodišnji etat iznosi 480 902 m³, od čega etat glavnoga prihoda 284 107 m³ i prethodnoga 196 795 m³.

Istraživanje je rađeno u gospodarskim jedinicama Južni Psunj i Okučanska brda. GJ Južni Psunj sastoji se od 103 odjela, s prosječnom površinom od 63,99 ha. Površina gospodarske jedinice iznosi 6590,83 ha, od čega je 6410,72 ha obrasloga zemljišta, 31,08 ha neobrasloga proizvodnoga zemljišta, 96,76 ha neobrasloga neproizvodnoga zemljišta i 52,27 ha neplodnoga zemljišta. Drvna zaliha iznosi 1 764 160 m³, a prirast 37 846 m³. Etat glavnoga prihoda iznosi 197 116 m³, a etat prethodnoga prihoda 159 719 m³. GJ Okučanska brda sastoji se od 64 odjela, s prosječnom površinom od 52,09 ha. Površina gospodarske jedinice iznosi 3333,99 ha, od čega je 3075,45 ha obrasloga zemljišta, 196,10 ha neobrasloga proizvodnoga zemljišta, 36,63 ha neobrasloga neproizvodnoga zemljišta i 25,81 ha neplodnoga zemljišta. Drvna zaliha iznosi 760 263 m³, a prirast 21 451 m³. Etat glavnoga prihoda iznosi 133 933 m³, a etat prethodnoga prihoda 69 814 m³.

2.2 Metode istraživanja – *Research methods*

Pri studiju se rada i vremena u pridobivanju drva podaci utroška vremena snimaju mehaničkim ili digitalnim kronometrom. U iskorištavanju se šuma primjenjuje najčešće povratna i protočna metoda kronometrije. Obje imaju prednosti i nedostatke. U praksi se zbog određenih prednosti primjenjuje povratna metoda. Taboršak (1987) preporučuje povratnu metodu te navodi njezine prednosti i nedostatke. Prednosti su izravno mjerenje trajanja pojedinih radnih sastavnica i prekida koji se izravno mjere i upisuju u opažački list bez naknadnih računanja. Odmah se vide nepravilnosti u radu ili opravdani prekidi u radu. Ako se snimanje prekine iz bilo kojih razloga, može se nastaviti. Moguće je očitovanje veoma kratkih zahvata. Nedostaci su dugo uvježbavanje snimača, kronometar posebne konstrukcije, gubici zbog vraćanja kazaljke u početni položaj, velika koncentracija snimača. Barnes (1964) daje prednost povratnoj metodi pred protočnom zbog toga što se utrošeno vrijeme pojedinoga radnoga zahvata može odmah pročitati na opažačkom listu te snimatelj i analitičar mogu bolje uočiti razlike za svaki radni zahvat.

Iz navedenih je razloga za mjerenje vremena trajanja pojedinih radnih zahvata u ovim istraživanjima primijenjena povratna metoda kronometrije.

Snimanje rada na terenu obavljali su šumarski inženjeri i pomoćni radnici koji su posebno pripremljeni za tu svrhu. Prije početka snimanja snima-

telji su dobro upoznati s radilištem i tehnologijom rada kako bi na vrijeme uočili i snimili svaki ciklični i povremeni rad te da svaki prekid svrstaju u pripadajuću kategoriju. Koncentracija i uvježbanost snimatelja vrlo su važni pri prikupljanju podataka (Taboršak 1987). Za mjerenje utroška vremena povratnom metodom kronometrije nabavljena je oprema koju čine snimačka daska, kronometar, ručni sat, opažački listovi, mjerni lanac te pribor za pisanje. Kronometar za snimanje je tipa Heuer s podjelom na 1/100 min uz preciznost očitavanja od 0,01 min prilagođen za rad povratnom metodom snimanja. Ručni se sat koristi samo za mjerenje kontrolnoga vremena. U svakom su turnusu utvrđene dimenzije trupaca u tovaru. Za mjerenje srednjega promjera obloga drva koristili smo se drvenom promjerkom s točnošću očitavanja na jedan centimetar. Duljinu sortimenta mjerili smo mjernom letvom (špicmetrom) s točnošću mjerenja na jedan decimetar. Mjerenje udaljenosti vožnje praznoga i opterećenoga traktora po vlaci i pomoćnom stovarištu utvrdili smo pomoću desetmetarske obilježbe vlaka i procjene duljine između točaka obilježbe. Udaljenosti vožnje opterećenoga i neopterećenoga traktora od mjesta formiranja tovara u sječini do vlaka i obratno izmjerene su mjernom vrpcom dužine 50 metara.

Snimljena su vremena obrađena prema raspodjeli vremena na efektivno i opće vrijeme. Efektivno vrijeme (cikličko, operativno vrijeme ili čisto vrijeme rada) javlja se u svakom ciklusu i troši za izvršenje radnoga naloga. Dio efektivnoga vremena obrađuje se kao fiksno, a dio vremena kao varijabilno vrijeme (Bojanin 1980). Fiksno se vrijeme odnosi na efektivno vrijeme utrošeno za rad u sječini i na pomoćnom stovarištu i ne ovisi o udaljenosti privlačenja ili udaljenosti izvlačenja užeta ili privitlavanja. U varijabilno se vrijeme ubraja vožnja opterećenoga i neopterećenoga traktora. Opće vrijeme obuhvaća sve prekide, povremene radove i pripremno-završno vrijeme. Vrijeme prekida dijeli se na opravdane i neopravdane prekide.

2.3 Organizacija radilišta – *Organization of work site*

Organizacija radilišta obuhvaća sve bitne elemente koji izravno ili neizravno utječu na proizvodnju i izvršenje radnih zadataka. Planiranje radne snage i potrebne mehanizacije ubraja se u najvažnije sastavnice organizacije radilišta, a planira se na temelju potrebnih norma dana. Pozornost treba posvetiti zadanim rokovima za izvršenje zadataka jer njihovo neispunjavanje dovodi do upitnoga provođenja godišnjega plana proizvodnje.

Priprema se rada prema Vili (1962) dijeli na tehničku, tehnološku i operativnu. Krivec ju (1973) dijeleli na uredsku pripremu, terensku pripremu i pripremu radilišta.

Kvalitetna priprema rada stavlja pred nas ove ciljeve:

- ⇒ kvalitetno planiranje i provođenje propisa gospodarskih jedinica
- ⇒ najkvalitetnije zadovoljenje ciljeva u uzgoju, zaštiti i iskorištavanju šuma
- ⇒ obrazovanje kadrova
- ⇒ planiranje tehnologije i metode rada
- ⇒ planiranje kapaciteta
- ⇒ planiranje zaštite na radu
- ⇒ informatičku obradu podataka.

U pripremi radilišta razlikuje se uredska i terenska priprema rada. Uredska priprema obuhvaća proučavanje uređajnih podataka, izradu plana sječa (ŠP-1), pripremu karata i definiranje radilišta. Terenska se priprema sastoji od rekognosciranja terena, vođenja radne skice, ucrtavanja uzgojnih radova, obilježavanja radničkih sječnih linija, trasiranja traktorskih putova, kategorizacije terena za privlačenje i iznošenje drva, kategorizacije terena za izgradnju traktorskih putova, uređivanje pomoćnih stovarišta i doznaka stabala za sječu.

Nakon obavljene uredske i terenske pripreme rada izrađuje se elaborat radilišta koji sadrži ove sastavnice:

- ⇒ opis radilišta
- ⇒ ciljeve gospodarenja
- ⇒ uzgojne radove

⇒ sječu i izradu

⇒ privlačenje ili iznošenje

⇒ prijevoz

⇒ prometnice

⇒ zaštita na radu.

U istraživanim sječinama primijenjena je sortimentna metoda sječe i izradbe hrasta kitnjaka i bukve, a privlačenje se obavljalo zglobnim traktorom Timberjack 240C do pomoćnoga stovarišta.

3. Rezultati i rasprava *Results and discussion*

Stabla su se sjekla u jesenskom razdoblju mirovanja vegetacije na radilištu Južni Psunj. Sječa u odjelu 44a, radilište Okučanska brda, obavljala se zimi. U tablici 1 prikazana je struktura drvnoga obujma koji je privukao skider Timberjack 240 C na radilištima Južni Psunj i Okučanska brda.

Na radilištu Okučanska brda snimanjem je obuhvaćen 131 turnus s 890 komada obloga drva, ukupnoga obujma 344,64 m³. Ukupna duljina komada iznosila je 3507,5 metara. Srednji je obujam tovara 2,63 m³, dok je najmanji 1,42 m³, a najveći 5,28 m³. Srednji je promjer komada 35,1 cm, najmanji 14 cm, a najveći 78 cm, dok je srednji obujam posječenih komada 0,39 m³. Srednja je duljina komada 3,9 metara, najmanja 1,8 metara, a najveća 8,5 metara.

Na radilištu Južni Psunj snimanjem je obuhvaćeno 38 turnusa s 283 komada obloga drva, ukupnoga obujma 123,88 m³. Ukupna duljina komada iznosila je 3020,7 metara. Srednji je obujam tovara 3,26 m³, dok je najmanji 1,22 m³, a najveći 5,13 m³. Srednji je

Tablica 1. Struktura drva privučena skiderom Timberjack 240 C na radilištima

Table 1 Timber extraction structure in sub-compartments

Šumarija – Forest office	Okučani			Nova Gradiška		
Gospodarska jedinica – Management unit	Okučanska brda			Južni Psunj		
Odjel, odsjek – Subcompartment	44a			74a		
	*	x	**	*	x	**
Ukupno privučen drv.obujam, m ³ – Total skided timber volume, m ³		344,64			123,88	
Ukupno privučen broj komada – Total skided number of pieces		890			283	
Ukupna duljina komada, m – Total length of pieces, m		3507,5			3020,7	
Ukupan broj turnusa – Total number of cycles		131			38	
Srednji obujam tovara, m ³ – Mean load volume, m ³	1,42	2,63	5,28	1,22	3,26	5,13
Prosječni broj komada u tovaru – Average number of pieces in load	3	6,79	10	2,0	7,4	10,0
Srednja duljina komada, m – Mean piece length, m	1,8	3,9	8,5	3,1	10,7	20,2
Srednji obujam komada, m ³ – Mean piece volume, m ³	0,054	0,387	2,176	0,03	0,44	3,17
Srednji promjer komada, cm – Mean piece diameter, cm	14	35,1	78	7	21	58

*-x-** (* – najmanja vrijednost, x – ukupno sredina, ** – najveća vrijednost) – * Minimal value, x Total or mean value, ** Maximal value

promjer komada 21 cm, najmanji 7 cm, a najveći 58 cm, dok je srednji obujam posječenih komada 0,44 m³. Srednja je duljina komada 10,7 metara, najmanja 3,1 metar, a najveća 20,2 metra.

U istraživanju učinkovitosti privlačenja drva deblovnim metodom skiderom Timberjack 240C Kr-

pan i Zečić (2001) u dovršnom sijeku (sječna gustoća 95,93 m³/ha; prosječni obujam posječenoga stabla 4,16 m³) i u pripremnom sijeku (sječna gustoća 54,04 m³/ha; prosječni obujam posječenoga stabla 1,94 m³) utvrđuju srednji obujam tovara od 4,24 m³ u dovršnom i 6,31 m³ u pripremnom sijeku.

Tablica 2. Struktura ukupno utrošena vremena skidera Timberjack 240 C s dvobubanjским vitlom na radilištima Okučanska brda i Južni Psunj

Table 2 Time structure of skidder Timberjack 240 C in sub-subcompartments »Okučanska brda« and »Južni Psunj«

Vrsta aktivnosti – Type of activity	Okučanska brda, 44a			Južni Psunj, 74a		
	Utrošak vremena – Time consumption			Utrošak vremena – Time consumption		
	Ukupno Total	Postotni udio prema Percentage of		Ukupno Total	Postotni udio prema Percentage of	
		ukupnom vremenu total time	efektivnom vremenu effective time		ukupnom vremenu total time	efektivnom vremenu effective time
		min	%		min	%
1. Vožnja neopterećenoga skidera – Travel time unloaded	407,29	9,24	12,34	633,28	23,97	29,36
2. Rad opterećenoga skidera – Loaded work	553,41	12,56	16,77	685,08	25,93	31,76
2.1 Vožnja opterećenoga skidera – Loaded driving	533,82	12,12	16,18	676,16	25,60	31,34
2.2 Privitlanje na traktorskom putu – Winching on skid trail	19,59	0,44	0,59	8,92	0,34	0,41
3. Rad na sječini – Work at felling site	1601,63	36,35	48,53	526,47	19,93	24,41
3.1 Zauzimanje položaja – Taking a position	126,45	2,87	3,83	37,77	1,43	1,75
3.2 Izvlačenje užeta – Pulling the choker	175,26	3,98	5,31	103,42	3,92	4,79
3.2.1 Desni bubanj – Right drum	87,50	1,99	2,65	47,80	1,81	2,22
3.2.2 Lijevi bubanj – Left drum	87,76	1,99	2,66	55,62	2,11	2,58
3.3 Vežanje tovara – Choker setting	1027,24	23,31	31,13	206,95	7,83	9,59
3.3.1 Desni bubanj – Right drum	498,53	11,31	15,11	104,34	3,95	4,84
3.3.2 Lijevi bubanj – Left drum	528,71	12,00	16,02	102,61	3,88	4,76
3.4 Privitlanje – Winching	161,13	3,66	4,88	122,28	4,63	5,67
3.4.1 Desni bubanj – Right drum	81,66	1,85	2,47	56,91	2,15	2,64
3.4.2 Lijevi bubanj – Left drum	79,47	1,80	2,41	65,37	2,47	3,03
3.5 Ispravljanje tovara – Correction of load	30,91	0,70	0,94	54,84	2,08	2,54
3.6 Silaženje i penjanje – Moving uphill and downhill	80,64	1,83	2,44	1,21	0,05	0,06
4. Rad na pomoćnom stovarištu – Work at landing	737,69	16,74	22,35	312,37	11,83	14,48
4.1 Vožnja opterećenoga skidera – Loaded travel	79,70	1,81	2,42	60,16	2,28	2,79
4.2 Privitlanje i premještanje skidera – Winching and tractor repositioning	17,83	0,40	0,54	3,18	0,12	0,15
4.3 Silaženje i penjanje – Moving up and down	72,02	1,63	2,18	0,36	0,01	0,02
4.4 Odvezivanje tovara – Unhooking the load	248,72	5,64	7,54	95,70	3,62	4,44
4.5 Izvlačenje užeta ispod tovara – Pulling the choker under the load	32,82	0,74	0,99	0,40	0,02	0,02
4.6 Uređenje složaja – Arrangement of compound	162,23	3,68	4,92	88,09	3,33	4,08
4.7 Okretanje neopterećenoga skidera – Turning unloaded skidder	52,75	1,20	1,60	21,98	0,83	1,02
4.8 Vožnja neopterećenoga skidera – Unloaded travel	71,62	1,63	2,17	42,50	1,61	1,97
5. Efektivno vrijeme – Effective time	3300,02	74,90	100,00	2157,20	81,66	100,00
6. Opća vremena – General time	1106,10	25,10		484,37	18,34	
7. Ukupno vrijeme – Total time	4406,12	100,00		2641,57	100,00	
8. Ukupno privučeni drveni obujam, m ³ – Total skidded timber volume, m ³	344,64			123,88		
9. Efektivno vrijeme po jedinici, min/m ³ – Effective time, min/m ³	9,58			17,41		
10. Ukupno vrijeme po jedinici, min/m ³ – Total time, min/m ³	12,78			21,32		
11. Ostvareni dnevni učinak, m ³ /dan – Total daily output, m ³ /day	31,33			13,76		

U tablici 2 prikazano je ukupno utrošeno vrijeme skidera Timberjack 240 C, na dva odvojena radilišta, s relativnim udjelom pojedinoga vremena prema efektivnomu i ukupnomu vremenu.

Snimanje rada skidera na radilištu Okučanska brda trajalo je 11 radnih dana i snimljen je 131 turnus te je ostvaren dnevni učinak od 31,33 m³/dan pri prosječnoj udaljenosti od 254 m. Ukupno je snimano 4406,12 minuta rada. U tablici 2 prikazano je efektivno vrijeme u odnosu na ukupno vrijeme koje iznosi 74,90 %. Opće vrijeme iznosi 25,10 % ukupnoga vremena. Zečić i dr. (2004) pri istraživanju privlačenja deblovnim metodom u dovršnom sijeku mješovite bukove sastojine utvrđuju srednji obujam tovara od 4,24 m³. U prebornoj sječi isti skider postiže u sortimentnoj metodi srednji obujam tovara od 4,63 m³ (Zević i dr. 2010), a u čistoj sječi euroameričke topole deblovnim metodom postiže srednji obujam tovara od čak 8,63 m³ (Zević i dr. 2011).

Vrijeme kretanja neopterećenoga skidera iznosi 407,29 minuta ili 12,34 % efektivnoga vremena, odnosno 9,24 % ukupnoga vremena za prosječno ostvarenu udaljenost od 259 m. Rad opterećenoga skidera iznosi 553,41 minutu, od čega na vožnju opterećenoga skidera otpada 533,82 minute ili 92,74 %, a na privitlavanje pri vuči na traktorskom putu 19,59 minuta ili 7,12 % ukupnoga vremena rada opterećenoga traktora.

Zauzimanje položaja u sječini oduzima 126,45 minuta, odnosno 2,87 % ukupnoga vremena ili 3,83 % efektivnoga vremena. Izvlačenje užeta iznosi 175,26 minuta, od čega na desni bubanj otpada 87,50 minuta ili 1,99 %, a na lijevi bubanj 87,76 minuta ili 1,99 % ukupnoga vremena izvlačenja užeta. Vežanje tovara u sječini oduzima 1027,24 minute odnosno 23,31 % ukupnoga i 31,13 % efektivnoga vremena. Vidimo da vežanje tovara za lijevi bubanj iznosi 528,71 minutu, što je 12,00 % ukupnoga vremena i 16,02 % efektivnoga vremena, dok vežanje tovara za desni bubanj iznosi 498,53 minute ili 11,31 % ukupnoga vremena, odnosno 15,11 % efektivnoga vremena. Vrijeme je privitlavanja desnoga bubnja 81,66 minuta, što je 1,85 % ukupnoga vremena i 2,47 % efektivnoga vremena, dok je vrijeme privitlavanja lijevoga bubnja 79,47 minuta odnosno 1,80 % ukupnoga vremena ili 2,41 % efektivnoga vremena. Ispravljanje tovara iznosi 30,91 minutu ili 0,70 % ukupnoga vremena i 0,94 % efektivnoga vremena. Silaženje i penjanje traje 80,64 minute, što iznosi 1,83 % ukupnoga vremena i 2,44 % efektivnoga vremena. Rad na pomoćnom stovarištu iznosi 737,69 minuta ili 16,74 % ukupnoga vremena i 22,35 % efektivnoga vremena. Pomoćno se stovarište protezalo i preko 100 metara

(maksimalna udaljenost do 300 m). Vožnja opterećenoga traktora trajala je 79,70 minuta, što je 1,81 % ukupnoga vremena i 2,42 % efektivnoga vremena za prosječnu udaljenost od 46 m. Premještanje traktora i privitlavanje trajalo je 17,83 minute, što iznosi 0,40 % ukupnoga vremena ili 0,54 % efektivnoga vremena. Silaženje i penjanje traktorista sa skidera bilo je minimalno i iznosilo je 72,02 minute, odnosno 1,63 % ukupnoga vremena i 2,18 % efektivnoga vremena. Odvezivanje tovara i izvlačenje užeta ispod tovara radio je radnik preuzimač na pomoćnom stovarištu. Trajanje odvezivanja tovara iznosilo je 248,72 minute, odnosno 5,64 % ukupnoga vremena ili 7,54 % efektivnoga vremena. Izvlačenje užeta ispod tovara bilo je minimalno i iznosilo je 32,82 minute, odnosno 0,74 % ukupnoga vremena i 0,99 % efektivnoga vremena. S obzirom na to da je pomoćno stovarište bilo dugačko do 300 m, uređenje složaja iznosi 162,23 minute ili 3,68 % ukupnoga vremena i 4,92 % efektivnoga vremena. Okretanje neopterećenoga skidera bilo je 52,75 minuta, odnosno 1,20 % ukupnoga vremena i 1,60 % efektivnoga vremena. Vožnja neopterećenoga skidera iznosi 71,62 minute, što je 1,63 % ukupnoga vremena, odnosno 2,17 % efektivnoga vremena za prosječnu udaljenost od 39 m.

Snimanje rada skidera na radilištu Južni Psunj trajalo je 9 radnih dana i snimljeno je 38 turnusa te je ostvaren dnevni učinak od 13,76 m³/dan. Ukupno je snimljeno 2641,57 minuta rada. U tablici 2 prikazano je efektivno vrijeme u odnosu na ukupno vrijeme koje iznosi 81,66 %. Opće vrijeme iznosi 18,34 % ukupnoga vremena. Efektivno vrijeme po jedinici iznosi 17,41 min/m³, a ukupno vrijeme 21,32 min/m³.

Vrijeme kretanja neopterećenoga skidera iznosi 633,28 minuta ili 29,36 % efektivnoga vremena, odnosno 23,97 % ukupnoga vremena za prosječnu udaljenost od 1040 m. Rad opterećenoga skidera iznosi 685,08 minuta, od čega na vožnju opterećenoga skidera otpada 676,16 minuta ili 25,60 %, a na privitlavanje pri vuči na traktorskom putu 8,92 minute ili 0,34 % ukupnoga vremena rada opterećenoga skidera za prosječnu udaljenost od 1089 m.

Zauzimanje položaja u sječini oduzima 37,77 minuta, odnosno 1,43 % ukupnoga vremena ili 1,75 % efektivnoga vremena. Izvlačenje užeta iznosi 103,42 minute, od čega na desni bubanj otpada 47,80 minuta ili 1,81 %, a na lijevi bubanj 55,62 minute ili 2,11 % ukupnoga vremena izvlačenja užeta. Vežanje tovara u sječini oduzima 206,95 minuta, odnosno 7,83 % ukupnoga vremena od svih radova u sječini. Vidimo da vežanje tovara za lijevi bubanj iznosi 102,61 minutu, što je 3,88 % ukupnoga vremena i 4,76 %

efektivnoga vremena, dok vezanje tovara za desni bubanj iznosi 104,34 minute ili 3,95 % ukupnoga vremena, odnosno 4,84 % efektivnoga vremena. Vrijeme je privitlavanja desnoga bubnja 56,91 minutu, što je 2,15 % ukupnoga vremena i 2,64 % efektivnoga vremena, dok je vrijeme privitlavanja lijevoga 65,37 minuta, odnosno 2,47 % ukupnoga vremena ili 3,03 % efektivnoga vremena. Ispravljanje tovara iznosi 54,84 minute ili 2,08 % ukupnoga vremena i 2,54 % efektivnoga vremena. Silaženje i penjanje iznosi 1,21 minutu, što je 0,05 % ukupnoga vremena i 0,06 % efektivnoga vremena. Rad na pomoćnom stovarištu iznosi 312,37 minuta ili 11,83 % ukupnoga vremena i 14,48 % efektivnoga vremena. Pomoćno se stovarište protezalo i preko 100 metara (maksimalna udaljenost 300 m). Vožnja opterećenoga skidera trajala je 60,16 minuta, što je 2,28 % ukupnoga vremena i 2,79 % efektivnoga vremena pri srednjoj udaljenosti od 139 m. Premještanje skidera i privitlavanje trajalo je 3,18 minuta, što iznosi 0,12 % ukupnoga vremena ili 0,15 % efektivnoga vremena. Silaženje i penjanje traktorista sa skidera bilo je minimalno i iznosilo je 0,36 minuta, odnosno 0,01 % ukupnoga vremena i 0,02 % efektivnoga vremena. Odvezivanje tovara i izvlačenje užeta ispod tovara radio je sâm traktorist ili pomoćni radnik na pomoćnom stovarištu. Trajanje odvezivanja tovara iznosilo je 95,70 minuta, odnosno 3,62 % ukupnoga vremena ili 4,44 % efektivnoga vremena. Izvlačenje užeta ispod tovara bilo je minimalno i iznosi 0,40 minuta, odnosno 0,02 % ukupnoga vremena i 0,02 % efektivnoga vremena. S obzirom na to da se pomoćno stovarište protezalo do 300 metara, uređenje složaja iznosi 88,09 minuta ili 3,33 % ukupnoga vremena i 4,08 % efektivnoga vremena. Okretanje neopterećenoga traktora trajalo je 21,98 minuta, odnosno 0,83 % ukupnoga vremena i 1,02 % efektivnoga vremena. Vožnja neopterećenoga skidera iznosi 42,50 minuta, što je 1,61 % ukupnoga vremena, odnosno 1,97 % efektivnoga vremena.

Struktura je općega vremena rada skidera Timberjack 240C na ta dva odvojena radilišta prikazana u tablici 3.

Opće vrijeme na radilištu Okučanska brda iznosi 1106,10 minuta ili 25,10 % ukupnoga vremena. Na pripremno-završno vrijeme otpada 232,90 minuta, odnosno 21,06 % općega vremena. Pripremno vrijeme čini vrijeme utrošeno za nalijevanje goriva, pokretanje traktora, zagrijavanje i rad u mjestu, ozračivanje hidrauličke i kontrolu ulja. U završno vrijeme skidera ubraja se vrijeme utrošeno za parkiranje skidera, dnevni pregled sklopova skidera i vitla na kraju radnoga dana, zaključavanje skidera, pospre-

manje stvari u kombi i čekanje radnika sjekača za odlazak s radilišta.

Tablica 3. Struktura općega vremena skidera Timberjack 240C
Table 3 Time structure of skidder Timberjack 240 C

Vrsta prekida Kind of interruption	Okučanska brda, 44a		Južni Psunj, 74a	
	Utrošak vremena Time consumption		Utrošak vremena Time consumption	
	min	%	min	%
Pripremno-završno vrijeme Preparatory final time	232,90	21,06	9,15	1,89
Prekid za objed – Lunch break	310,74	28,09	210,00	43,36
Odmori i predasi Rests and breaks	72,65	6,57	42,81	8,84
Ostali opravdani prekidi Other justified breaks	415,57	37,57	216,45	44,69
Neopravdani prekidi Unjustified breaks	74,24	6,71	5,96	1,23
Opće vrijeme – ukupno General time in total	1106,10	100,00	484,37	100,00

Opće vrijeme na radilištu Južni Psunj iznosi 484,37 minuta ili 18,34 % ukupnoga vremena. Na pripremno-završno vrijeme otpada 9,15 minuta, odnosno 1,89 % općega vremena, što nije značajna količina dnevnoga radnoga vremena. Pripremno vrijeme čini vrijeme utrošeno za nalijevanje goriva, pokretanje skidera, zagrijavanje i rad u mjestu, ozračivanje hidrauličke i kontrolu ulja. U završno vrijeme skidera ubraja se vrijeme utrošeno za parkiranje skidera na kraju radnoga dana, zaključavanje skidera, pospremanje stvari u kombi i čekanje radnika sjekača za odlazak s radilišta.

U tablici 4 prikazana je struktura dodatnoga vremena skidera Timberjack 240C na radilištima Okučanska brda i Južni Psunj. Na radilištu Okučanska brda dodatno vrijeme iznosi 530,89 minuta ili 16,09 % efektivnoga vremena. Prekid za jelo traje 243,63 minute, odnosno 45,89 % dodatnoga vremena. Odmor iznosi 65,82 minute ili 12,40 % efektivnoga vremena. Ostali opravdani prekidi iznose 42,46 minuta ili 8,00 % dodatnoga vremena. Pripremno-završno vrijeme iznosi 178,98 minuta, što je 33,71 % dodatnoga vremena.

Na radilištu Južni Psunj dodatno vrijeme iznosi 439,47 minuta ili 20,37 % efektivnoga vremena. Prekid za jelo traje 165,10 minuta, odnosno 37,57 % dodatnoga vremena. Odmor iznosi 42,81 minutu ili 9,74 % efektivnoga vremena. Ostali opravdani prekidi iznose 216,45 minuta ili 49,25 % dodatnoga vremena. Najmanji iznos vremena ima pripremno-završno vrijeme i iznosi 9,15 minuta, što je 2,08 % dodatnoga vremena.

Tablica 4. Dodatno vrijeme traktora Timberjack 240 C**Table 4** Allowance time of skidder Timberjack 240 C

VP	Okučanska brda 44a		Južni Psunj, 74a	
	UV		UV	
	min	%	min	%
PZV	178,98	33,71	9,15	2,08
Po	243,63	45,89	165,10	37,57
op	65,82	12,40	42,81	9,74
OOP	42,46	8,00	216,45	49,25
DVu	530,89	100,00	439,47	100,00
EV	3300,02		2157,20	
DV	530,89	16,09	439,47	20,37
FDV	1,16		1,20	

VP – Vrsta prekida – *Kind of break*UV – Utrošak vremena – *Time consumption*PZV – Pripremno-završno vrijeme – *Preparatory final time*Po – Prekid za objed – *Lunch break*op – Odmori i predasi – *Rests and breaks*OOP – Ostali opravdani prekidi – *Other justified breaks*DVu – Dodatno vrijeme ukupno – *Total allowance time*EV – Efektivno vrijeme – *Effective time*DV – Dodatno vrijeme – *Allowance time*FDV – Faktor dodatnoga vremena – *Additional time factor*

Za skider Ecotrac 120V u brdskim uvjetima središnje Hrvatske, prema Horvatu i dr. (2007), faktor dodatnoga vremena iznosi 1,34, a u gorskim uvjetima prebornih šuma 1,18. Na osnovi tih podataka zaključuje se da dodatno vrijeme ne ovisi toliko o sastojinskim i eksploatacijskim čimbenicima koliko o organizaciji i nadzoru izvođenja radova pri privlačenju drva.

Norma vremena i dnevni učinak skidera Timberjack 240 C s dvobubanjnim vitlom Adler HY 16 na radilištu Okučanska brda pri privlačenju drva primjenom sortimentne metode prikazani su u tablici 5. Neopterećeni skider za kretanje po vlaci i sječini trošio je od 1,22 minute na 100 metara do 11,70 minuta na 1000 metara, dok je opterećeni skider za istu udaljenosti trošio 1,79 minuta, odnosno 15,54 minute. Kretanje po pomoćnom stovarištu uzeto je za 100 metara te je iznosilo 1,08 minuta za neopterećeni skider i 1,47 minuta za opterećeni skider. Zbroj fiksnoga vremena iznosi 16,71 minutu. Efektivno se vrijeme kreće od 22,27 minuta za udaljenost od 100 metara do 46,51 minutu za udaljenost privlačenja od 1000 metara. Dodatno se vrijeme

Tablica 5. Norma vremena i dnevni učinak skidera Timberjack 240 C pri privlačenju drvnih sortimenata na radilištu Okučanska brda**Table 5** Norm of time and daily output of skidder Timberjack 240 C in timber extraction in management unit Okučanska brda

Udaljenost Distance	VS		PS		SVv	RS	RPS	SUI	EV	DV 32,81 %	UVt	NV	DU
	NT	OT	NT	OT									
m	min											min/m³	m³/dan
100	1,22	1,79	1,08	1,47	5,56	12,23	4,48	16,71	22,27	3,58	25,86	9,83	48,83
150	1,82	2,58	1,08	1,47	6,95	12,23	4,48	16,71	23,66	3,81	27,47	10,44	45,96
200	2,41	3,37	1,08	1,47	8,33	12,23	4,48	16,71	25,04	4,03	29,07	11,05	43,43
250	3,00	4,15	1,08	1,47	9,70	12,23	4,48	16,71	26,41	4,25	30,66	11,66	41,18
300	3,59	4,92	1,08	1,47	11,06	12,23	4,48	16,71	27,77	4,47	32,24	12,26	39,15
350	4,18	5,69	1,08	1,47	12,42	12,23	4,48	16,71	29,13	4,69	33,82	12,86	37,33
400	4,76	6,46	1,08	1,47	13,78	12,23	4,48	16,71	30,49	4,91	35,39	13,46	35,67
450	5,35	7,23	1,08	1,47	15,13	12,23	4,48	16,71	31,84	5,12	36,96	14,05	34,16
500	5,93	7,99	1,08	1,47	16,47	12,23	4,48	16,71	33,18	5,34	38,52	14,65	32,77
550	6,51	8,76	1,08	1,47	17,82	12,23	4,48	16,71	34,53	5,56	40,08	15,24	31,50
600	7,09	9,52	1,08	1,47	19,16	12,23	4,48	16,71	35,87	5,77	41,64	15,83	30,32
650	7,67	10,27	1,08	1,47	20,49	12,23	4,48	16,71	37,20	5,99	43,19	16,42	29,23
700	8,25	11,03	1,08	1,47	21,83	12,23	4,48	16,71	38,54	6,20	44,74	17,01	28,22
750	8,83	11,79	1,08	1,47	23,16	12,23	4,48	16,71	39,87	6,42	46,29	17,60	27,27
800	9,40	12,54	1,08	1,47	24,49	12,23	4,48	16,71	41,20	6,63	47,83	18,19	26,39
850	9,98	13,29	1,08	1,47	25,82	12,23	4,48	16,71	42,53	6,84	49,37	18,77	25,57
900	10,55	14,04	1,08	1,47	27,15	12,23	4,48	16,71	43,86	7,06	50,92	19,36	24,79
950	11,13	14,79	1,08	1,47	28,47	12,23	4,48	16,71	45,18	7,27	52,45	19,94	24,07
1000	11,70	15,54	1,08	1,47	29,80	12,23	4,48	16,71	46,51	7,48	53,99	20,53	23,38

VS – Vlaka i sječina – *Felling site*PS – Pomoćno stovarište – *Landing*NT – Neopterećeni skider – *Unloaded skidder*OT – Opterećeni skider – *Loaded skidder*SVv – Zbroj varijabilnih vremena – *Sum of variable times*RS – Rad na sječini – *Work in felling*RPS – Rad na pomoćnom stovarištu – *Work on landing*SUI – Zbroj utovara i istovara – *Sum of loading and discharging*EV – Efektivno vrijeme turnusa – *Effective time*DV – Dodatno vrijeme (iznosi 32,18 %) – *Allowance time (32.18 %)*UVt – Ukupno vrijeme po turnusu – *Cycle time*NV – Norma vremena – *Standard time*DU – Dnevni učinak – *Daily output*

kretalo od 3,58 minuta za udaljenost od 100 metara do 7,48 minuta za udaljenost od 1000 metara. Ukupno vrijeme turnusa kreće se od 25,86 minuta za udaljenost privlačenja od 100 metara pa do 53,99 minuta na udaljenosti od 1000 metara. Dnevni je učinak bio najveći na udaljenosti od 100 metara i iznosio je 48,83 m³/dan te je opadao s povećanjem udaljenosti privlačenja pa je na 1000 metara iznosio samo 23,38 m³/dan.

U tablici 6 prikazan je dnevni učinak i troškovi skidera Timberjack 240C po jedinici proizvoda (1 m³). Podaci iz tablice pokazuju da je dnevni učinak skidera Timberjack 240C kod udaljenosti privlačenja od 100 metara 48,83 m³/dan, što daje trošak od 50,59 kn/m³. S povećanjem udaljenosti privlačenja učinak skidera opada, a trošak raste, tako da je kod udaljenosti od 1000 metara učinak 23,38 m³/dan, a trošak 105,64 kn/m³.

Tablica 6. Dnevni učinak i troškovi skidera Timberjack 240C po jedinici proizvoda (1 m³) na radilištu Okučanska brda

Table 6 Daily output and costs of skidder Timberjack 240 C per m³ of timber in management unit Okučanska brda

Udaljenost Distance	Dnevni učinak Daily output	Trošak – Cost	
m	m ³ /dan	kn/dan	kn/m ³
100	48,83	2470	50,59
150	45,96	2470	53,74
200	43,43	2470	56,88
250	41,18	2470	59,99
300	39,15	2470	63,09
350	37,33	2470	66,17
400	35,67	2470	69,25
450	34,16	2470	72,31
500	32,77	2470	75,37
550	31,50	2470	78,42
600	30,32	2470	81,47
650	29,23	2470	84,50
700	28,22	2470	87,54
750	27,27	2470	90,56
800	26,39	2470	93,59
850	25,57	2470	96,61
900	24,79	2470	99,62
950	24,07	2470	102,63
1000	23,38	2470	105,64

U tablici 7 prikazan je dnevni učinak i troškovi skidera Timberjack 240 C s dvobubanjnim vitlom Adler HY16 po jedinici proizvoda (1 m³).

Podaci iz tablice govore da je dnevni učinak traktora Timberjack 240 C, kod udaljenosti privlačenja od 100 metara, 41,10 m³/dan, što daje trošak od 60,10 kn/m³. S povećanjem udaljenosti privlačenja učinak traktora opada, a trošak raste, tako da je kod udaljenosti od 1000 metara učinak 23,84 m³/dan, a trošak od 103,62 kn/m³.

Tablica 7. Dnevni učinak i troškovi skidera Timberjack 240 C po jedinici proizvoda (1 m³) na radilištu Južni Psunj

Table 7 Daily output and costs of skidder Timberjack 240 C per m³ of timber in management unit Južni Psunj

Udaljenost Distance	Dnevni učinak Daily output	Trošak – Cost	
m	m ³ /dan	kn/dan	kn/m ³
100	41,10	2470	60,10
150	38,29	2470	64,51
200	36,19	2470	68,26
250	34,51	2470	71,58
300	33,11	2470	74,59
350	31,92	2470	77,37
400	30,89	2470	79,97
450	29,97	2470	82,42
500	29,15	2470	84,73
550	28,41	2470	86,95
600	27,73	2470	89,06
650	27,11	2470	91,09
700	26,54	2470	93,05
750	26,01	2470	94,95
800	25,52	2470	96,78
850	25,06	2470	98,56
900	24,63	2470	100,29
950	24,22	2470	101,98
1000	23,84	2470	103,62

Iz tablice 7 vidimo da je dnevni učinak traktora Timberjack 240 C na radilištu Južni Psunj kod udaljenosti privlačenja 100 metara najveći, a za udaljenost privlačenja od 1000 metara najmanji. Vidimo i da su dnevni učinak skidera i trošak po jedinici proizvoda obrnuto proporcionalni.

4. Zaključci – Conclusions

U radu je istraživao učinak zglobnoga skidera Timberjack 240 C pri privlačenju drvnih sortimenata u dovršnoj i napludnoj sječi. Terenska su istraživanja provedena na području Šumarije Okučani u odjelu 44a GJ Okučanska brda i na području Šuma-

rije Nova Gradiška, odjel 74a GJ Južni Psunj. Tlo je tijekom istraživanja bilo vlažno do blatno, na dijelovima teško prohodno.

Na radilištima su radili traktorist i pomoćni radnik na vezanju tovara. Sječa i izrada obavljena je prije privlačenja drvnih sortimenata, a preuzimanje drvnih sortimenata odvijalo se u sječini pored panja te povremeno na pomoćnom stovarištu.

Na temelju oblikovane norme dnevnoga učinka i kalkulacije troškova izračunati su troškovi privlačenja drva za udaljenost od 100 m do 1000 m, koji se kreću od 50,59 kn/m³ do 105,64 kn/m³ u odjelu 44a i od 60,10 kn/m³ do 103,62 kn/m³ u odjelu 74a. Prema prosječno ostvarenim uvjetima radilišta moguće je značajno povećati učinak i smanjiti trošak boljim korištenjem radnoga vremena.

Prema Krpanu i Zečiću (2001) skideri iz obitelji Timberjack imaju prosječni obujam tovara od 4,02 m³ pa do 6,31 m³, a prema Zečiću i dr. (2010) pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama prosječni je obujam tovara 5,04 m³. Iz istraživanja se vidi kako se većim obujmom tovara značajno povećava proizvodnost toga traktora, a time se smanjuju troškovi po jedinici proizvoda. Traktor Timberjack 240C pripada skupini visoko učinkovitih specijalnih šumskih strojeva za privlačenje drva po tlu, a posebno u oplodnim sječama primjenom poludeblovne ili deblovne metode. Za njegovu je primjenu potrebno prethodno izraditi elaborat radilišta sa svim utjecajnim čimbenicima te neprestano nadzirati tijek rada. Mjerenjima u ovom radu dobiven je prosječni obujam tovara od 2,63 m³ na jednom radilištu i 3,26 m³ na drugom radilištu, što potvrđuje činjenicu da se kod sortimentne metode privlačenja postižu značajno manji učinci zbog prosječno manjega obujma tovara u odnosu na primjenu poludeblovne ili deblovne metode kod kojih je prosječni obujam tovara mnogo veći.

5. Literatura – References

- Bojanin, S., 1971: Analiza rada zglobnih traktora kod izvlačenja debala. Šumarski list 96(7-8): 231–255.
- Bojanin, S., 1980: Problemi klasifikacije šumskih terena. Mehanizacija šumarstva 5(5-6): 176–187.
- Bojanin, S., 1983: Faktori optimalne otvorenosti šuma kod sekundarnog otvaranja. Mehanizacija šumarstva 8 (11-12): 322–325.
- Bojanin, S., A.P.B., Krpan, 1997: Mogućnost tzv. visokog i potpunog mehaniziranja sječe i izrade te mehaniziranja privlačenja drva u šumama Hrvatske. Šumarski list 121(7-8): 371–381.
- Horvat, D., Ž. Zečić, M. Šušnjar, 2007: Morphological characteristics and productivity of skidder Ecotrac 120V. Croatian Journal of Forest Engineering 26(1): 13–27.
- Krivec, A., 1979: Učinkovitost in oblikovanje novih organizacijskih postopkov pri spravljanju lesa s traktorji Neue Formen. Gazdarski vestnik 37(7-8): 305–360.
- Krpan, A. P. B., 1990: Prilog klasifikaciji šumskih terena u svjetlu eksploatacije šuma u teškim uvjetima. Mehanizacija šumarstva 15(5-6): 107–110.
- Krpan, A.P.B., 1992: Iskorišćivanje šuma. U: Šume u Hrvatskoj, Đ. Rauš (ur.), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i J. P. »Hrvatske šume«, Zagreb, 153–170.
- Krpan, A.P.B., Ž. Zečić, 2001: Učinkovitost i troškovi traktora Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim oplodnim sječama. U: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, S. Matić, A.P.B. Krpan, J. Gračan (ur.), Šumarski fakultet Zagreb – Šumarski institut Jastrebarsko, 477–490.
- Martinić, I., 1990: Interakcije metoda rada, radnih uvjeta i proizvodnosti rada pri sječi i izradi drva u proredama sastojina. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–100.
- Martinić, I., 1995: Ekonomski i organizacijski kriteriji za oblikovanje šumskih radova. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–202.
- Matić, S., 1983: Šuma i mehanizacija. Zbornik savjetovanja »Šumarska mehanizacija u teoriji i praksi«, Opatija, 37–46.
- Pečnjak, D., 2011: Učinkovitost traktora Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim uvjetima primjenom sortimentne metode. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–99.
- Sabo, A., 1999: Privlačenje oblog drva zglobnim traktorom LKT 81 u gorskokotarskim prebornim sastojinama različitog stupnja otvorenosti. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–142.
- Taboršak, D., 1987: Studij rada. Tehnička knjiga, Zagreb, 1–214.
- Vila, A., 1962: Priprema rada. Privreda, Zagreb, 149 str.
- Zečić, Ž., A.P.B. Krpan, B. Stankić, 2004: Privlačenje oblovine traktorom Timberjack 240C iz oplodne sječe u uvjetima Šumarije Velika Pisanica. Šumarski list 128(11-12): 671–678.
- Zečić, Ž., D. Vusić, M. Prka, S. Klepac, 2010: Utjecaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama. Šumarski list 134(3-4): 103–114.
- Zečić, Ž., D. Vusić, H. Nevečerel, M. Mikulin, 2011: Utjecaj obujma tovara na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju debala euroameričke topole u nizinskim šumama. Croatian Journal of Forest Engineering 32(1): 357–368.

Abstract

Efficiency of Cable Skidder Timberjack 240 C in Timber Extraction Using the Assortment Method

This paper examines the effect of Timberjack 240 C in timber extraction in the final and seeding felling. Field surveys were conducted in the area of Okučani Forest Office, compartment 44a of the Management Unit »Okučanska brda« and in the area of Nova Gradiška Forest Office, compartment 74a of the Management Unit »Južni Psunj«. For Timberjack 240 C in the compartment 44a, during 11 days, 4406.12 minutes were recorded at the work site, which is 400.56 minutes per day, or 83.45% of the prescribed working time of 480 minutes. Of the total recorded time, the effective time is 3300.02 minutes or 74.90%, while the general time is 1106.10 minutes or 25.10%. For Timberjack 240 C in the compartment 74a, 2641.57 minutes were recorded during 9 days at the work site, which is 293.51 minutes per day, or 61.15% of the prescribed working time of 480 minutes. Of the total recorded time, the effective time is 2157.20 minutes or 81.66%, while the general time is 484.37 minutes or 18.34%. Allowance time is 16.09% and 20.37% of the effective time. Skidder Timberjack 240 C is one of the most efficient machines for timber extraction, and especially for final felling, when using the half-trunk and trunk method. For the application of such skidder, it is necessary to prepare the study site with all the influencing factors and constantly monitor the workflow. In skidding wood assortments, significantly smaller effects are achieved due to a smaller load volume.

Keywords: cable skidder Timberjack 240 C, timber extraction, productivity, costs

Adrese autorâ – Authors' addresses:

Prof. dr. sc. Željko Zečić
e-pošta: zecic@sumfak.hr
Prof. dr. sc. Ivan Martinčić
e-pošta: imartinic@sumfak.hr
Doc. dr. sc. Dinko Vusić
e-pošta: dvusic@sumfak.hr
Doc. dr. sc. Matija Landekić
e-pošta: mlandekic@sumfak.hr
Dr. sc. Matija Bakarić*
e-pošta: mbakaric@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
HRVATSKA

Mr. sc. Davorin Pečnjak, dipl. ing. šum.
e-pošta: davorin.pecnjak@hrsume.hr
Frankopanska 37
35400 Nova Gradiška
HRVATSKA

Primljeno (Received): 19. 10. 2019.

Prihvaćeno (Accepted): 27. 11. 2019.

*Glavni autor – Corresponding author



Analiza sigurnosti pri radu u šumarstvu Federacije BiH – studij slučaja

Jusuf Musić, Velid Halilović, Ahmet Lojo, Mario Šporčić, Ajdin Đonlagić

Nacrtak – Abstract

Ozljede na radu i profesionalne bolesti radnika pouzdan su indikator procjene stanja sigurnosti pri radu. Osnovni je cilj ovoga rada odgovarajuća analiza stanja sigurnosti pri radu u Javnom poduzeću Šumsko-privredno društvo Zeničko-dobojskoga kantona d.o.o. Zavidovići. Predmet su analize bile ozljede na radu, profesionalne i druge bolesti šumarskih radnika u razdoblju od 2006. do 2015. godine. Ozljede su analizirane prema deset pokazatelja. U analiziranom razdoblju zabilježene su 594 ozljede na radu, od čega tri smrtna slučaja. Najviše ozljeda dogodilo se neposrednim izvršiteljima radnih operacija pridobivanja drva (66,3 %), a najrizičnija je profesija sjekač (57,7 %). Predmet rada (drvo i grane) bili su najčešći materijalni uzrok ozljeda (49,3 %), a najčešće su ozlijeđeni ekstremiteti radnika – noge i ruke (70 %). Najveći broj ozljeda zabilježen je početkom radnoga tjedna i dana. Na osnovi broja ozljeda po obujmu izrađenoga drva (314/mil. m³) te indeksa od 60 ozljeda na 1000 zaposlenika stanje sigurnosti pri radu može se ocijeniti kao iznimno nezadovoljavajuće.

Ključne riječi: ozljede na radu, šumarski radnici, profesionalne bolesti, zaštita na radu

1. Uvod – Introduction

Ozljeda na radu definira se kao iznenadni neočekivani događaj uzrokovan vanjskim utjecajem koji rezultira ozljeđivanjem radnika (Kulušić 2000). Pojam ozljede na radu poznat je gotovo koliko i ljudski rad, a prva zabilježena nesreća na radu koja je završila smrću dvaju rudara spominje se još prije više tisuća godina (Marković 1989). Pod profesionalnom bolešću smatra se patološko stanje koje nastaje zbog nepovoljnih utjecaja profesionalnih uvjeta i zahtjeva rada na radnom mjestu bolesnoga radnika (Čomić 1997). Uzroci tih bolesti vezani su uz tehnološki proces, uvjete na radu ili opće uvjete radnoga mjesta.

Šumarstvo, a posebno područje pridobivanja drva, jedan je od najopasnijih industrijskih sektora u većini zemalja. Specifični, teški i opasni radni uvjeti, karakteristike radnoga mjesta i predmeta rada, nepovoljan položaj tijela pri radu, trajanje i struktura radnoga vremena te energetska potrošnja rezultiraju time da su ozljede na radu kod radnika u šumarskoj proizvodnji češće u odnosu na gospodarstvo za oko 1,5 puta, a u odnosu na cjelokupnu djelatnost (gospodarstvo + društvene djelatnosti) za

oko 1,7 puta (Čomić 1997). Iako ne postoje sistematizirani podaci, procjene govore da broj ozljeda u profesionalnom šumskom radu u svijetu prelazi 170 000 godišnje (Garland 2018).

Također, profesionalne bolesti posebno su izražene kod radnika u šumarskoj proizvodnji. Stupanj pojavnosti invalidnih radnika u šumarstvu Bosne i Hercegovine, s potpunim gubitkom radne sposobnosti zbog profesionalnih bolesti, na prvom je mjestu. I u susjednoj Hrvatskoj, na primjer, broj profesionalnih bolesti u Hrvatskim šumama d.o.o. u odnosu na broj zaposlenih za 2009. godinu ima iznimno visok indeks od 2,08 profesionalnih bolesti na 1000 zaposlenih, što je daleko najviši indeks u odnosu na ostale gospodarske djelatnosti (Landečić 2010).

Negativno značenje ozljeda na radu i profesionalnih bolesti mnogostruko je i veoma važno. Za radnika one znače bolovanje, financijske probleme, eventualnu invalidnost; za poduzeće plaćanje bolovanja, probleme u redovitom poslovanju, angažiranje nove radne snage, financijske gubitke, a za društvo u cjelini smanjenje opće produktivnosti rada i povećanje izdataka za liječenje.

Obvezno evidentiranje ozljeda na radu, profesionalnih i drugih bolesti propisano je nizom zakonskih i podzakonskih akata, a njihova odgovarajuća analiza i interpretacija omogućuje, među ostalim, sagledavanje stanja u području zaštite na radu u poduzeću, izradu prijedloga novih mjera zaštite u skladu s aktualnim stanjem, usporedbu sa stanjem u drugim tvrtkama, regijama i državama te ocjenu djelotvornosti i kvalitete rada poduzeća.

2. Problematika istraživanja

Scope of research

S gledišta mogućnosti usporedbe podataka o ozljedama na radu posebno su važni podaci zemalja sličnih terenskih i sastojinskih uvjeta, kao i tehnologije rada, jer oni većinom utječu na pojavu ozljeda na radu i profesionalnih bolesti radnika.

Analizirajući ozljede na radu u slovenskim privatnim šumama u razdoblju 1981–2000. godine, Medved je (2007) utvrdio da se najveći broj ozljeda dogodio pri sječi stabala i izradi drvnih sortimenata (59,8 %), zatim slijedi privlačenje (25,9 %), prijevoz (11,6 %) i ostale aktivnosti (2,7 %). Na iznimno složenu i široku problematiku zaštite na radu u slovenskom privatnom šumarskom sektoru, u kojem je u navedenom razdoblju zabilježeno čak 14 smrtnih slučajeva i 10 teških ozljeda na radu godišnje, upozoravaju Medved i Dolenšek (2000) te navode potrebu hitnoga rješavanja toga problema izradom odgovarajuće strategije. Ozljede na radu u slovenskim državnim šumama u razdoblju 1990–2005. godine analizirali su Potočnik i dr. (2009) dobivši sličnu raspodjelu ozljeda na radu po fazama rada.

U Hrvatskim šumama d.o.o. oko 600 ozljeda i tri smrtna slučaja pri radu godišnje čini stopu nesreća na radu vrlo visokom (Šporčić i Sabo 2002). Osim toga autori upozoravaju i na velik problem invalida rada koji gube radnu sposobnost uglavnom prije stjecanja prava na starosnu ili invalidsku mirovinu, a kojih je preko 900. Martinić (2007) navodi da je tvrtka Hrvatske šume zbog ozljeda na radu u razdoblju 1996–2005. godine gubila prosječno 17 574 radnih dana godišnje.

Posebno su važni podaci o broju najtežih nesreća, odnosno onih sa smrtnim ishodom. Iako je broj tih nesreća u stalnom padu, pogotovo u razvijenim zemljama, one su još uvijek velik problem u šumarstvu i njihov se godišnji broj u svijetu kreće od 800 do 1000 (Garland 2018). Klun i Medved (2007) detaljno su analizirali smrtno slučajeve u šest europskih zemalja. Apsolutno najveća učestalost nesreća (9,52/mil. m³) zabilježena je pri neprofesionalnom radu u

Sloveniji (1990–1994), a najmanja (0,03/mil. m³) pri profesionalnom šumskom radu u Švedskoj (2000–2004) i Finskoj (1995–1999). Autori zaključuju da se razvoj sigurnosti pri radu posljednjih 25 godina vidi i u podacima o najozbiljnijim nesrećama pri šumskom radu.

Većina autora koja se bavila analizom uzroka ozljeda na radu kao glavni uzrok ističe nepravilan postupak, odnosno nedovoljnu osposobljenost radnika za sigurno i pravilno obavljanje rada te ukazuje na potrebu osnivanja profesionalnoga centra za njihovu izobrazbu (Medved 1991, Vondra 1998).

Masovnija pojava profesionalnih bolesti šumskih radnika korelira snažno s uvođenjem motornih pila u tehnološki proces sječe stabala i izrade drvnih sortimenata. Unatoč znatnim konstrukcijskim poboljšanjima, opremljenosti radnika zaštitnom opremom, obveznim zdravstvenim pregledima, opće je uvjerenje da su oštećenja sluha i vibracijska bolest i dalje prisutni te da u velikoj mjeri negativno utječu na zdravlje šumskih radnika. U Poljskoj je, na primjer, u razdoblju 2000–2009. godine registrirano čak 57 slučajeva dijagnosticiranoga gubitka sluha među šumskim radnicima (Bilski 2012).

Problem je vibracija ipak općenito puno veći. Iako se razvojem amortiziranih upravljačkih ručki i smanjenjem mase motornih pila smanjila razina vibracija prve generacije motornih pila na približno jednu desetinu, one se i dalje smatraju najteže rješivim problemom zaštite zdravlja šumskih radnika. Posljedice pretjerane izloženosti vibracijama ne samo da nisu male već su po svojoj učestalosti u ukupnim profesionalnim bolestima zabrinjavajuće (Goglia i dr. 2012). U susjednoj Republici Hrvatskoj oštećenja izazvana vibracijama sudjeluju s 13 % među svim profesionalnim bolestima (Kacian 1999).

Profesionalne bolesti radnika u šumskoj proizvodnji nisu poznate samo po opasnostima koje ih karakteriziraju već i po zajedničkom djelovanju na organizam radnika. Od ukupnoga broja oštećenja zdravstvenoga stanja šumarskoga radnika sjekača njih 46 % ima pojedinačne bolesti, a 54 % kombinacije od dvije do pet bolesti zajedno (Rački i dr. 1990).

Unatoč značajnomu tehnološkomu razvoju šumarski se posao još uvijek smatra jednim od najopasnijih zanimanja na svijetu. Problematika zaštite na radu neopravdano se namjerno ili nenamjerno zanemaruje te usputno i površno prikazuje. Otuda motiv i potreba za ovim radom kojim će se u dužem razdoblju sagledati i analizirati stanje sigurnosti pri radu u Javnom poduzeću Šumsko-privredno društvo Zeničko-dobojskoga kantona d.o.o. Zavidovići.

3. Cilj rada – Aim of research

U vezi s izloženom problematikom osnovni je cilj ovoga rada odgovarajuća analiza stanja sigurnosti pri radu u Javnom poduzeću Šumsko-privredno društvo Zeničko-dobojskoga kantona d.o.o. Zavidovići. Za ostvarenje postavljenoga cilja potrebno je obaviti ove pojedinačne zadatke:

- analizirati rad službe zaštite na radu
- utvrditi broj i strukturu ozljeda na radu
- utvrditi broj i strukturu invalidnih radnika.

Kvantitativni i kvalitativni rezultati rada predstavljat će osnovu za objektivno i točno sagledavanje stanja zaštite na radu u analiziranom poduzeću. Dobiveni rezultati identificirat će najznačajnije probleme u promatranom području i kao takvi predstavljat će odlično uporište za prijedlog mjera radi popravljivanja aktualnoga stanja. Osim toga rezultati rada dat će i objektivne parametre za usporedbu s drugim šumarskim poduzećima u Bosni i Hercegovini i/ili drugim državama.

4. Materijal i metode Material and methods

Javno poduzeće Šumsko-privredno društvo Zeničko-dobojskoga kantona d.o.o. Zavidovići osnovano je Odlukom Skupštine Zeničko-dobojskoga kantona 29. listopada 2003. godine. Nastalo je spajanjem svih šumarskih poduzeća, odnosno dijelova poduzeća koja su se bavila poslovima gospodarenja šumama u tom kantonu. Poduzeće gospodari državnim šumama i šumskim zemljištem na cijelom teritoriju kantona od 1. siječnja 2006. godine na ukupnoj površini od 185 084,9 ha. Godišnji je opseg sječe oko 400 000 m³ i realizira se s približno 50 % vlastitim zaposlenicima, a 50 % uslugama privatnih poduzetnika.

Kao osnova za izradu odgovarajuće baze podataka i njihovu analizu poslužili su godišnja izvješća »Službe osiguranja i zaštite« poduzeća koja u skladu sa zakonskim i podzakonskim aktima, među ostalim, vodi detaljnu statistiku ozljeda na radu i profesionalnih te drugih bolesti zaposlenika. Podaci su prikupljeni za desetogodišnje razdoblje (2006–2015), a za svaku ozljedu evidentirano je ukupno 10 pokazatelja (godina, mjesec, dan i sat nastanka ozljede, zanimanje radnika, izvor ozljede, stupanj ozljede, ozlijeđeni dio tijela, dob ozlijeđenoga radnika i odsutnost s posla ozlijeđenoga radnika). Podaci o broju ozljeda na radu, ostvarenoj proizvodnji i broju zaposlenika poduzeća po godinama u okviru analiziranoga razdoblja prikazani su u tablici 1. Za analizu

dobivenih podataka i interpretaciju rezultata primijenjene su osnovne metode istraživačkoga rada: analiza, sinteza i komparacija.

Tablica 1. Pregled ozljeda u Javnom poduzeću Šumsko-privredno društvo Zeničko-dobojskoga kantona d.o.o. Zavidovići
Table 1 Overview of injuries in Public Forest Management Company of Zenica-Doboj Canton Ltd. Zavidovići

Godina Year	Broj ozljeda Number of injuries	Etat, m ³ Cut wood, m ³	Broj zaposlenih Number of employees	m ³ /ozljedi m ³ /injury	Broj ozljeda na 1000 zaposlenih Number of injuries per 1,000 employees
2006	66	142 790	1010	2163	65
2007	40	170 285	944	4257	42
2008	71	169 812	1040	2392	68
2009	50	144 012	970	2880	52
2010	51	175 895	969	3449	53
2011	53	192 499	948	3632	56
2012	62	218 957	998	3532	62
2013	58	220 416	1021	3800	57
2014	68	222 647	1036	3274	66
2015	75	224 790	976	2997	77

5. Rezultati rada i rasprava Results and discussion

5.1 Analiza službe zaštite na radu – Analysis of occupational safety and health services

Na osnovi Zakona o zaštiti na radu (Sl. list SR BiH, br. 22/90) te u skladu s odredbama Zakona o radu (Sl. novine Federacije BiH, br. 43/99, br. 32/00 i br. 29/03) i Statuta poduzeća Nadzorni je odbor 2004. godine donio Pravilnik o zaštiti na radu poduzeća. Tim Pravilnikom i Pravilnikom o organizaciji i sistematizaciji radnih mjesta definirani su i organizirani poslovi iz područja zaštite na radu. Na razini poduzeća postoji Služba osiguranja i zaštite koju čine rukovoditelj službe te još četiri zaposlenika i čija je osnovna zadaća briga o sigurnost pri radu u poduzeću.

Najveći dio problematike zaštite na radu u poduzeću obuhvaćen je i sustavno riješen Pravilnikom o zaštiti na radu. U skladu s tim Pravilnikom na razini poduzeća, na jednu godinu, donosi se »Program mjera zaštite na radu« u kojem se konkretiziraju zadaci, rokovi, nositelji zadataka i potrebna financijska sredstva za njegovu realizaciju.

U poduzeću se provodi i stalna edukacija zaposlenika prema usvojenom Programu obrazovanja i provjere osposobljenosti zaposlenika iz zaštite na radu, a sastoji se iz teoretskoga i praktičnoga dijela

koji se provodi na terenu po radnim mjestima zaposlenika. Za sva radna mjesta s posebnim uvjetima rada, kojih u poduzeću ima 20, napisane su upute za siguran rad i pravilnu upotrebu sredstava za rad i radne opreme.

5.2 Ozljeđe na radu – *Injuries at work*

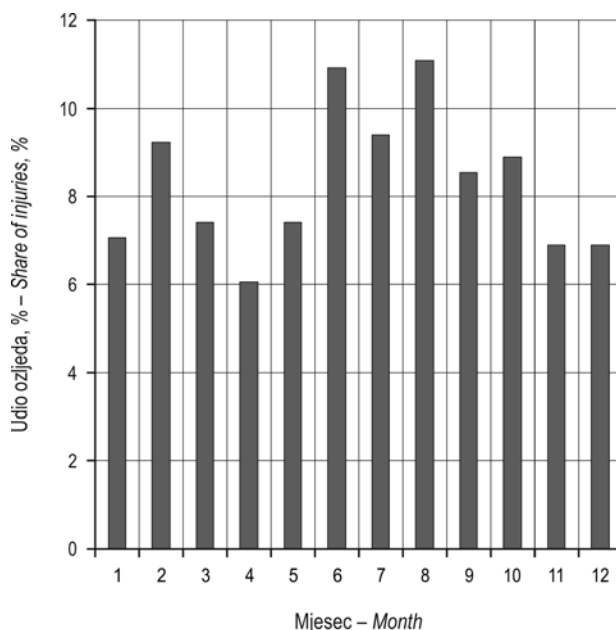
U skladu s međusobnim vezama i odnosima s uzrocima i izvorima nastanka, odnosno stanja i kretanja ozljeda na radu kod radnika u šumarskoj proizvodnji, klasifikacija ove nepovoljne uzročno-posljedične pojave obavljena je prema više različitih obilježja njihova nastanka.

5.2.1 Ozljeđe po godinama i mjesecima – *Injuries by years and months*

Analiza broja ozljeda na radu po godinama i mjesecima u obuhvaćenom razdoblju služi nam za uočavanje određenih trendova. U analiziranom razdoblju zabilježene su ukupno 594 ozljede na radu, od čega tri smrtna. S obzirom na uobičajenu praksu iskazivanja tih ozljeda preko njihove brojnosti (učestalosti) po obujmu pridobivenoga drva (najčešće 1 milijun ili 10 000 m³), ukupan broj ozljeda na radu u razdoblju 2006–2015. godine iznosio je 314/mil. m³ ili 3,14/10 000 m³, a broj smrtnih slučajeva 1,06/mil. m³ pridobivenoga drva. U tu je analizu uključen samo drveni obujam koji je ostvaren vlastitom radnom snagom. Prema ukupnom broju ozljeda na radu od 314/mil. m³ stanje je u ovom poduzeću gotovo na istoj razini kao i u ostalim šumarskim poduzećima u FBiH za koja postoje dostupni podaci (Šuškić 2013, Šubara 2015). Ipak, broj ozljeda mnogo je veći u usporedbi s razvijenim europskim zemljama ili u odnosu na susjedne države. U Hrvatskim šumama d.o.o., na primjer, broj ozljeda na radu još davne 1997. godine iznosio je 161,49/mil. m³ (Martinić 1999) uz značajno smanjenje u idućim godinama. Također, u državnim šumama u Sloveniji, na primjer, 2002. godine zabilježene su 2,2 ozljede/10 000 m³ pridobivenoga drva (Poje 2003). Broj je smrtnih slučajeva više-manje približan kao i u državama u kojima prevladava ručno-strojna tehnologija sječe stabala i izrade drvnih sortimenata, a koji se za Hrvatsku, Sloveniju i Švicarsku kreće od 0,7 do 1,0 (Klun i Medved 2007).

Prosječan godišnji broj ozljeda na radu iznosi 59,4 pri čemu je 2007. godine zabilježen najmanji (40 ozljeda), a 2015. godine njihov najveći broj (75 ozljeda). Određeni trend povećanja broja ozljeda u posljednjih sedam godina uvjetovan je u prvom redu povećanjem obujma sječa koje je poduzeće ostvarilo

svojom radnom snagom. U tom se smislu izdvajaju jedino 2006. i 2008. godina kada je, s obzirom na realizirani opseg sječa, zabilježen najveći broj ozljeda na radu uz napomenu da se broj zaposlenika u analiziranom razdoblju nije značajnije mijenjao. Prema indeksu koji u odnos stavlja broj ozljeda na 1000 zaposlenika, on za analizirano razdoblje iznosi 60 ozljeda na 1000 zaposlenika. Usporedbe radi, u Hrvatskim šumama 2009. godine taj je indeks iznosio 29,4 ozljede na 1000 zaposlenih pri čemu je okarakteriziran kao iznimno visok (Martinić i dr. 2011). Raspodjela ozljeda po mjesecima prikazana je na slici 1.

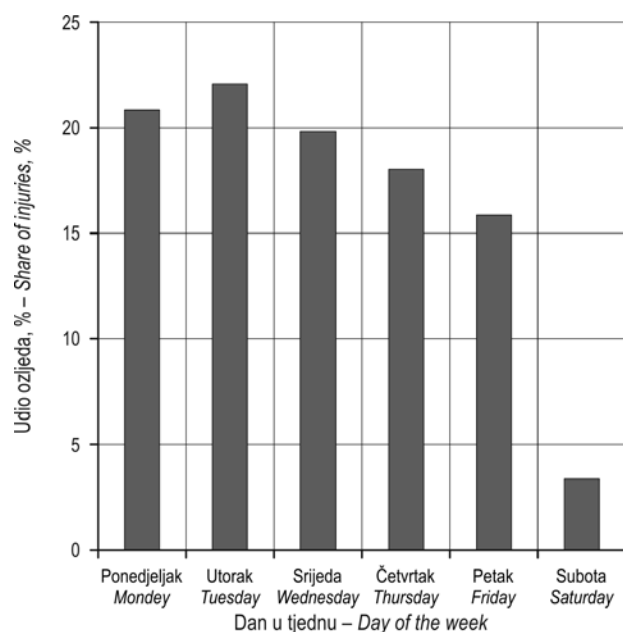


Slika 1. Raspodjela ozljeda po mjesecima
Fig. 1 Distribution of injuries by months

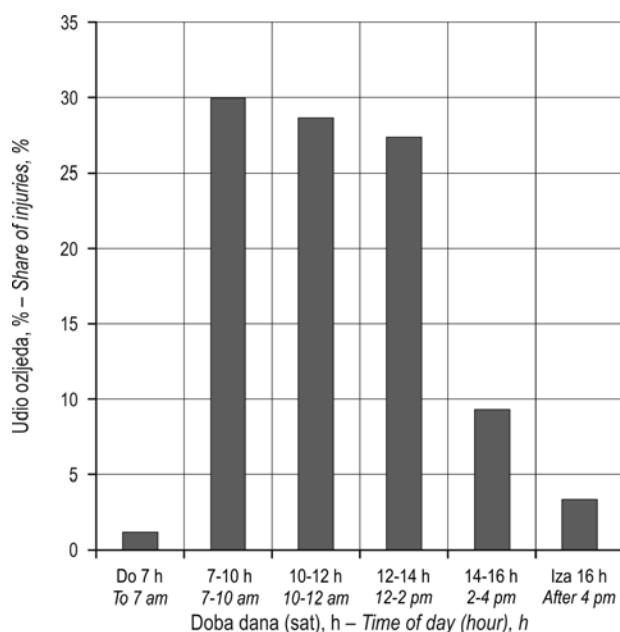
Jasno je sa slike da veći broj ozljeda nastaje tijekom ljetnih mjeseci (VI, VII, VIII) kada su općenito bolji vremenski uvjeti te veći broj efektivnih radnih dana u mjesecu, pogotovo na radnim aktivnostima u okviru tehnološkoga procesa pridobivanja drva. Do sličnih rezultata došli su i drugi autori, s tim da se kod njih izdvaja lipanj kao mjesec s najvećim brojem ozljeda od 11,6 % (Poje 2003) te 12,61 % (Šporčić i Sabo 2002). Najmanje ozljeda zabilježeno je u travnju (6,06 %), a općenito se manje ozljeda dogodilo u zimskim mjesecima.

5.2.2 Ozljeđe prema danima i satima – *Injuries by days and injuring time*

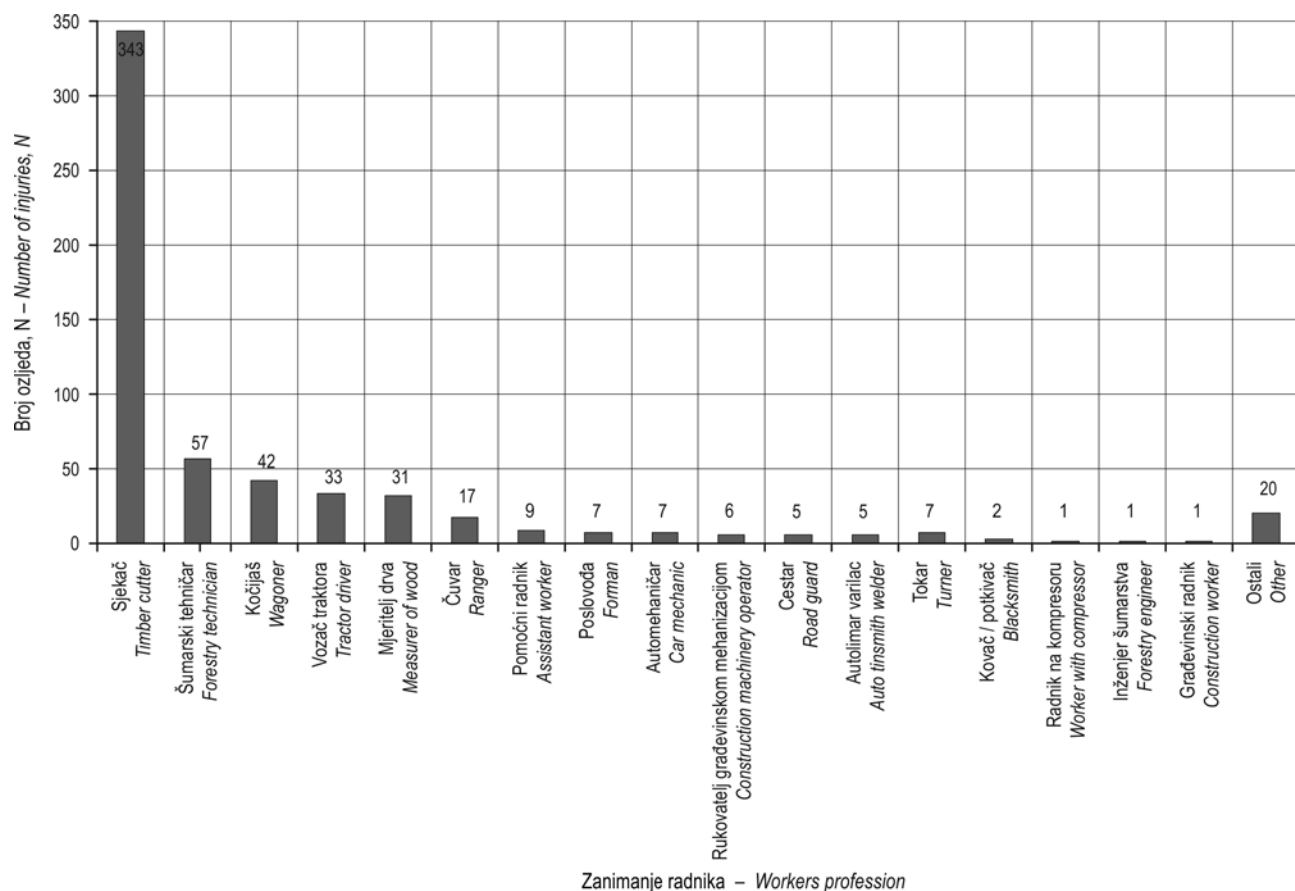
Struktura ozljeda prema danima i satima njihova nastanka prikazana je na slikama 2 i 3.



Slika 2. Raspodjela ozljeda tijekom tjedna
Fig. 2 Distribution of injuries during the week



Slika 3. Raspodjela ozljeda tijekom dana
Fig. 3 Distribution of injuries during the day



Slika 4. Raspodjela ozljeda prema zanimanju radnika
Fig. 4 Distribution of injuries by profession of workers

Evidentno je da postoji razlika u broju ozljeda po danima u tjednu. Najmanji broj ozljeda očekivano je zabilježen u subotu – 20 ozljeda ili 3,37 %, jer se tijekom mjeseca radi samo jedna subota. Indikativno je da se početkom radnoga tjedna događalo više ozljeda nego u ostalim danima i da se prema kraju tjedna broj ozljeda smanjuje. Kao jedino logično objašnjenje nameće se potreba za tzv. uhodavanjem u radni ritam i smanjena koncentracija radnika na početku radnoga tjedna. Sličan je trend vidljiv i na slici 3. Na početku radnoga vremena (prva tri sata) evidentirana je gotovo trećina ozljeda na radu, a vjerojatni je razlog isti. Naime, uglavnom je riječ o radnoj snazi koja dolazi iz ruralnih sredina i koja slobodno vrijeme najčešće koristi za obavljanje teških poslova u svojim domaćinstvima. Indikativno je i to da se dosta veći broj ozljeda dogodio u vrijeme odlaska s posla nego u vrijeme dolaska na posao. Kao logičan razlog nameće se umor radnika koji rezultira gubitkom koncentracije prilikom vožnje s radnoga mjesta po završetku radnoga vremena. Sličnu raspodjelu ozljeda utvrdili su i drugi autori koji su analizirali ta obilježja (Šporčić i Sabo 2002, Suchomel i dr. 2011, Šuškić 2015 i dr.).

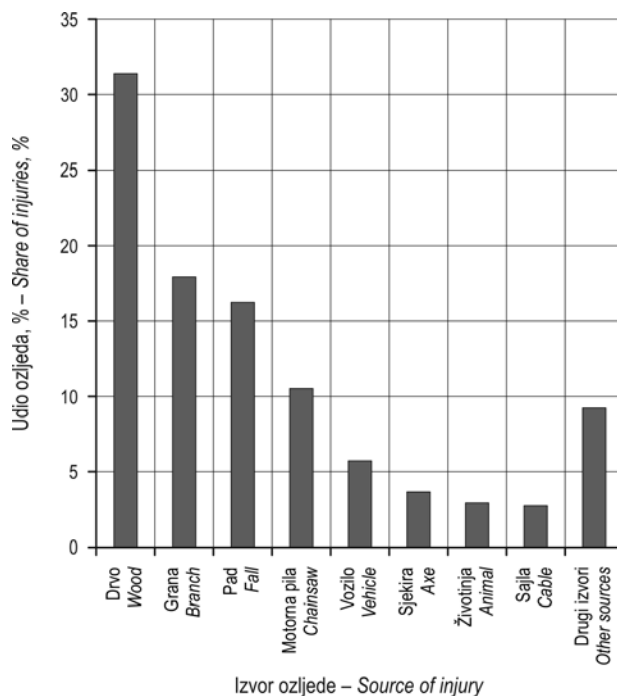
5.2.3 Ozljeđe prema zanimanju radnika – *Injuries by profession of workers*

Broj ozljeda prema zanimanju radnika (profesiji) prikazan je na slici 4.

Najviše ozljeda dogodilo se neposrednim izvršiteljima radnih operacija pridobivanja drva (sjekač, vozač traktora, kočijaš i pomoćni radnici) – 71,88 %, a najrizičnija je profesija svakako sjekač. U fazi sječe i izrade dogodilo se ukupno 57,74 % ozljeda na radu, u fazi privlačenja drveta 14,14 %, dok na sve ostale aktivnosti u poduzeću otpada 28,12 %. Prikazani rezultati većinom se podudaraju s rezultatima drugih autora (Medved 2007, Stadlman 1998, Jereb 2009).

5.2.4 Ozljeđe prema uzroku (izvoru) – *Injuries by source*

Uzroci ozljeda na radu mogu biti izravni (tehnički, organizacijski, neodgovorno ponašanje radnika i prirodni čimbenici) i neizravni (fizički i psihički problemi radnika, socijalni problemi radnika i dispozicija radnika u odnosu na nesreće pri radu). Ipak, najčešći je slučaj da je ozljeda na radu rezultanta negativnih utjecaja više različitih uzroka te je vrlo teško točno utvrditi za pojedinu ozljedu što je bio presudan uzrok. Zbog toga, ali i zbog nekih drugih navedenih razloga, u poduzećima se vodi samo evidencija prema materijalnom izvoru koji je uzrokovao ozljedu. Ta je struktura prikazana na slici 5.



Slika 5. Raspodjela ozljeda prema izvoru

Fig. 5 Distribution of injuries by source

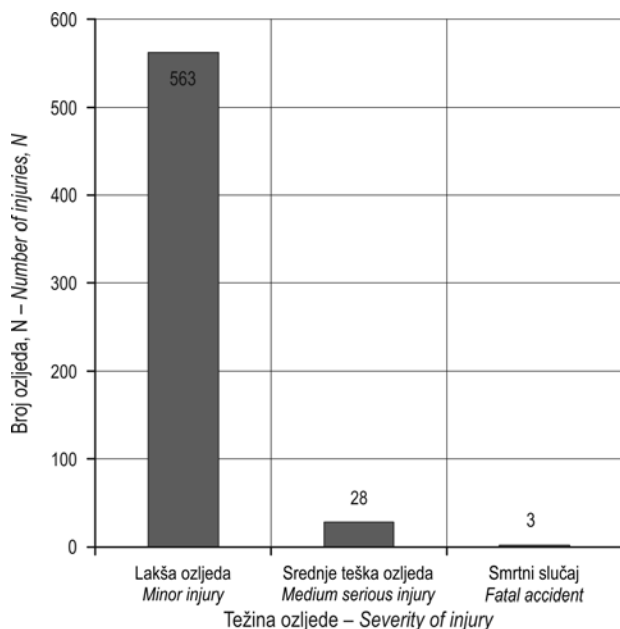
Analiza pokazuje da je najčešći materijalni izvor ozljede bilo drvo (31,4 %), zatim grana (17,8 %) i pad (16,1 %). Ostali izvori ozljeda zastupljeni su u značajno manjoj mjeri. Velik udio ozljeda od drveta i grana pokazuje da je gotovo polovica ozljeda nastala kao posljedica nepravilnoga radnoga postupka i/ili nekorisćenja zaštitne opreme. S tim u vezi jasno je da postoji značajan prostor za njihovim smanjenjem. Relativno velik postotni udio ozljeda na radu zbog pada (16,1 %) pokazuje da je potrebno veću pažnju posvetiti izboru i nabavi adekvatne obuće za radnike u skladu s terenskim radnim uvjetima. Osim neadekvatne radne obuće vjerojatni su uzroci i nepažnja prilikom kretanja po tlu i/ili dijelovima stabla te povećan tempo rada uvjetovan željom za ostvarenjem što većega radnoga učinka. Udio ozljeda uzrokovan motornom pilom iznosi 10,44 % i usporediv je s podacima zemalja gdje prevladava strojno-ručna sječa stabala i izrada drvnih sortimenata. Na primjer, u Sloveniji taj udio iznosi oko 7,5 % (Poje 2003). Relativno mali udio ozljeda uzrokovan motornom pilom uvjetovan je, u prvom redu, upotrebom novijih i sigurnijih sredstava za rad. Najveća starost motornih pila u vlasništvu poduzeća iznosi tri godine.

5.2.5 Ozljeđe prema stupnju i ozlijeđenom dijelu tijela – *Injuries by grade and injured body part*

Struktura ozljeda na radu prema tzv. zdravstveno-socijalnom kriteriju svakako je najznačajnija. U

vezi s tim sve se ozljede razvrstavaju u tri kategorije (Kulušić 2000):

- lake ozljede koje se liječe bez trajnih zdravstvenih posljedica
- teške ozljede koje rezultiraju umanjenom radnom sposobnošću radnika u odnosu na posao koji je obavljao ili potpunom odnosno trajnom radnom nesposobnošću radnika
- smrtni slučajevi.



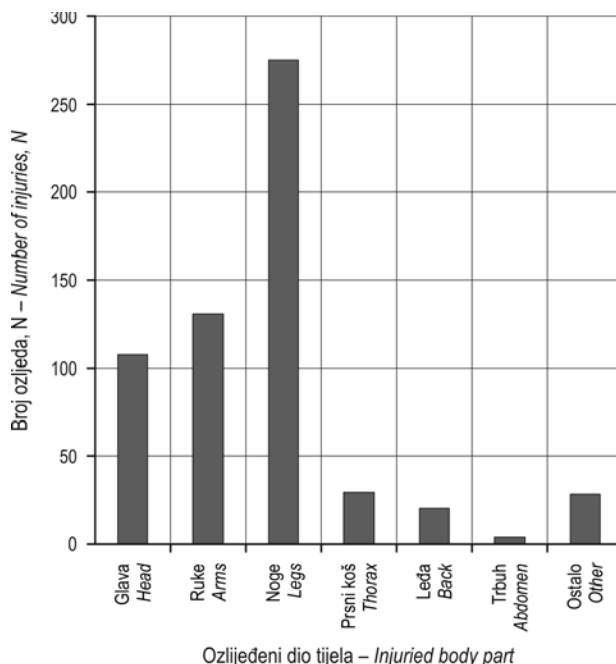
Slika 6. Raspodjela ozljeda prema težini
Fig. 6 Distribution of injuries by severity

Od ukupno 594 zabilježene ozljede njih 94,78 % klasificirano je kao lake, 4,71 % kao srednje teške i 0,51 % kao fatalne te stoga stanje u tom pogledu možemo ocijeniti kao zadovoljavajuće. Naime, relativni odnos evidentiranih ozljeda korelira s Heinrichovim odnosno Birdovim trianglom ozljeda, ali s nešto povoljnijim odnosom i većim udjelom lakih ozljeda.

Struktura ozljeda prema ozlijeđenom dijelu tijela većinom upućuje na moguće pravce djelovanja, odnosno mjere koje je potrebno provesti radi njihova smanjenja. Ta je struktura prikazana na slici 7.

Ozljede ekstremiteta (noge i ruke) čine gotovo 70 % svih ozljeda na radu, a zajedno s ozljedama glave približno 90 % svih ozljeda. S obzirom na prirodu poslova i sredstava za rad koja se koriste u pridobivanju drva (sjekira, motorna pila, capin), možemo konstatirati da su dobiveni rezultati očekivani. Uostalom, oni snažno koreliraju s rezultatima drugih autora (Šporčić i Sabo 2002, Suchomel i dr. 2011). Može se zaključiti da bi se nabavom i korištenjem

adekvatne radne obuće (cipele ili čizme s čeličnom kapicom), zaštitnih rukavica, kvalitetnijih šljemova i radne odjeće učestalost ozljeđivanja najrizičnijih dijelova tijela mogla bitno smanjiti ili bar ublažiti njihov negativan učinak.

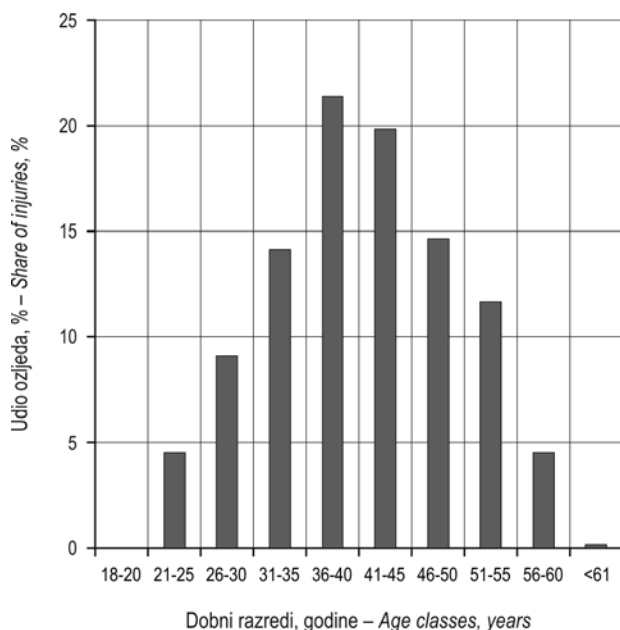


Slika 7. Raspodjela ozljeda prema ozlijeđenom dijelu tijela
Fig. 7 Distribution of injuries by injured body part

5.2.6 Ozljede prema dobi radnika – Injuries by age of workers

Struktura ozljeda na radu prema dobi zaposlenika prikazana je na slici 8. Uz izuzetak »najmlađe« i »najstarije« kategorije, svi su ozlijeđeni radnici svrstani u dobne razrede od 5 godina.

Najveći broj ozljeda (preko 70 %) dogodio se radnicima u dobi od 31 do 50 godina. S obzirom na to da radnici te dobi čine najveći broj zaposlenika poduzeća, može se reći da su dobiveni rezultati sasvim očekivani i logični te da uglavnom odgovaraju rezultatima drugih autora (Čomić 1997, Šporčić i Sabo 2002, Šuškić 2013). U vezi s dobivenim rezultatima, kao pozitivnu stvar, važno je istaknuti relativno malu postotnu zastupljenost ozlijeđenih mladih radnika. Naši rezultati u određenoj mjeri odstupaju od rezultata do kojih je u okviru svojih istraživanja došao Ranogajec (1999) koji je utvrdio da su šumarski radnici do tri godine radnoga staža nositelji čak do 45 % svih ozljeda na radu. S tim u vezi za donošenje općega zaključka bilo bi potrebno napraviti detaljniju analizu koja bi uključivala i brojnost radnika po pojedinim dobnim skupinama.

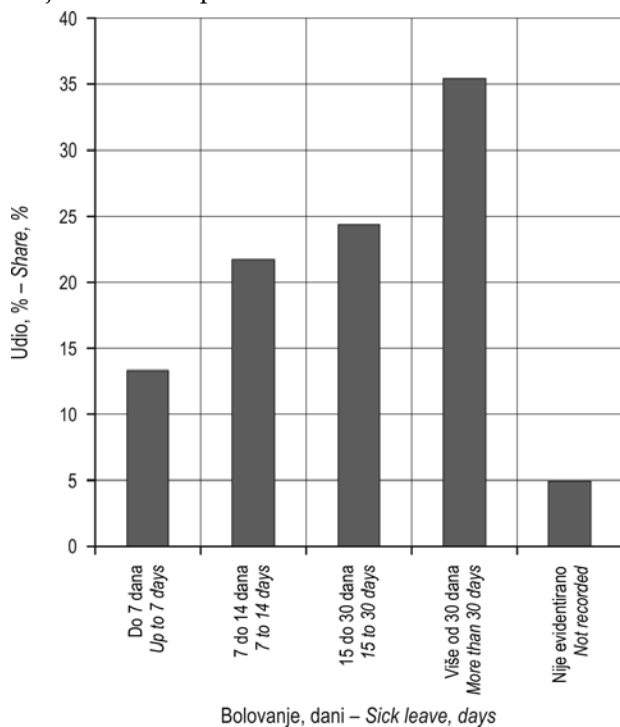


Slika 8. Raspodjela ozljeda prema dobnim razredima radnika

Fig. 8 Distribution of injuries by age categories of workers

5.2.7 Odsutnost s posla i invalidni radnici – Sick leave and disabled workers

Prikupljeni i analizirani podaci o trajanju i raspodjeli odsutnosti s posla (bolovanja) kao posljedica ozljeda na radu prikazani su na slici 9.

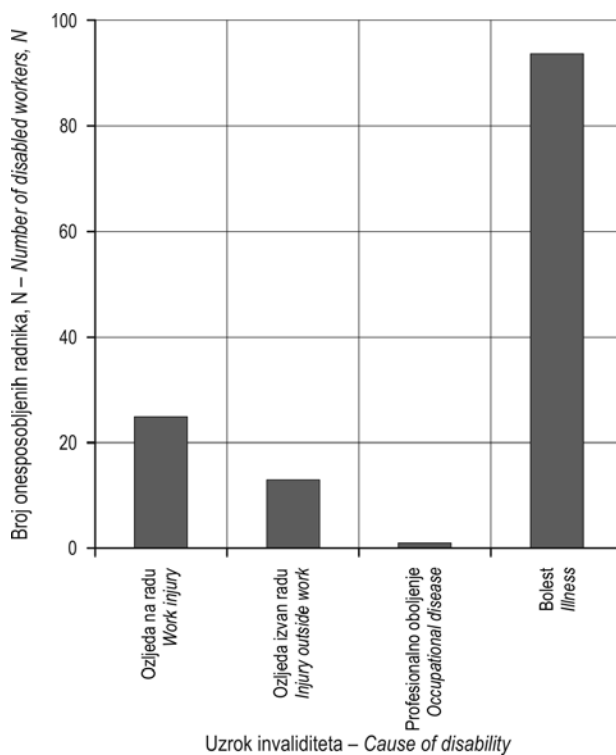


Slika 9. Raspodjela bolovanja prema dužini trajanja

Fig. 9 Distribution of sick leave by length of stay

Od ukupnoga broja ozljeda u analiziranom razdoblju za njih 30, uključivo smrtno slučajevne, nije evidentirano bolovanje. Najveći broj bolovanja, nažalost, iskorišten je za najduže razdoblje (preko 30 dana). Tako dugotrajna odsutnost radnika s posla, među ostalim, ima velike višestruke negativne učinke za poduzeće. Točan broj izgubljenih radnih dana na osnovi dostupnih podataka nije bilo moguće izračunati, ali je sasvim sigurno da se radi o iznimno velikom broju, odnosno o više od 30 izgubljenih dana po ozljedi. Usporedbe radi, Potočnik i dr. (2009) utvrdili su za Sloveniju prosječno 29,27 izgubljenih dana/ozljedi, dok je taj broj u Hrvatskoj također oko 30 (Šporčić i Sabo 2002, Martinić 1999).

Ukupno su u poduzeću registrirana 133 invalida rada koji su invalidnost stekli po različitim osnovama i oni čine oko 13 % ukupnoga broja zaposlenika. Najveći broj čine invalidi II. kategorije koji su prije nastanka invalidnosti bili proizvodni radnici, a nakon utvrđene invalidnosti preraspoređeni, uglavnom, na radna mjesta čuvara, pomoćnih radnika i sl. Najčešći uzrok invalidnosti radnika bila je bolest odnosno različite zdravstvene tegobe (71 %), dok je samo jedan radnik stekao invalidnost na osnovi profesionalne bolesti (slika 10).



Slika 10. Raspodjela invalida rada prema uzroku invalidnosti

Fig. 10 Distribution of disabled workers by cause of disability

Udio invalida rada od 13 % nešto je veći nego kod ostalih šumarskih poduzeća u Federaciji BiH za koje su dostupni ti podaci i koji iznosi oko 10 %. Problem je invalida rada veoma složen, a dodatno ga pogoršava činjenica što se većinom radi o radnicima nižega obrazovanja. Za te radnike praktično i nema mogućnosti za raspoređivanje na određene poslove koji bi odgovarali njihovoj stručnoj spremi, s jedne, te zdravstvenoj sposobnosti, s druge strane, ili su te mogućnosti veoma ograničene.

6. Zaključci – Conclusions

U skladu s postavljenim ciljem istraživanja, a na osnovi dobivenih rezultata, mogu se izdvojiti ovi važniji zaključci:

Javno poduzeće ŠPD Zeničko-dobojskoga kantona d.o.o. Zavidovići ima uređenu Službu osiguranja i zaštite koja se, u skladu s ograničenim kadrovskim i stručnim osobljem te propisanim zakonskim i podzakonskim aktima, brine o gotovo svim segmentima sigurnosti pri radu. Međutim, činjenica da u proteklom razdoblju nisu zabilježeni pozitivni trendovi po analiziranim ključnim pokazateljima razine sigurnosti pri radu, navodi na zaključak da rad službe uglavnom ima administrativni karakter i da programi mjera zaštite na radu nisu dali očekivane rezultate.

U analiziranom razdoblju od 2006. do 2015. godine u poduzeću su zabilježene 594 ozljede na radu ili 314/mil. m³ pridobivenoga drvnoga obujma, što se, na osnovi usporedbe s drugim državama, može ocijeniti kao iznimno velik broj. Broj smrtnih slučajeva od 1,06/ mil. m³ pridobivenoga drvnoga obujma više-manje jednak je državama u kojima prevladava ručno-strojna tehnologija sječe stabala i izrade drvnih sortimenata. Prosječan broj od 60 ozljeda na 1000 zaposlenika u analiziranom razdoblju enormno je velik indeks, a posebno zabrinjava odsutnost pozitivnoga trenda u tom pogledu.

Na osnovi analize raspodjele ozljeda prema najvažnijim pokazateljima (vrijeme ozljeđivanja, izvor ozljede i povrijeđeni dio tijela) može se zaključiti da postoji značajan prostor za unapređenje stanja. Velik broj ozljeda na početku radnoga dana i tjedna mogao bi se smanjiti usporavanjem radnoga tempa i sustavnim uvođenjem pauza u najrizičnijem dijelu dana. Povećani udio ozljeda uzrokovanih deblom, granama i padom upućuje na nužnost dodatne izobrazbe o pravilnim tehnikama rada, nužnost stalne upotrebe zaštitne opreme te adekvatan nadzor njezine upotrebe. Također, glavni kriterij pri izboru i

nabavi radne odjeće i obuće radnika mora biti kvaliteta, a ne cijena.

Analizom invalidnosti radnika utvrđeno je da je u istraživanom razdoblju samo jedan radnik stekao invalidnost zbog profesionalne bolesti, dok su kod ostalih primarni uzroci bili različite zdravstvene smetnje. Ipak, iznimno velik broj invalida rada koji su, s obzirom na umanjenu radnu sposobnost, značajan problem za poslovanje poduzeća, trebao bi biti predmetom posebnih socijalno-zdravstvenih analiza.

7. Literatura – References

- Bilski, B., 2012: Occupational Hazards and Diseases among Forestry Workers in Poland 1: 252. <http://dx.doi.org/10.4172/scientificreports.252>
- Čomić, R., 1997: Povrede na radu i profesionalna oboljenja šumarskih radnika. Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, 257 str.
- Garland, J. J., 2018: Accident reporting and analysis in forestry: guidance on increasing the safety of forest work. In: Proceedings of the Forest Engineering Conference, Rotorua, New Zealand, vol. 17.
- Goglia, V., J. Suchomel, J. Žgela, I. Đukić, 2012: Izloženost vibracijama šumarskih radnika u svjetlu Direktive 2002/44/EC. Šumarski list 136(5-6): 283–289.
- Jereb, P., 2009: Nezgode pri delu gozdarskih podjetij pred in po letu 1993. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 1–79.
- Kacian, N., 1999: Occupational diseases in Croatia. Work and Safety 3(1): 83–89.
- Klun, J., M. Medved, 2007: Fatal accidents in forestry in some European countries. Croatian Journal of Forest Engineering 28(1): 55–62.
- Kulušić, B., 2000: Iskorištavanje šuma. Rukopis, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 1–356.
- Landekić, M., 2010: Organizacijska kultura i sigurnost pri radu u hrvatskom šumarskom sektoru. Šumarski list 134(11-12): 613–622.
- Marković, Ž. D., 1989: Sociologija zaštite na radu. IMP Književne novine, Beograd, 361 str.
- Martinić, I., 1999: Sigurnost i zdravlje šumskih radnika – poticaj za njihovo unapređenje u Hrvatskoj. Šumarski list 123(5-6): 201–210.
- Martinić, I., 2007: Varovanje zdravja in varnost pri delu v obdobju tranzicije v gozdarskem sektorju Hrvaške. Gozdarski vestnik 65(2): 67–73.
- Martinić, I., M. Landekić, M. Šporčić, M. Lovrić, 2011: Šumarstvo na pragu Evropske unije – koliko smo spremni

na području sigurnosti pri šumskom radu. *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(1): 431–441.

Medved, M., 1991: Vključevanje lastnikov gozdov v gozdno proizvodnjo. Magistrsko delo, Biotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani, 1–179.

Medved, M., 2007: Nezgode v zasebnih gozdovih v Sloveniji – plakat. Dan varnosti pri delu v gozdu, Jurij (SLO), Langedg (A), 17. 11. 2007.

Medved, M., M. Dolenshek, 2000: Nezgode v kmetijstvu in gozdarstvu – problem evidenc. IV. Mednarodna konferenca Globalna varnost, Bled, Slovenija, 18–21. junij 2000, Zbornik referatov, Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, 81–90.

Poje, A., 2003: Nezgode pri delu v gozdarskih izvajalskih podjetjih Slovenije v letu 2002. *Gozdarski vestnik* 61(9): 360–371.

Potočnik, I., T. Pentek, A. Poje, 2009: Severity Analysis of Accidents in Forest Operations. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30(2): 171–184.

Rački, Z., M. Vukelić, G. Rinčić, A. Štimac, 1990: Neke karakteristike vibracione bolesti kod sjeakača Gorskog Kotara. Znanstveno savjetovanje: Životni i radni uvjeti proizvodnih radnika u šumarstvu i njihov utjecaj na zdravstveno stanje i socio-ekonomski položaj, Radovi Šumarskog instituta 25(1): 157–164.

Ranogajec, B., 1999: Sigurnost i zdravlje šumskih radnika – poticaj za njihovo unapređenje u Hrvatskoj (2). *Šumarski list* 123(7-8): 339–343.

Stadlmann, H., 1998: Varnost pri delu v avstrijskem gozdarstvu. *Gozdarski vestnik* 56(9): 390–396.

Suchomel, J., K. Belanová, M. Vlčková, 2011: Analysis of occupational accidents occurrence in Slovakia forestry. International Scientific Conference Technology and Ergonomics in the Service of Modern Forestry, Krakow, Poland, 26–29 June 2011, University of Agriculture in Krakow, 93–105.

Šporčić, M., A. Sabo, 2002: Ozljeđivanje radnika u hrvatskom šumarstvu tijekom razdoblja 1991–2000. *Šumarski list* 126(5-6): 261–271.

Šubara, Dž., 2015: Povrede na radu i profesionalna oboljenja šumarskih radnika preduzeća šumarstvo »Prenj« d.d. Konjic. Završni rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, 1–57.

Šuškić, A., 2013: Povrede na radu i profesionalna oboljenja šumarskih radnika ŠPD/ŠGD »Srednjobosanske šume/Šume Središnje Bosne« d.o.o. Donji Vakuf. Završni rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, 1–52.

Vondra, V., 1998: Promišljanje šumskih radnika o vlastitoj profesiji. *Mehanizacija šumarstva* 23(3-4): 101–116.

Zakon o zaštiti na radu, Sl. list SR BiH, br. 22/90.

Zakon o radu, Sl. novine Federacije BiH, br. 43/99, 32/00, 29/03.

Abstract

Analysis of Safety at Work in Forestry of the Federation B&H – Case Study

Injuries at work and occupational diseases are a reliable indicator for assessing the state of occupational safety. The aim of this paper was to conduct an appropriate analysis of the state of safety at work in JP Šumsko privredno društvo Zeničko-dobojskoga kantona d.o.o. Zavidovići (Public Forest Management Company of Zenica-Doboj Canton Ltd. Zavidovići). The subject of analysis were injuries at work, occupational and other diseases of forestry workers in the period 2006-2015. Injuries were analyzed based on 10 different indicators. During the analyzed period, 594 injuries were reported, three of which were fatal. The highest number of accidents was recorded in the harvesting process (66.3%), while the most hazardous occupation was that of timber cutter (57.7%). Wood and branches were the most common material cause of injury (49.3 %), and workers' extremities (legs and arms) were the most commonly injured body part (70%). The highest number of injuries was recorded at the beginning of the working week and day. According to the number of injuries by the amount of cut wood (314/mil. m³), as well as an index of 60 injuries per 1,000, employees safety at work can be assessed as extremely unsatisfactory.

Keywords: injuries at work, forest workers, occupational diseases, safety at work

Adresa autorâ – Author's addresses:

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. Ahmet Lojo
e-pošta: a.lojo@sfsa.unsa.ba
Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
Zagrebačka 20
71000 Sarajevo
BOSNA I HERCEGOVINA

Prof. dr. sc. Mario Šporčić
e-pošta: sporcic@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
HRVATSKA

Ajdin Đonlagić, mag. ing. silv.
e-pošta: ajdin_djonlagic@hotmail.com
Bukva b.b.
74260 Tešanj
BOSNA I HERCEGOVINA

Primljeno (Received): 11. 7. 2019.

Prihvaćeno (Accepted): 20. 9. 2019.

*Glavni autor – Corresponding author



Utjecaj hormonskih tretiranja na zakorjenjivanje odrvenjelih reznica obične smreke (*Picea abies* /L./ Karsten)

Nikola Bursać, Ivica Čehulić, Mladen Ivanković, Saša Bogdan

Nacrtak – Abstract

U Hrvatskoj je selekcijom plus stabala u jednoj matičnoj populaciji pokrenuto oplemenjivanje obične smreke kao božićnoga drvca. Idući je cilj toga procesa utrdjivanje optimalne procedure kloniranja izabranih plus stabala radi masovne proizvodnje reprodukciskoga materijala (sadnica). Pretpostavka je da će se takvim načinom stvoriti kvalitetan reprodukciski materijal koji će se odlikovati stabilnošću ciljnih fenotipskih svojstava. U radu su predstavljeni prvi rezultati istraživanja mogućnosti kloniranja plus stabala obične smreke metodom zakorjenjivanja odrvenjelih reznica.

Glavni cilj istraživanja bio je utrdjivanje uspješnosti primjene raznovrsnih hormonskih tretmana na zakorjenjivanje odrvenjelih reznica starijih (10–12 godina) stabala obične smreke uzetih u ranoproljetnom i kasnojesenskom razdoblju s različitim visinskih etaža krošanja (gornja, srednja i donja trećina krošnje). Provedena su dva eksperimenta. U prvom je po 270 reznica odrezano u rano proljeće iz svake od triju visinskih etaža krošanja, na uzorku od 10 stabala. Po 10 reznica iz svake etaže tretirano je s 27 različitih tretmana (2 tipa hormona \times 4 koncentracije otopine \times 3 vremena trajanja tretiranja + Clonex + kontrola 1 + kontrola 2). Drugo je istraživanje provedeno na po 80 reznica odrezanih iz donje trećine krošanja od 13 izabranih plus stabala u kasnu jesen. Po 30 reznica tretirano je u trajanju od 10 sekundi sa: (i) hormonom IBA koncentracije 2500 ppm, (ii) hormonom IBA koncentracije 500 ppm. Ostatak od 20 reznica poslužio je kao kontrola. Nakon tretiranja hormonom reznice su pikirane u tzv. »paper pot saća« (sadrže 80 heksagonalnih otvora dubine 15 cm, napunjenih supstratom treset : pijesak u omjeru 3 : 1). U listopadu nakon pikiranja obavljena je determinacija uspješnosti zakorjenjivanja svake pojedine reznice, utrdjivanje broja korijenskih žila zakorijenjenih reznica te izmjere duljine najdulje razvijene korijenske žile na svakoj zakorijenjenoj reznici.

Rezultati su pokazali da se stabla obične smreke u dobi od desetak godina u prosjeku mogu relativno uspješno klonirati metodom zakorjenjivanja odrvenjelih reznica uzetih iz donje trećine krošanja u kasnu jesen ili rano proljeće, i to bez ikakva tretiranja (50 %-tni uspjeh). Postotak zakorijenjenih reznica i kvaliteta novostvorenoga korijena mogu se poboljšati jeftinim, ali čini se učinkovitim tretiranjem baze reznica destiliranom vodom u trajanju od dva sata. Međutim, rezultati su pokazali da bi se tretiranjem baze odrvenjelih reznica uzetih u rano proljeće hormonskom otopinom IBA koncentracije 500 ppm u trajanju od 10 s postotak uspješnoga zakorjenjivanja mogao značajno povećati (u prosjeku do 80 %-tne zakorijenjenosti). Odrvenjele reznice uzete iz donje trećine krošanja najbolje se zakorjenjuju, čak i bez ikakvih tretiranja (50 % kontrolnih reznica, u usporedbi s 40 % kontrolnih reznica iz srednje i 20 % zakorijenjenih kontrolnih reznica iz gornje trećine krošnje). Rezultati su otkrili izrazite individualne razlike u uspjehu zakorjenjivanja reznica uzetih iz donje etaže (postotak zakorjenjivanja kretao se od 0 % do 100 %).

Ključne riječi: božićna drvca, oplemenjivanje, plus stabla, kloniranje, genotipovi, IBA, NAA.

1. Uvod – Introduction

Naši uzgajivači (dobavljači) božićnih drvaca uglavnom ne raspolažu s genetski kvalitetnim, testiranim reprodukcijским materijalom koji bi se odlikovao stabilnošću poželjnih fenotipskih svojstava, što, među ostalim, rezultira velikim varijacijama u kvaliteti njihova konačnoga proizvoda.

U Hrvatskoj se za božićno ukrašavanje doma najviše koristi obična smreka ponajviše zbog dostupnosti i cjenovne povoljnosti. Prema dostupnim podacima godišnje se proizvede 500 000 komada drvaca, a najviše u Koprivničko-križevačkoj, Bjelovarsko-bilogorskoj i Zagrebačkoj županiji. U usporedbi s ostalim, za tu svrhu korištenim vrstama drveća, božićna drvca obične smreke uglavnom su najnižega cjenovnoga razreda, a često se odlikuju manje atraktivnim fenotipskim obilježjima.

Da bi se podigla kvaliteta, isplativost i autohtonost proizvodnje obične smreke kao božićnoga drvca, skupina je entuzijasta odlučila pokrenuti proces oplemenjivanja radi masovnije proizvodnje njezina genetski oplemenjenoga reprodukcijškoga materijala (Bogdan i dr. 2017).

1.1 Dosadašnje spoznaje o mogućnostima kloniranja obične smreke metodom zakorjenjivanja reznica – *Recent knowledge on possibilities for Norway spruce cloning by rooting of cuttings*

S obzirom na dob matičnih biljaka većina autora smatra da se bolje zakorjenjuju reznice uzete sa što je moguće mlađih matičnih biljaka. OuYang i dr. (2014) uspješno masovno zakorjenjuju reznice uzete s petogodišnjih stabala. Toogood (1999) također preporučuje mlade biljke (mlađe od šest godina). Nikkanen i dr. (2012) istražuju matične biljke u dobi od 5 do 55 godina te izvješćuju kako postotak zakorjenjivanja reznica pada sa starošću matične biljke, iako je zabilježeno i izvrsno zakorjenjivanje reznica od pojedinih jedinki starijih od 40 godina. Mnogi autori (npr. Clair i dr. 1985, Dekker-Robertson i dr. 1991, Nikkanen i dr. 2012) preporučuju da se kod starijih (>5 god.) biljaka koriste metode rejuvenilizacije (npr. ponovljeno cijepljenje, serijska propagacija, živčeničak, zasjenjivanje) radi smanjenja efekta ciklofizisa.

S obzirom na vrijeme skupljanja reznica različiti autori daju vrlo različite preporuke. OuYang i dr. (2014) uzimali su reznice u svibnju (nove zelene reznice), ali preporučuju prethodno dva puta tjedno gnojenje matičnih biljaka. Međedović i Ferhato-

vić (2003) preporučuju uzeti reznice krajem lipnja odnosno početkom srpnja. Toogood (1999) navodi srpanj/kolovoz ili veljaču/ožujak kao najbolje vrijeme. Nikkanen i dr. (2012) uzimali su reznice u prosincu/siječnju (odrezane grane stavili su u kutije sa snijegom i čuvali na -5°C do ožujka) ili u kolovozu (odrezane grane čuvali nekoliko dana u vlažnim uvjetima na $2-4^{\circ}\text{C}$). Međutim, priznaju da su sa zadnjim doživjeli katastrofalan neuspjeh. Farrar (1939), Oliver i Nelson (1957), prema Nikkanenu i dr. (2012), preporučuju prosinac, dok kolovoz odnosno rujana preporučuju Kelly (1972) te Iseli i Van Meter (1980), prema Nikkanenu i dr. (2012). S druge strane travanj/svibanj (neposredno prije ili za vrijeme otvaranja pupova) kao idealno vrijeme za uzimanje reznica preporučuje Girouard (1975), prema Nikkanenu i dr. (2012), te Fojtik (1982), prema Juraseku i J. Martincová (2004).

S obzirom na položaj reznica na matičnoj biljci različiti autori također nemaju jedinstvene preporuke. Toogood (1999) izvješćuje da je najbolji uspjeh zakorjenjivanja kod reznica s vršnih izbojaka. S druge strane Oliver i Nelson (1957) te Ferguson (1968), prema Nikkanenu i dr. (2012), preporučuju uzimati reznice s postranih izbojaka. Girouard (1975), prema Nikkanenu i dr. (2012), nije dobio značajne razlike u zakorjenjivanju reznica između vršnih i postranih izbojaka. OuYang i dr. (2014) najbolje su zakorjenjivanje postigli s reznicama iz prvoga (donjega) pršljena grana. Nikkanen i dr. (2012) za stabla viša od 5 m preporučuju uzimati reznice iz druge gornje četvrtine krošnje, a kod nižih iz cijele krošnje. Jurásek i Martincová (2004), Roulund (1975) te Hannerz i dr. (1999), prema Nikkanenu i dr. (2012), izvješćuju da je reznicama uzetim s donjih pršljenova bolje zakorjenjivanje, ali upozoravaju i na veću vjerojatnost plagiotropnoga rasta kod takvih reznica. Slično kao i kod prethodnih autora, Olesen (1978), Kleinschmit i dr. (1973), Roulund (1975) i Pulkkinen (1992), prema Nikkanenu i dr. (2012), dobili su manje plagiotropnoga rasta kod zakorijenjenih reznica iz gornjih pršljenova, ali i njihovo slabije zakorjenjivanje u odnosu na reznice uzete iz donjega dijela krošnje (Jurásek i Martincová 2004). Hauck i Volná (1989, 1990), prema Juraseku i J. Martincová (2004), najbolje su zakorjenjivanje postigli kod reznica uzetih od 3. do 6. pršljena. I na kraju, Spethmann (1997), prema Juraseku i J. Martincová (2004), preporučuju uzimati reznice koje se nalaze bliže deblu, neovisno o pršljenju.

Što se tiče veličine reznica, OuYang i dr. (2014) postigli su najbolji uspjeh s 3–4 mm debelim i 9–12 cm dugim. Sitnije, ali i krupnije, u istom su istra-

živanju pokazale slabije rezultate. Wühlisch (1984) preporučuje zelene i poluodrvnjele reznice rezane na 4 cm, a odrvenjele na 10 cm. Nikkanen i dr. (2012) predlažu reznice dulje od 5 (6) cm da bi se dobili najbolji rezultati zakorjenjivanja.

Hormonski tretman reznica preporučuju brojni autori, ali se njihovi rezultati značajno razlikuju s obzirom na tip, koncentraciju i vrijeme trajanja tretiranja hormonom. Međedović i Ferhatović (2003) izvješćuju da se najbolji rezultati postižu primjenom IAA koncentracije 50 mg/l (ne navode vrijeme trajanja tretiranja). OuYang i dr. (2014) najbolje su rezultate postigli tretiranjem reznica hormonom IBA (koncentracije 200 mg/l u trajanju 2 h). Samo neznatno slabiji uspjeh isti su autori postigli i primjenom IBA (150 mg/l u trajanju 0,5 h). OuYang i dr. (2014) izvješćuju i o odličnom postotku zakorjenjivanja reznica tretiranih prahom ABT-1 (100 mg/l u trajanju od 1 h) te bez hormonskoga tretmana (reznice namočene 1 h u običnu vodu sa 150 ml/l destilirane vode. Međutim, unatoč visokomu postotku zakorjenjivanja parametri kvalitete korijena bili su značajno slabiji u usporedbi s tretmanima hormonom IBA. Ma i dr. (2011) dobili su odlične rezultate primjenom IBA (koncentracije 200 ppm u trajanju od 2 h). Mnogo više koncentracije hormona IBA (4 g/l) kao uzročnike najboljih rezultata zakorjenjivanja navodi Al-Kinany (1981), uz indicije da bi još viša koncentracija toga hormona dala čak i bolje rezultate. Neki autori navode kako se reznice obične smreke sasvim dobro zakorjenjuju i bez ikakva hormonskoga tretmana. Tako Jurásek i Martincová (2004) izvješćuju da je zakorjenjivanje netretiranih reznica više od 70 %. Wühlisch (1984) potvrđuje odlično zakorjenjivanje netretiranih reznica (reznice su umjesto hormonima tretirane fungicidnim sredstvom), ali upozorava da postotak zakorjenjivanja takvih reznica pada sa starošću – vrlo mlade sadnice 100 % zakorjenjivanje, a 12-godišnje 50–75 %. Treba napomenuti da su neki autori izvijestili kako je hormonski tretman imao neutralan ili pak negativan utjecaj (Farrar 1939, Girouard 1973, Dirr i Heuser 2006, Teivonen 2010, prema Nikkanenu i dr. 2012).

Supstrat za zakorjenjivanje reznica dodatan je važan čimbenik za uspjeh zakorjenjivanja reznica obične smreke, ali i ovdje različiti autori imaju vrlo raznovrsne preporuke. OuYang i dr. (2014) najbolje su rezultate postigli mješavinom treseta i ljusaka riže u omjeru 1 : 1. Međedović i Ferhatović (2003) preporučuju supstrat pijesak : treset u omjeru 2 : 1. Isti supstrat, ali u omjeru 1 : 1 preporučuju Ferguson (1968) i Girouard (1973), prema Nikkanenu i dr. (2012), dok taj supstrat u omjeru 60 : 40 preporučuju

Jurásek i Martincová (2004). Najbolje zakorjenjivanje supstratom napravljenim od perlita i pijeska u omjeru 1 : 1 postigao je Wühlisch (1984), ali samo kod reznica uzetih do studenoga. Za reznice uzete nakon studenoga isti je autor preporučio perlit : treset : pijesak (u omjeru 40 : 50 : 10). Nikkanen i dr. (2012) odlične su rezultate postigli supstratom napravljenim od vermikulita i treseta (1 : 1), ali navode da bi vjerojatno bilo još bolje upotrijebiti perlit i treset u istom omjeru. Girouard (1975) te Iseli i Van Meter (1980), prema Nikkanenu i dr. (2012), najbolje su rezultate postigli čistim perlitom kao supstratom za zakorjenjivanje, dok 100 %-tni vermikulit preporučuju Oliver i Nelson (1957) prema Nikkanenu i dr. (2012). Toogood (1999) naglašava da je izuzetno važno da baza reznice ima zraka (aerirana), stoga općenito preporučuje prozračan supstrat. Neki autori navode da se radi aeracije ne preporučuje bazu reznice očistiti od iglica (Toogood 1999, Nikkanen i dr. 2012).

I na kraju, različiti se autori bave i istraživanjem utjecaja različitih abiotskih tretmana reznica nakon pikiranja u supstrat. OuYang i dr. (2014) izdvojili su kao vrlo važno tretiranje reznica fungicidom (svakih 10 dana), a Nikkanen i dr. (2012) preporučuju isto svakih 14 dana. Folijarna prihrana svakih 14 dana značajno je unaprijedila zakorjenjivanje reznica i kvalitetu korijena (OuYang i dr. 2014). Održavanje visoke zračne vlage (70–95 %) kao važan čimbenik uspjeha zakorjenjivanja reznica (zamagljivanjem ili pokrivanjem pvc folijom) navode OuYang i dr. (2014) i Wühlisch (1984). Toogood (1999) preporučuje grijanje supstrata za zimske reznice (na temperaturu 15–20 °C), a Wühlisch (1984) stalno održavanje temperature zraka na 18–24 °C. Izvrsne rezultate u zakorjenjivanju reznica obične smreke postigli su Nikkanen i dr. (2012) potpunom kontrolom okoliša nakon pikiranja (temperatura zraka 15 °C, grijanje supstrata na 22 °C, zračna vlaga 80–90 %, dodatno svjetlo 12 h dan).

Kao što se može vidjeti iz ovoga pregleda, autori koji su se bavili problematikom kloniranja obične smreke metodom zakorjenjivanja reznica, uglavnom izvješćuju o dobrim rezultatima, ali se najbolja tehnologija ne može nedvojbeno iščitati iz literaturnih podataka.

2. Materijal i metode *Material and methods*

Da bi se istražila uspješnost različitih kombinacija tretmana i identifikacije potencijalne tehnologije koja bi dala zadovoljavajuće rezultate u našim uvjetima, nužno je bilo ispitati utjecaj ovih čimbenika na

uspjeh zakorjenjivanja i kvalitetu sadnica u našim uvjetima:

- ⇒ vrijeme skupljanja reznica s matičnih stabala
- ⇒ položaj reznica na matičnom stablu (gornja, srednja ili donja etaža krošnje)
- ⇒ hormonski tretman reznica
 - tip hormona
 - koncentracija hormona
 - vrijeme tretiranja baze reznica hormonom.

S obzirom na ispitivanje nabrojanih čimbenika provedena su dva eksperimenta koji se opisuju u nastavku.

2.1 Eksperiment 1 – Study 1

U prvom eksperimentu pažnja je bila usmjerena na ispitivanje uspješnosti zakorjenjivanja s obzirom na trajanje hormonskoga tretiranja (10 s, 1 h, 2 h) i tip hormonskoga preparata, te na uspješnost zakorjenjivanja s obzirom na položaj reznica u etažama krošanja matičnih stabala (gornja, srednja ili donja trećina krošnje). Cilj je bio ispitati utjecaj položaja reznica u krošnji i vremenskoga tretiranja specifičnim koncentracijama i vrstama hormona.

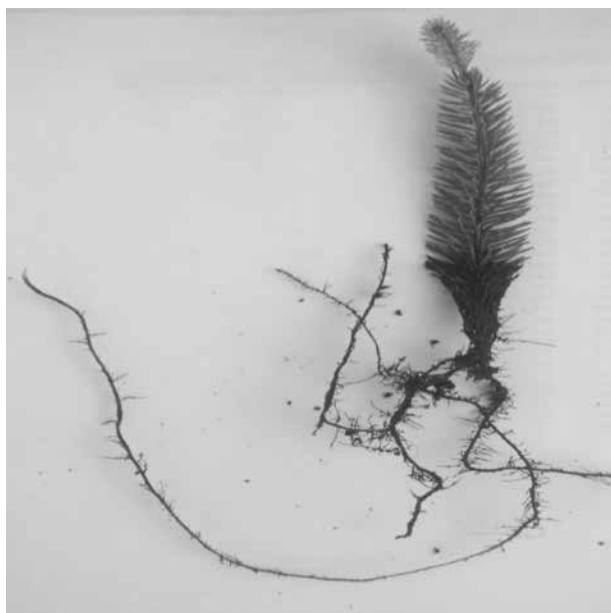
2.1.1 Postupci s reznicama – Procedures with cuttings

U poljima Hrvatskoga šumarskoga instituta 1. 4. 2015. godine odrezani su vršni dijelovi grana s 10 slučajno izabranih jedinki obične smreke u dobi oko 10 godina. Grane su odrezane po etažama (gornja, srednja i donja etaža, tj. gornja, srednja i donja trećina krošnje). Sa svake jedinke odrezano je prosječno šest grana po etaži. Grane su bile različite duljine i odrezane su oko cijeloga opsega krošnje, a imale su otprilike 5–7 jednogodišnjih izbojaka (najčešće jedan vršni i četiri do šest postranih). Odrezane su grane stavljene u plastične vrećice koje su označene s obzirom na etažu. Grane su zatim tretirane fungicidom (Neoram WG /bakreni oksiklorid/ u koncentraciji 0,5 %) i pohranjene u hladnjaču u uvjetima temperature 3 ± 2 °C i relativne vlage zraka od 60 %.

Dana 23. 4. 2015. grane su izvađene iz hladnjače te su s njih voćarskim škarama pod kutom od 45° na bazi odrezane reznice (jednogodišnji postrani i vršni odrvenjeli izbojci). Rez je dodatno obrađen skalpelom, a baza reznice nije ozljeđivana (nije skinuta kora) i nisu skidane iglice. Reznice su pomiješane s obzirom na matično stablo, ali se dobro pazilo da se ne pomiješaju s obzirom na etažu.

Reznice su tretirane otopinama hormona iz grupe auksina (biljnih hormona rasta), i to: IBA (indol maslačna kiselina) i NAA (naftiloctena kiselina) koje su pripremljene u različitim koncentracijama (5000, 2500, 500 i 250 ppm) otapanjem u NaOH i razrjeđivanjem destiliranom vodom. Tako pripremljenim hormonskim otopinama reznice su tretirane (umakanjem baze reznice u otopinu) prije pikiranja u supstrat, i to različitim vremenom trajanja tretiranja (10 s, 1 h i 2 h). Osim opisanoga hormonskoga tretiranja dio je reznica tretiran komercijalnim hormonskim preparatom Clonex (to je sredstvo u obliku gela u kojega su baze reznica umočene), a dio nije tretiran hormonima (kontrola), i to: kontrola 1 (potpuni izostanak bilo kakva tretmana, reznice su odmah pikirane u supstrat) i kontrola 2 (baza je reznica prije pikiranja umočena u destiliranu vodu u trajanju od 2 h).

Ukupno je bilo 27 kombinacija tretiranja (2 tipa hormona \times 4 koncentracije otopine \times 3 vremena trajanja tretiranja + Clonex + kontrola 1 + kontrola 2), a u svakoj je kombinaciji tretirano 10 reznica. Dakle, na različite je načine tretirano (ili netretirano) ukupno 270 reznica iz svake etaže odnosno ukupno 810 reznica (270 reznica \times 3 etaže krošnje).



Slika 1. Zakorijenjena reznica obične smreke

Fig. 1 Rooted cutting of Norway spruce

Reznice su pikirane u kontejnere Bosnaplast pune supstratom treset : perlit u omjeru 56 : 44 % (250 L treseta i 200 L perlita). Kontejneri s reznicama zatim su pohranjeni na stolove u plastenik na zakorjenjivanje. Grijanjem stolova održavala se temperatura supstrata na 20 °C, a sustavom automatskoga

zamagljivanja održavala se zračna vlaga na min. 80 %. Reznice su također na dan pikiranja tretirane fungicidnim zaštitnim sredstvom Astor s aktivnom tvari Kaptan 50 %, u koncentraciji od 0,3 % na 20 L vode. U listopadu 2015. godine obavljeno je vađenje reznica iz kontejnera, determinacija uspješnosti zakorjenjivanja svake pojedine reznice, utvrđivanje broja korijenskih žila zakorijenjenih reznica te izmjera duljine najdulje razvijene korijenske žile na svakoj zakorijenjenoj reznici (slika 1).

2.2 Eksperiment 2 – Study 2

Za drugi su eksperiment 2. 12. 2015. odrezani vršni dijelovi grana samo iz donje trećine krošnje na 13 izabranih plus stabala u Rasadniku Instituta. Razlog je tomu što su rezultati eksperimenta 1 (kao i literaturni podaci) ukazivali na bolje zakorjenjivanje reznica uzetih iz donje trećine krošnja, a želja je bila što prije započeti s testiranjem uspješnosti kloniranja selektiranih plus jedinki. S uzorkovanih grana potom su odrezani jednogodišnji izbojci (80 reznica po stablu). Reznice su tretirane različitim koncentracijama hormona IBA s vremenom trajanja tretiranja od 10 sekundi:

⇒ IBA 2500 ppm – 30 reznica

⇒ IBA 500 ppm – 30 reznica

⇒ netretirano (kontrola) – 20 reznica.

Razlog zašto je u eksperimentu 2 korišten samo hormon IBA u navedenim koncentracijama i vremenu trajanja tretiranja i ovaj put leži u preliminarnim rezultatima eksperimenta 1. Nakon tretiranja hormonom reznice su pikirane u tzv. paper pot saća (sadrže 80 heksagonalnih otvora dubine 15 cm, napunjenih supstratom treset : pijesak u omjeru 3 : 1). Saća su etiketirana i stavljena u plastenik. Zračna se vlaga automatskim orošavanjem održavala na 70 %, a grijanje se supstrata održavalo na 22 °C.

Reznice su nakon završetka eksperimenta (u listopadu 2016. godine) pažljivo izvađene iz supstrata za zakorjenjivanje. Nakon toga je svakoj reznici vizualno utvrđeno je li se zakorijenila, a ako jest, onda su joj izbrojene korijenske žile i mjernom vrpcom izmjerena duljina najdulje korijenske žile (slika 1).

2.3. Statistička obrada podataka – Statistical analyses

Podaci dobiveni opisanim izmjerama obrađeni su deskriptivnom statističkom analizom u programu *MS Excell 2016* radi utvrđivanja aritmetičkih srednjih vrijednosti za mjerena svojstva po različitim tretiranjima i s obzirom na istraživane čimbe-

nike (mjesto uzimanja reznica, vrijeme uzimanja reznica, hormonski tretman, genotip).

3. Rezultati – Results

3.1 Eksperiment 1 – Study 1

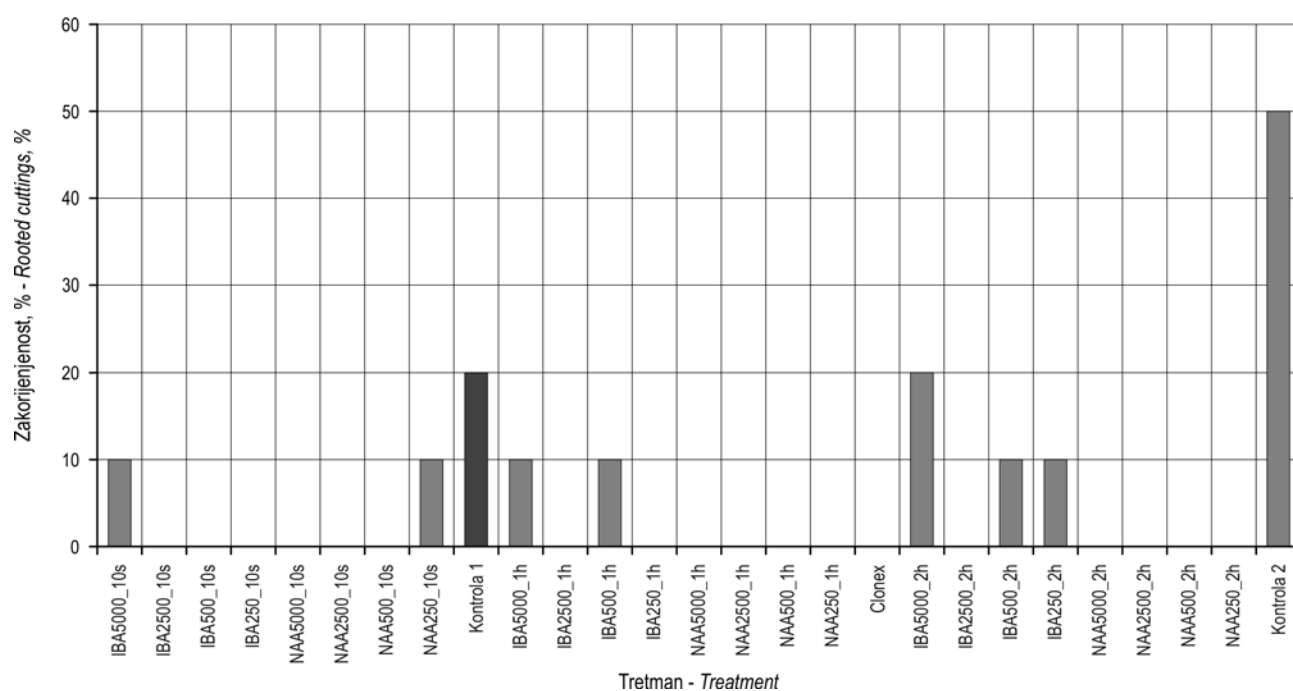
3.1.1 Rezultati s obzirom na hormonske tretmane baze reznica iz gornje etaže krošnja – Results due to hormonal treatments of cuttings taken from upper part of crowns

Budući da reznice koje pripadaju kontroli 1 nisu tretirane ni s čim, onda je jasno da se uspješnost pojedinih tretmana na zakorjenjivanje reznica i na kvalitativna svojstva korijena (broj žila i najveća duljina korijena) može jasno uvidjeti njihovom usporedbom s rezultatima kontrole 1. Također, usporedbama uspjeha zakorjenjivanja reznica iz kontrole 1 koje potječu iz različitih etaža matičnih stabala, može se uvidjeti koji su dijelovi krošnje pogodniji za uzimanje reznica.

Podaci o postotku zakorijenjenosti reznica iz gornje etaže po tretmanima (slika 2) prikazuju da je najveća zakorijenjenost bila ostvarena u kontroli 2 (baza reznica umočena u destiliranu vodu u trajanju od 2 sata) s 50 %-tnom zakorijenjenošću. Vidljivo je da je tretiranje reznica samo destiliranom vodom blagotvorno djelovalo na njihovo zakorjenjivanje. Svi su hormonski tretmani velikom većinom pokazali negativno djelovanje na uspjeh zakorjenjivanja reznica, dok je tretman s IBA u koncentraciji 5000 ppm u trajanju od 2 h bio neutralan u odnosu na kontrolu 1 (koja je pokazala je 20 %-tnu zakorijenjenost reznica iz gornja etaže).

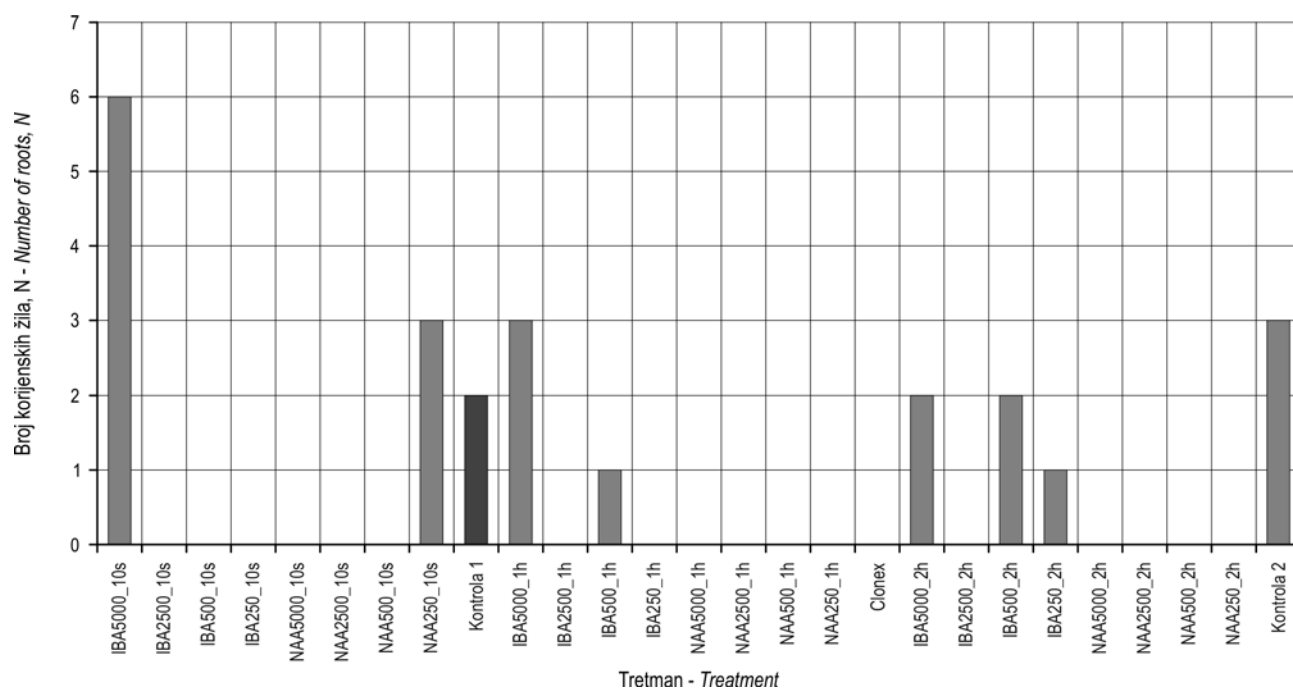
Prosjeak broja korijenskih žila po tretmanima kod reznica iz gornje etaže prikazan je na slici 3. Uočava se da je pozitivan utjecaj na povećanje broja korijenskih žila imalo tretiranje reznica destiliranom vodom (kontrola 2), tretiranje hormonom NAA u koncentraciji 250 ppm i trajanju od 10 s, zatim tretiranje s IBA u koncentraciji 5000 ppm u trajanju od 1h i tretiranje istom otopinom, ali u kraćem trajanju (10 s) koje je pokazalo najveći utjecaj na povećanje broja korijenskih žila.

Na slici 4 vidljivo je da je pozitivan utjecaj na duljinu korijena jedino pokazao tretman hormonom NAA koncentracije 250 ppm u trajanju od 10 s. Svi su ostali tretmani pokazali negativan utjecaj na to svojstvo. Međutim, potrebno je naglasiti da su svi hormonski tretmani koji su pokazali pozitivan utjecaj na kvalitativna svojstva novostvorenoga korijena istodobno imali negativan utjecaj na uspjeh zakorjenjivanja. Stoga se ne može govoriti o pozitivnom



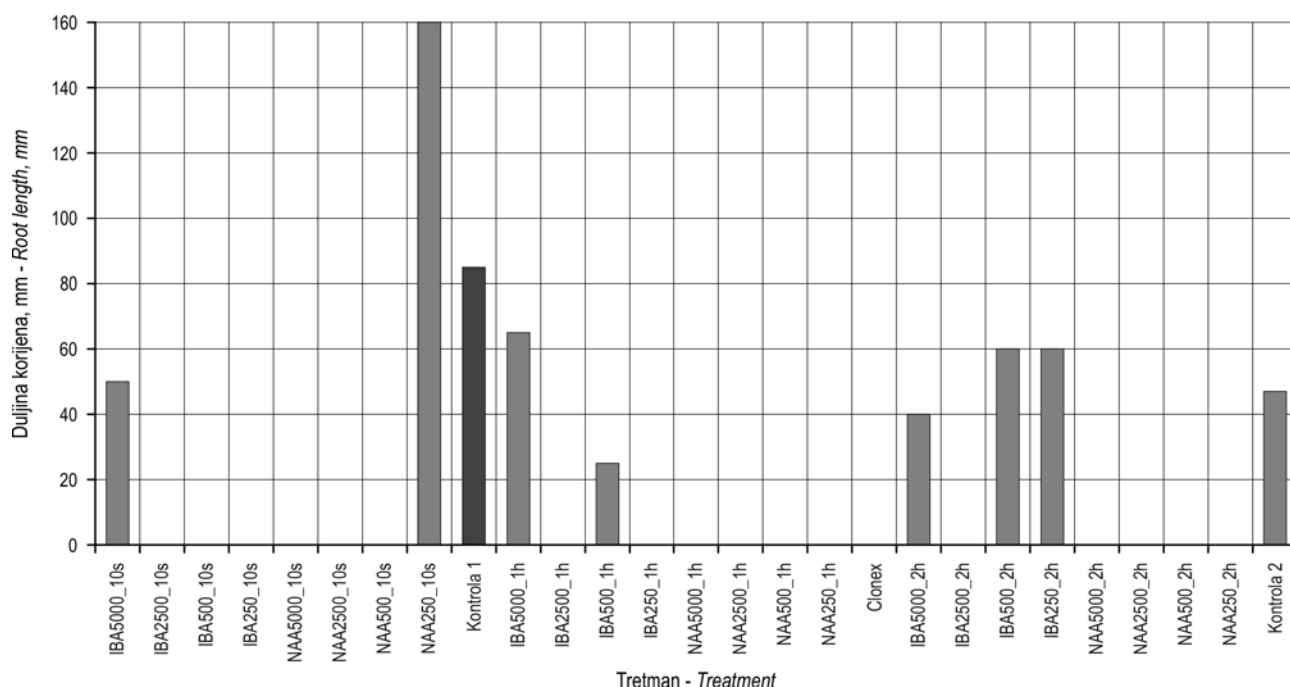
Slika 2. Postotak zakorijenjenih reznica iz gornje etaže s obzirom na hormonsko tretiranje

Fig. 2 Percentage of rooted cuttings taken from the upper third of crowns, due to hormonal treatments



Slika 3. Prosječan broj korijenskih žila reznica iz gornje etaže po tretmanima

Fig. 3. Mean number of roots per cutting taken from the upper third of crowns, due to hormonal treatments



Slika 4. Prosječna duljina korijena reznica iz gornje etaže krošnje s obzirom na tretmane

Fig. 4. Mean root length per cutting taken from the upper third of crowns, due to hormonal treatments

utjecaju tretiranja reznica iz gornje etaže hormonskim otopinama. Jedini pravi pozitivan utjecaj imala je kontrola 2, tj. tretiranje baze reznica destiliranom vodom u trajanju od 2 h prije pikanja, što je značajno povećalo postotak zakorijenjenosti, ali i poboljšalo razvijenost korijena kod reznica iz gornje etaže.

3.1.2 Rezultati s obzirom na hormonske tretmane baze reznica iz srednje etaže krošnja – Results due to hormonal treatments of cuttings from middle part of crowns

Promatrajući sliku 5 i uspoređujući ju sa slikom 2, može se uvidjeti da je uspjeh zakorjenjivanja reznica koje su uzete iz srednje etaže (srednja trećina krošnje) bio povećan u odnosu na gornju etažu. Naime, postotak zakorijenjenih reznica u kontroli 1 (netretirane reznice) porastao je s 20 % na 40 %.

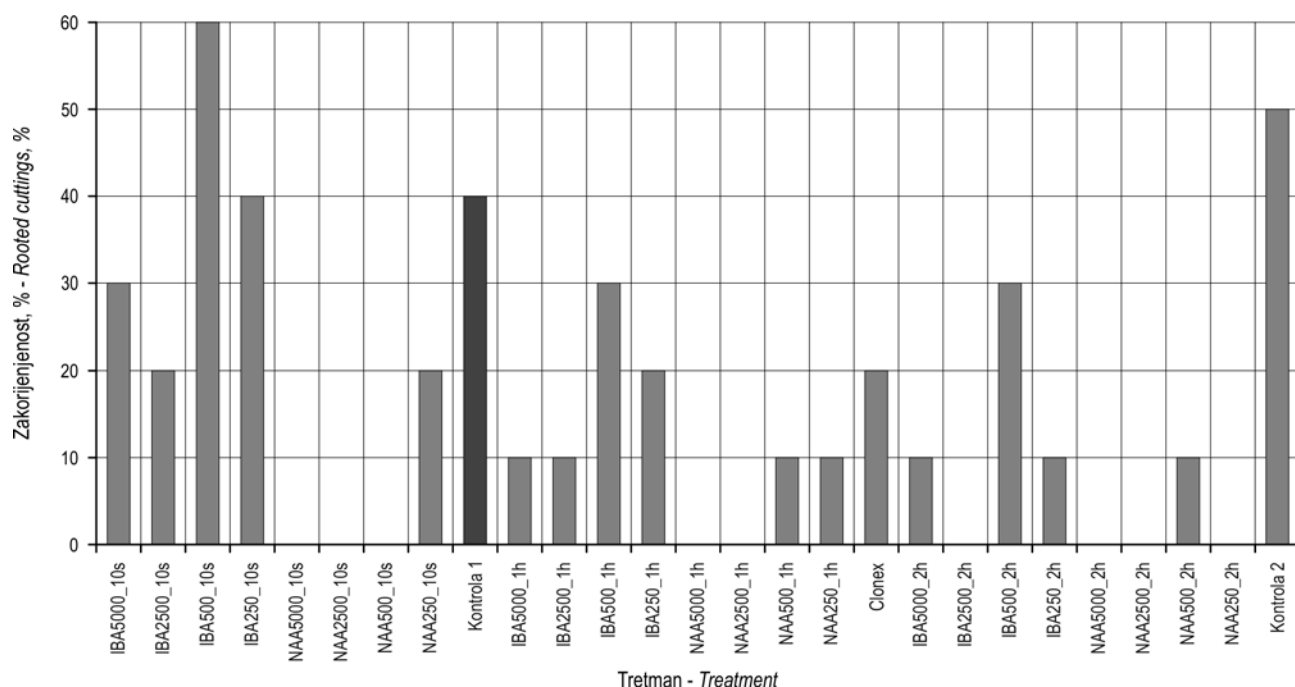
I kod te se etaže može vidjeti da je tretiranje baze reznica samo destiliranom vodom pozitivno djelovalo na uspjeh zakorjenjivanja (10 %-tno povećanje). Prema rezultatima ovoga istraživanja može se zaključiti da se tretiranjem baze reznica destiliranom vodom u trajanju od 2 h povećava postotak zakorijenjenih reznica uzetih iz gornje i srednje etaže (do maksimalnih 50 %).

Hormonski tretman baze reznica uzetih iz srednje trećine krošnje prije pikanja uglavnom je ne-

gativno utjecao na uspjeh njihova zakorjenjivanja. Međutim, tretman hormonskom otopinom IBA koncentracije 500 ppm u trajanju od 10 s značajno je povećao postotak zakorjenjivanja reznica u usporedbi s kontrolom 1 (za 20 %). Stoga se to tretiranje može preporučiti radi značajnijega povećanja postotka zakorijenjenih reznica uzetih iz srednje etaže (barem kod dormantnih reznica uzetih u ranoproljetnom razdoblju).

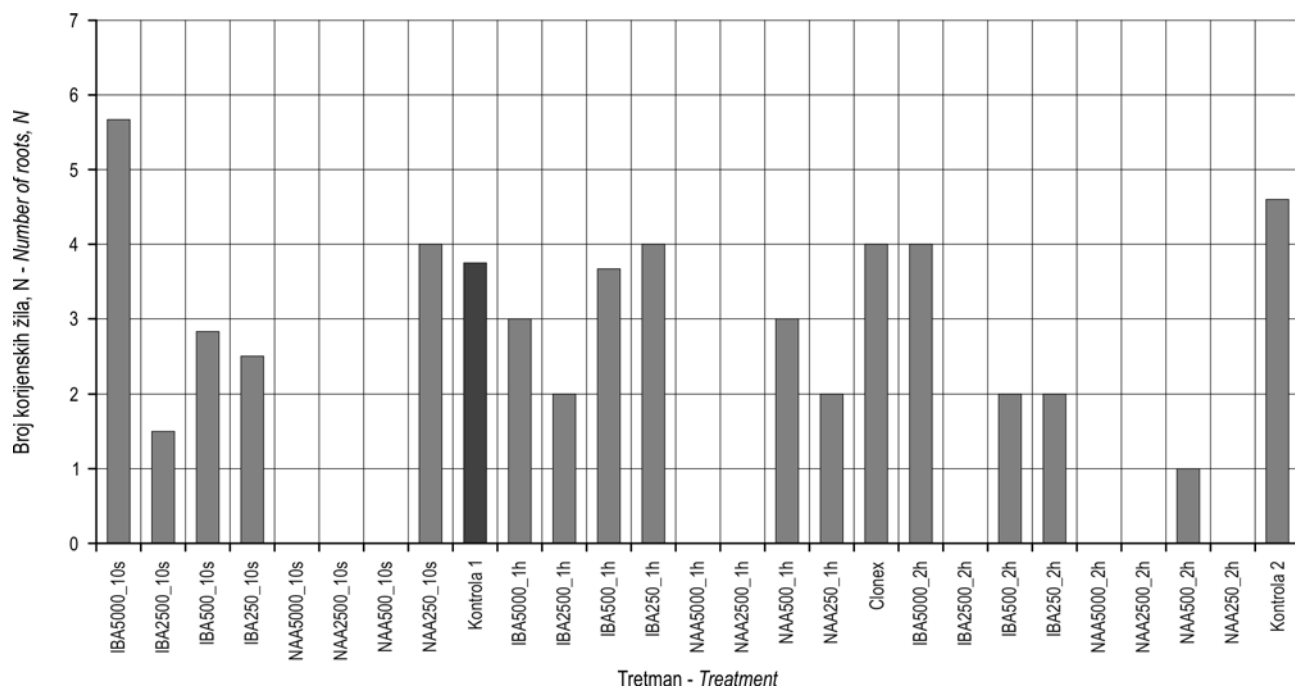
Na kvalitativna svojstva korijena (broj žila) kod zakorijenjenih reznica uzetih iz srednje etaže pozitivno je utjecalo nekoliko različitih tretmana hormonskim otopinama (slika 6). Međutim, pozornost zaslužuje isključivo tretman baze reznica destiliranom vodom (kontrola 2), jer je samo taj »tretman« ujedno pozitivno utjecao na povećanje postotka zakorijenjenih reznica. Zbog toga se hormonska tretiranja baze reznica uzetih iz srednje etaže krošnje koja su pozitivno utjecala na povećanje broja korijenskih žila ne mogu preporučiti (to su bili: IBA 5000 ppm_10 s, NAA 250 ppm_10 s, IBA 250 ppm_1 h, Clonex, IBA 5000 ppm_2 h).

Slično kao i kod broja korijenskih žila, tako je i kod maksimalne duljine korijena zabilježen veći ili manji pozitivan utjecaj različitih kombinacija hormonskoga tretmana baze reznica prije pikanja (slika 7). Naravno, i kod toga svojstva većina nao-



Slika 5. Postotak zakorijenjenih reznica iz srednje etaže krošanja s obzirom na hormonska tretiranja

Fig. 5 Percentage of rooted cuttings taken from the middle third of crowns, due to hormonal treatments

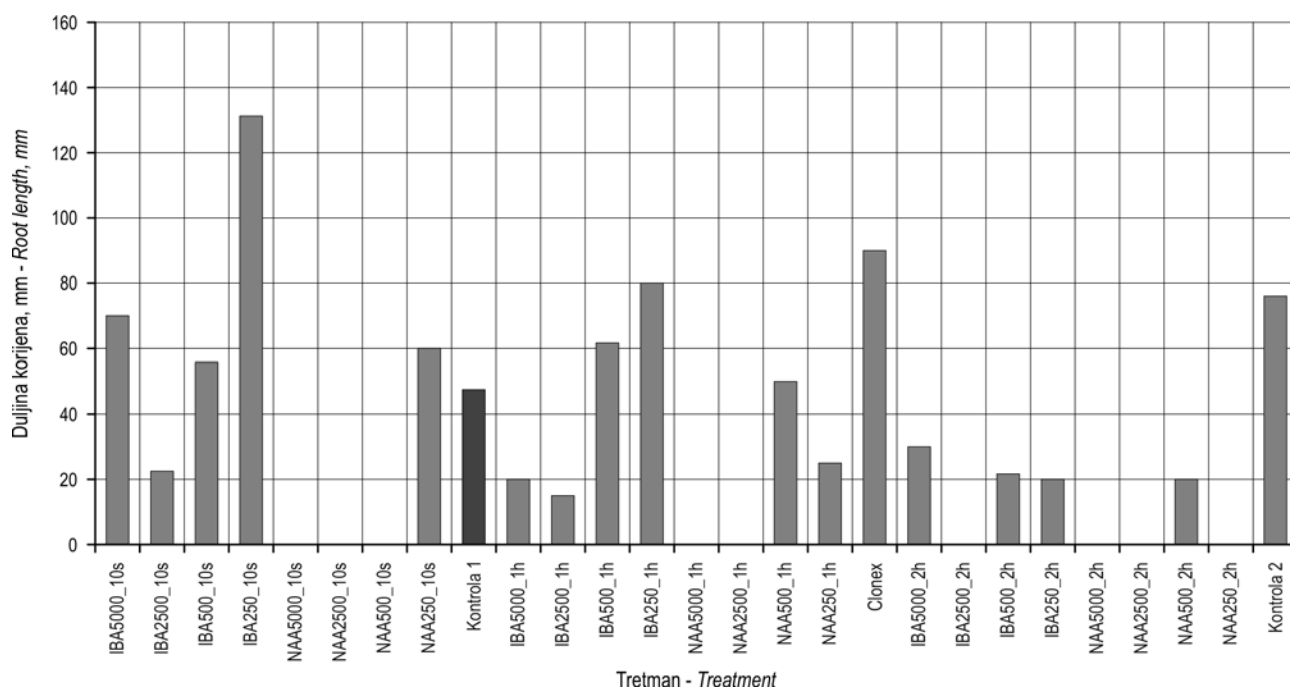


Slika 6. Prosječan broj korijenskih žila reznica iz srednje etaže krošanja po tretmanima

Fig. 6 Mean number of roots per cutting taken from the middle third of crowns, due to hormonal treatments

ko pozitivnih hormonskih tretmana ne zaslužuje pozornost jer su istodobno pokazala neutralan ili negativan utjecaj na uspjeh zakorjenjivanja reznica. Međutim, ovdje rezultati pokazuju da se radi

postizanja bolje kvalitete korijena može preporučiti tretiranje baze reznica hormonskom otopinom IBA koncentracije 500 ppm u trajanju od 10 s te tretiranje destiliranom vodom u trajanju od 2 h prije pikiranja.



Slika 7. Prosječna duljina korijena reznica iz srednje etaže krošnje s obzirom na tretmane

Fig. 7 Mean root length per cutting taken from the middle third of crowns, due to hormonal treatments

Naime, oba su ta tretiranja ujedno i povećala postotak zakorijenjenih reznica iz srednje etaže (v. slika 5).

3.1.3 Rezultati s obzirom na hormonske tretmane baze reznica iz donje etaže krošnja – Results due to hormonal treatments of cuttings from lower part of crowns

Promatrajući sliku 8 i uspoređujući ju sa slikama 2 i 5, razvidno je da su reznice matičnih stabala obične smreke u dobi od 10 godina, uzete iz donje trećine krošnja, pokazale najveći uspjeh u zakorjenjivanju. To je jasno ako se usporede postoci zakorijenjenih reznica kontrole 1 na tri navedena grafikona. Naime, taj je postotak kod reznica uzetih iz gornje etaže iznosio 20 %, kod reznica uzetih iz srednje etaže bio je 40 %, a 50 % kod reznica uzetih iz donje etaže.

Najveći pozitivan utjecaj na bolje zakorjenjivanje imao je tretman baze reznica hormonskom otopinom IBA koncentracije 500 ppm u trajanju od 10 s prije pikiranja (povećanje za 30 %). Nakon te kombinacije slijedi tretiranje otopinom IBA koncentracije 250 ppm u trajanju od 10 s (povećanje za 20 %). I na kraju se s pozitivnim efektom na uspjeh zakorjenjivanja reznica uzetih iz donje etaže mogu izdvojiti i tretmani otopinom koncentracije IBA 500 ppm i koncentracije 250 ppm u trajanju od 2 h prije pikiranja te tretiranje komercijalnim preparatom Clonex. Međutim, posljednji tretmani, iako su pokazali po-

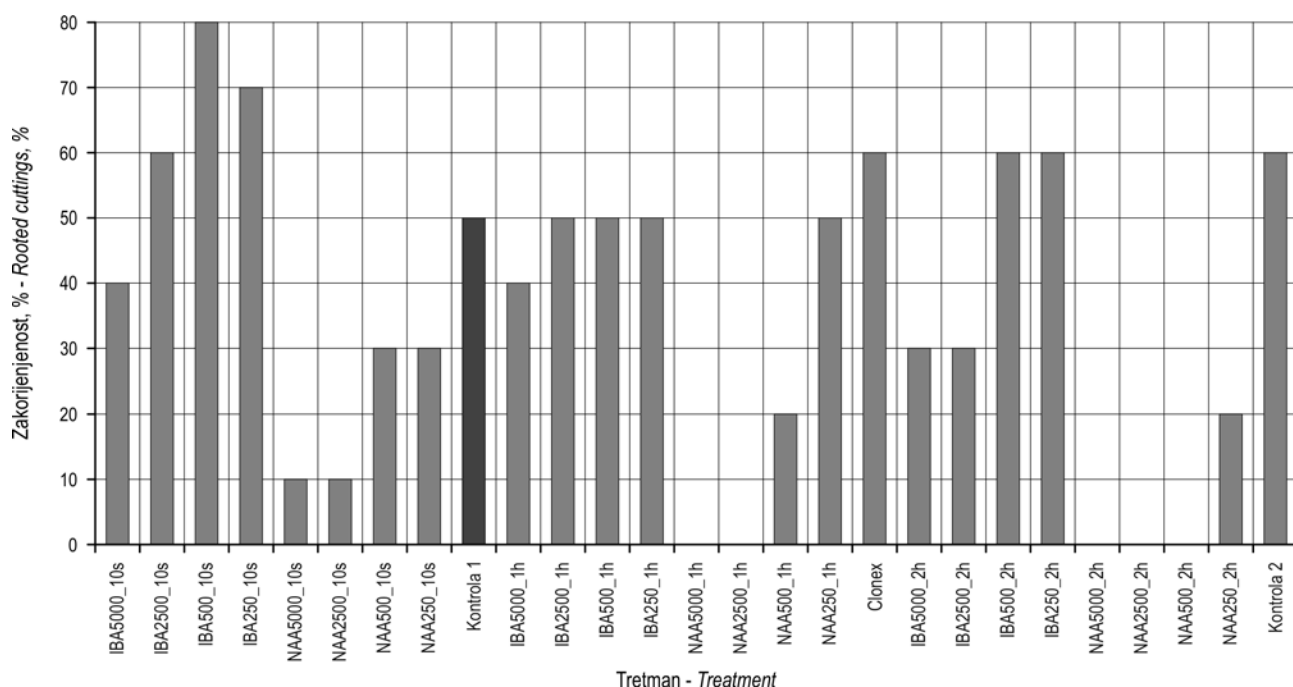
zitivniji efekt, nisu bili nimalo »uspješniji« od tretiranja baze reznica destiliranom vodom (kontrola 2).

Promatrajući utjecaje hormonskih tretmana na povećanje broja korijenskih žila (slika 9), razvidno je da je više različitih kombinacija pozitivno utjecalo na to kvalitativno svojstvo. Međutim, izdvajaju se samo ona tretiranja koja su istodobno utjecala i na povećanje postotka zakorijenjenih reznica.

S obzirom na to vrijedni su pozornosti tretmani: IBA 500 ppm_{10 s}, IBA 500 ppm_{2 h}, Clonex i destilirana voda_{2 h} (kontrola 2). Budući da je tretman s IBA 500 ppm_{10 s} imao najveći pozitivni efekt na uspjeh zakorjenjivanja (s 50 % na 80 %), a pozitivno je utjecao i na povećanje broja korijenskih žila (s 2,8 na 3,4), onda se upravo taj tretman najviše može preporučiti za tretiranje reznica uzetih iz donje etaže.

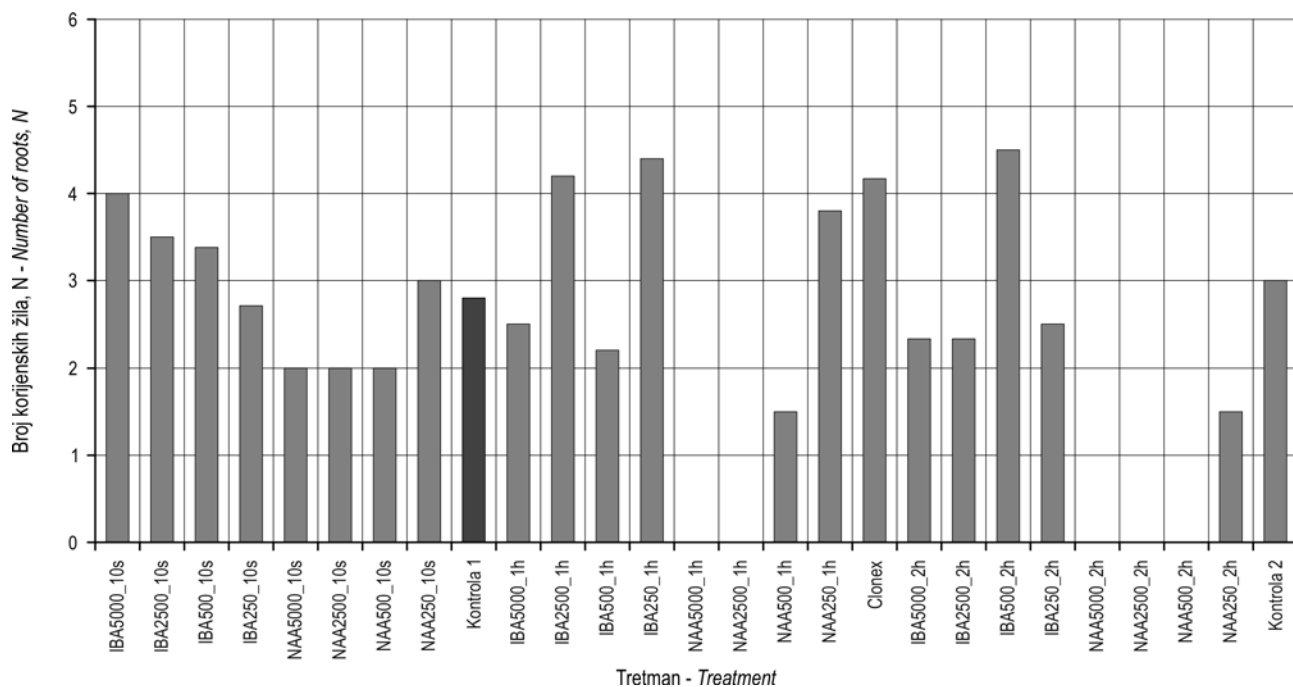
Na drugom je mjestu pozitivnih tretmana IBA 500_{2 h}, jer je postigao 10 %-tno povećanje postotka zakorijenjenosti reznica u odnosu na kontrolu 1 (s 50 % na 60 %), a istodobno je i značajno pozitivno utjecao na povećanje broja korijenskih žila kod zakorijenjenih reznica (povećanje s prosječnih 2,8 žila u kontroli 1 do prosječnih 4,5 žila).

Ne bi trebalo izostaviti ni tretman preparatom Clonex, čiji je efekt povećanja prosječnog broja žila na 4,2, ali ni pozitivan efekt tretmana destiliranom vodom (»kontrola 2« s prosječnim brojem žila 3).



Slika 8. Postotak zakorijenjenih reznica iz donje etaže krošnja s obzirom na hormonska tretiranja

Fig. 8 Percentage of rooted cuttings taken from the lower third of crowns, due to hormonal treatments



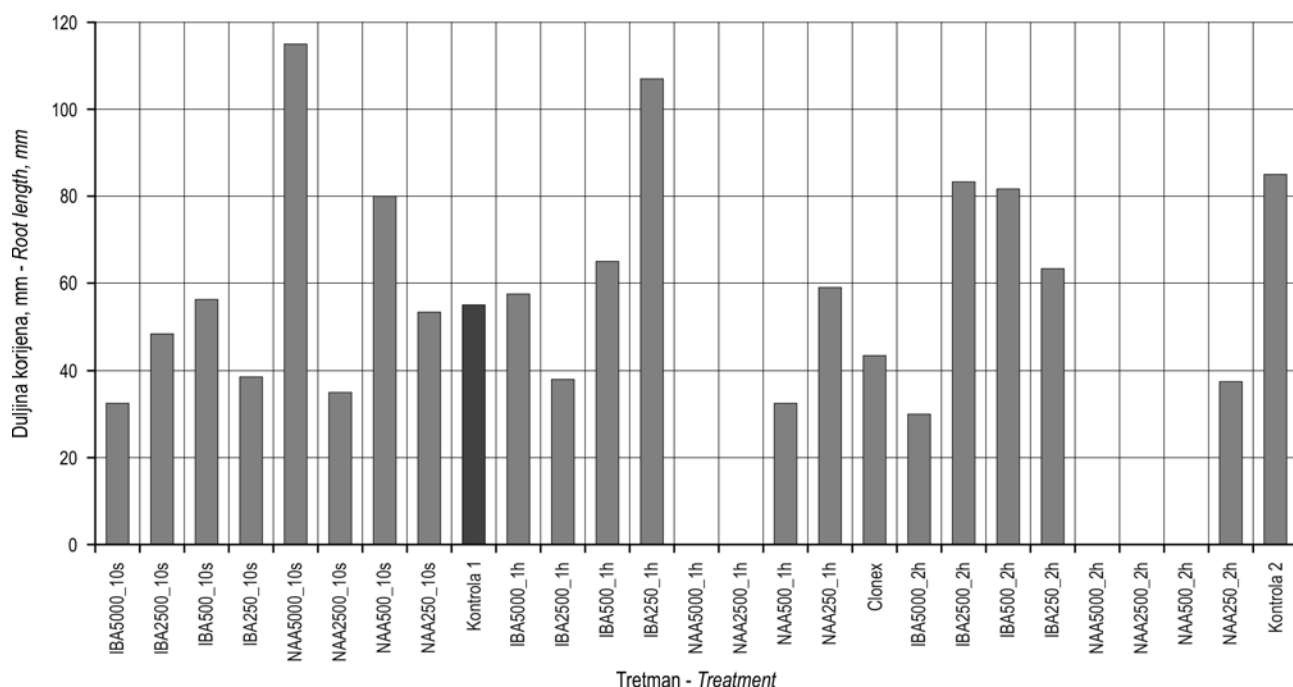
Slika 9. Prosječan broj korijenskih žila reznica iz donje etaže krošnja po tretmanima

Fig. 9 Mean number of roots per cutting taken from the lower third of crowns, due to hormonal treatments

Na povećanje maksimalne duljine korijena zakorijenjenih reznica pozitivno su utjecali tretmani raznovrsnim hormonskim otopinama odnosno trajanjem (slika 10), ali su vrijedni pozornosti samo oni

koji su ujedno i utjecali na povećanje postotka zakorijenjenih reznica.

S obzirom na to mogu se izdvojiti tretmani oto-



Slika 10. Prosječna duljina korijena reznica iz donje etaže krošnje s obzirom na tretmane

Fig. 10 Mean root length per cutting taken from the lower third of crowns, due to hormonal treatments

pinom IBA koncentracije 500 i 250 ppm u trajanju od 2 h te kontrola 2 odnosno tretiranje baze reznica destiliranom vodom.

3.2 Eksperiment 2 – Study 2

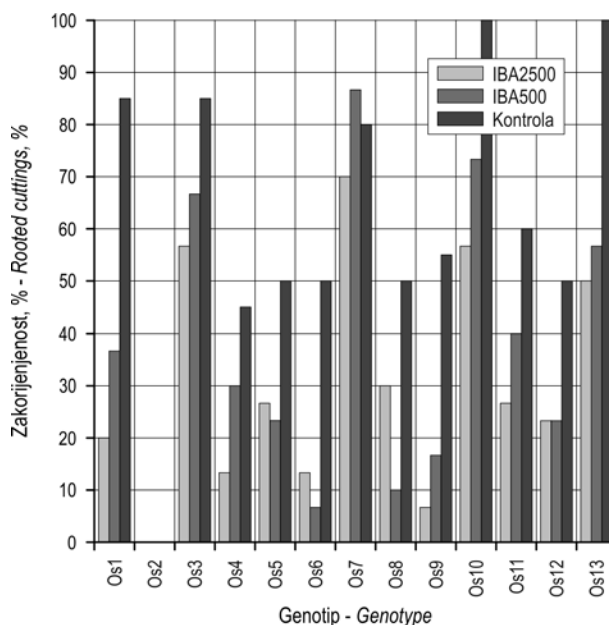
Sve reznice iz ovoga dijela istraživanja skupljene su u prosincu iz donje etaže plus stabala obične smreke. Reznice su tretirane različitim tipovima i koncentracijama hormona u trajanju od 10 sekundi.

3.2.1 Uspješnost zakorjenjivanja reznica s obzirom na genotip i tip hormonskoga tretiranja

Rooting success due to genotype and hormonal treatment

U drugom se eksperimentu reznice, uzete iz donjih etaža izabranih plus stabala, tretiralo dvjema različitim koncentracijama hormona IBA (s 500 ppm i 2500 ppm). Vrijeme trajanja tretiranja baze reznica hormonskom otopinom iznosilo je 10 sekundi. Kao i u prvom istraživanju, pratio se utjecaj tretiranja reznica hormonskim otopinama na postotak zakorijenjenosti reznica i kvalitativna svojstva korijena (broj korijenskih žila i duljina najdulje žile korijena), ali u ovom je istraživanju bilo moguće istražiti međugenotipske varijacije. Također, potrebno je naglasiti da su u eksperimentu 2 reznice s matičnih stabala uzete u kasnojesenskom razdoblju (početak prosinca), dok

su u eksperimentu 1 reznice uzimane u ranoproljetno vrijeme (početak travnja). To je važno zapamtiti radi usporedbe rezultata tih dvaju eksperimenata.



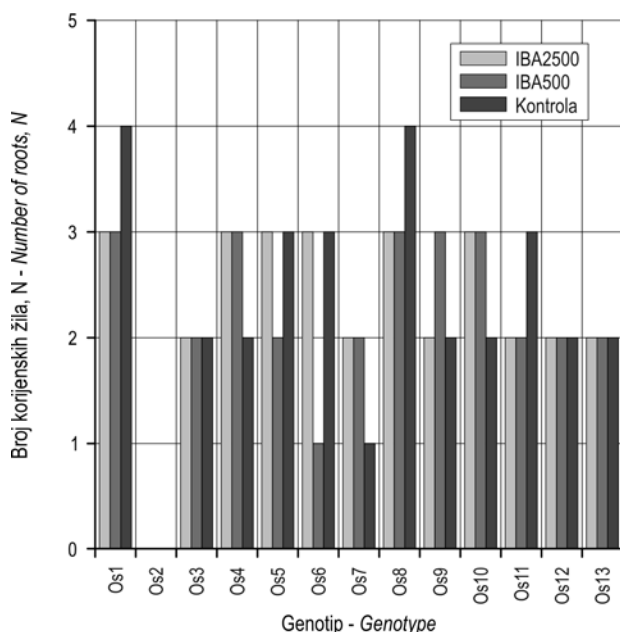
Slika 11. Usporedba postotka zakorijenjenosti po genotipovima s obzirom na tretiranja

Fig. 11 Percentage of rooting cuttings due to various genotypes and hormonal treatments

Iz slike 11 vidljivo je kako su se reznice svih genotipova (plus jedinki) izuzev OS 2 prilično dobro zakorijenile bez ikakva tretiranja (kontrola). Postotak zakorijenjenosti kontrolnih reznica po genotipovima kretao se od najnižega 45 % (OS 4) do 100 % (OS 10 i OS 13). Dakle, ti rezultati upućuju na značajnu varijabilnost zakorjenjivanja reznica s obzirom na genotip.

Jasno je vidljivo da je tretiranje baze reznica hormonskim otopinama IBA prije pikiranja uglavnom negativno djelovalo na uspješnost njihova zakorjenjivanja. Izuzetak je bila jedinka OS 7, kod koje su reznice tretirane hormonskom otopinom IBA koncentracije 500 ppm u trajanju od 10 s pozitivno reagirale povećanjem postotka zakorijenjenosti.

Što se tiče broja korijenskih žila, može se uočiti (slika 12) da je tretiranje baze reznica hormonskim otopinama neutralno ili negativno utjecalo na razvijенost korijena. Međutim, kod genotipova OS 4, OS 7, OS 9 i OS 10 tretiranje je hormonom ipak pozitivno djelovalo na razvoj većeg broja korijenskih žila. Ipak, ne smije se zaboraviti da je tretiranje hormonom negativno djelovalo na uspjeh zakorjenjivanja reznica kod svih navedenih genotipova, izuzev OS 7 (v. slika 11). Zbog toga se tretiranje hormonskim otopinama ne može preporučiti kao pozitivan čimbenik koji povećava kvalitetu korijena reznica uzetih u kasnojezenskom razdoblju (osim kod genotipa OS 7).

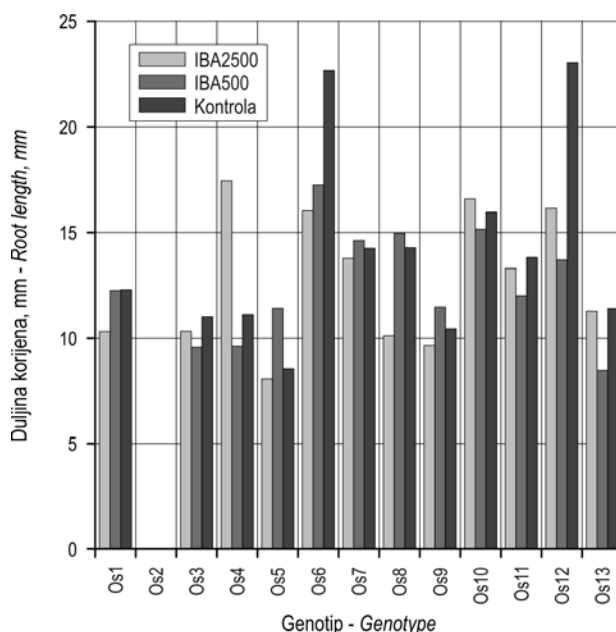


Slika 12. Usporedba prosječnoga broja korijenskih žila po genotipovima s obzirom na tretiranja i na kontrolu

Fig. 12 Mean number of roots per cutting due to various genotypes and hormonal treatments

Iz slike 13 razvidno je da je tretiranje hormonom IBA pozitivno djelovalo na razvoj korijena (prosječnu duljinu najdulje korijenske žile) samo kod manje broja istraživanih genotipova (značajnije kod OS 4 i OS 5, a vrlo malo kod OS 7, OS 8, OS 9 i OS 10). Kod većine genotipova hormonski je tretman reznica djelovao neutralno ili čak negativno na razvoj korijena kod reznica.

U konačnici dobiveni rezultati pokazuju da je hormonski tretman preporučljiv samo za genotip OS 7, jer je samo kod te jedinke tretiranje baze reznica hormonom IBA pozitivno djelovalo na uspješnost zakorjenjivanja i na kvalitativne parametre razvijенosti korijena. Za sve ostale istraživane genotipove buduće tretmane reznica u ovom istraživanju primijenjenim hormonskim otopinama treba izbjegavati, barem što se tiče reznica koje se uzimaju u kasnojezenskom razdoblju.



Slika 13. Usporedba prosječne duljine najdulje korijenske žile po genotipovima s obzirom na tretmane i na kontrolu

Fig. 13 Mean length of root per cutting due to various genotypes and hormonal treatments

4. Rasprava – Discussion

Na uspjeh kloniranja starijih (>5 godina) stabala obične smreke klasičnom metodom – zakorjenjivanjem reznica utječu brojni biotski i abiotski čimbenici. Među najvažnijim su dob matičnoga stabla, fiziološki status matičnoga stabla, položaj reznica u krošnji matičnoga stabla, razdoblje uzimanja reznica, tretman reznica prije pikiranja, supstrat za piki-

ranje, tretman reznica nakon pikiranja i dr. Mnogi su autori istraživali utjecaj tih i drugih čimbenika na uspjeh zakorjenjivanja reznica obične smreke. Nažalost, autori su prikazali vrlo raznolike rezultate i dali raznovrsne preporuke za povećanja uspjehnosti kloniranja tom metodom. Stoga je odlučeno vlastitim istraživanjima pokušati utvrditi optimalnu tehnologiju kloniranja starijih selektiranih plus stabala obične smreke (u dobi od 10 do 12 godina).

U ovom su radu prikazani rezultati istraživanja dvaju eksperimenata kojima se pokušalo utvrditi: optimalan položaj reznica u krošnji matičnoga stabla; učinkovitost hormonskoga tretiranja reznica prije pikiranja na zakorjenjivanje i kvaliteta stvorenoga korijena; postojanje međugenotipskih razlika u zakorjenjivanju reznica; optimalno razdoblje za uzimanje odrvenjelih reznica.

Većina se relevantnih autora složila da se najuspješnije zakorjenjuju reznice obične smreke uzete iz donjih pršljenova krošnje, osobito kod starijih matičnih stabala (Jurásek i Martincová 2004, Roulund 1975, Hannerz i dr. 1999, prema Nikkanenu i dr. 2012). Rezultati ovoga rada potvrđuju navedena istraživanja jer su se odrvenjele reznice uzete iz donje trećine krošanja najbolje zakorijenile (50 % netretiranih kontrolnih reznica, u usporedbi s 40 % kontrolnih reznica iz srednje i samo 20 % zakorijenjenih kontrolnih reznica iz gornje trećine krošnje). Ipak, rezultati drugoga eksperimenta pokazali su i izrazite genotipske razlike u uspjehu zakorjenjivanja reznica uzetih iz donje etaže (postotak zakorjenjivanja kretao se od 0 % do 100 %, ovisno o genotipu s kojega su uzete reznice). Može se pretpostaviti da je fiziološki status (npr. prehranjenost, kompeticija i dr.) matične biljke u trenutku uzimanja reznica imao vrlo važno značenje za uspješnost zakorjenjivanja reznica, a moguće je i da su genetski uvjetovane razlike među matičnim stablima dovele do ovakvih rezultata. U okviru ovoga istraživanja nije bilo moguće odrediti koja je od navedenih pretpostavki točna.

Različiti su autori iznijeli kontradiktorne rezultate o utjecaju tretiranja reznica prije pikiranja raznovrsnim tretmanima hormonskih otopina. Tako su o pozitivnim efektima hormona na zakorjenjivanje reznica obične smreke pisali Al-Kinany (1981), Mededović i Ferhatović (2003), Ma i dr. (2011) i OuYang i dr. (2014). Neki su autori naveli kako se reznice obične smreke sasvim dobro zakorjenjuju bez hormonskoga tretmana (Wühlisch 1984, Jurásek i Martincová 2004). Naposljetku, neki su autori izvijestili da je hormonski tretman imao negativan utjecaj na zakorjenjivanje reznica ove vrste (Farrar 1939, Giro-

uard 1973, Dirr i Heuser 2006, Teivonen 2010, prema Nikkanenu i dr. 2012). Rezultati ovoga rada samo su potvrdili kontradiktornost ostalih istraživanja ove tematike jer su rezultati prvoga eksperimenta (odrvenjele reznice uzete u ranoproljetnom razdoblju) potvrdili pozitivne efekte specifičnih hormonskih otopina i specifičnoga vremena trajanja tretiranja, dok su rezultati drugoga eksperimenta (odrvenjele reznice uzete u kasnojesenskom razdoblju) potvrdili uglavnom negativne efekte hormonskih tretmana na uspjeh zakorjenjivanja reznica (pozitivan je efekt dobiven samo kod jednoga genotipa). Je li glavni razlog takvih kontradiktornih rezultata razlika u razdoblju uzimanja reznica između dvaju eksperimenata ili uzrok treba tražiti u različitom uzorku matičnih biljaka, ostaje otvoreno pitanje.

U svakom slučaju, u oba je eksperimenta dokazano da se obične smreke u dobi od desetak godina u prosjeku mogu relativno uspješno (prosječno 50 %-tni uspjeh) klonirati metodom zakorjenjivanja odrvenjelih reznica uzetih iz donje trećine krošanja, neovisno o tome jesu li uzete u kasnu jesen ili rano proljeće, i to bez ikakva tretiranja. Postotak zakorijenjenih reznica i kvaliteta novostvorenoga korijena mogu se poboljšati jeftinim, ali čini se učinkovitim tretiranjem baze reznica destiliranom vodom u trajanju od 2 sata. Međutim, rezultati pokazuju da bi se tretiranjem baze odrvenjelih reznica uzetih u rano proljeće hormonskom otopinom IBA koncentracije 500 ppm u trajanju od 10 s postotak uspješnoga zakorjenjivanja mogao značajno povećati (u prosjeku do 80 %-tne zakorijenjenosti).

4. Zaključci – *Conclusions*

Na temelju provedenih istraživanja i dobivenih rezultata mogu se donijeti ovi zaključci:

- ⇒ Obična smreka u dobi od 10 godina može se relativno uspješno klonirati metodom zakorjenjivanja reznica, i to odrvenjelim reznicama (jednogodišnjim postranim i vršnim izbojcima), uzetim iz donje trećine krošnje u kasnu jesen ili u rano proljeće, bez ikakva tretiranja prije pikiranja. Postotak zakorjenjivanja takvih reznica u prosjeku je 50 %, ali se može kretati od 0 % do 100 %, ovisno o genotipu.
- ⇒ Postotak zakorjenjivanja reznica opada s obzirom na porast visine iz koje su uzete u krošnji matičnoga stabla (niži dijelovi krošnje – veći postotak zakorjenjivanja reznica).
- ⇒ Učinkovit je način za povećanje postotka zakorjenjivanja odrvenjelih reznica (iz svih dijelova krošnje) i za kvalitetu novostvorenoga korijena

tretiranje baze reznica destiliranom vodom u trajanju od dva sata prije pikiranja u supstrat.

⇒ Hormonsko tretiranje baze prije pikiranja može značajno povećati postotak zakorjenjivanja odrvenjelih reznica i kvalitativna svojstva novostvorenoga korijena, ali samo u slučaju kada su reznice uzete s matičnih stabala u rano proljeće (to vrijedi za reznice uzete iz donje i srednje trećine krošnje). Od svih istraživanih kombinacija hormonskih tretmana najboljim se pokazao tretman otopinom IBA koncentracije 500 ppm u trajanju od 10 sekundi.

⇒ Efekt hormonskoga tretiranja baze odrvenjelih reznica uzetih s matičnih stabala u kasnu jesen bio je negativan kod velike većine genotipova.

5. Literatura – References

Al-Kinany, A., 1981: Effect of auxins on root formation in the vegetative propagation of *Populus alba*, *Populus tremula*, *Picea abies* and *Juniperus communis*. *Indian Forester*, 107: 537–550. <https://doi.org/10.36808/if/1981/v107i9/11072>

Bogdan, S., I. Čehulić, M. Ivanković, 2017: Začetak oplemenjivanja božićnih drvaca u Hrvatskoj. *Nova mehanizacija šumarstva*, 38: 91–96.

Clair, J. S., J. Kleinschmit, J. Svolba, 1985: Juvenility and serial vegetative propagation of Norway spruce clones (*Picea abies* Karst.). *Silvae Genetica*, 34: 42–48.

Dekker-Robertson, D. L., J. Kleinschmit et al., 1991: Serial propagation in Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.): results from later propagation cycles. *Silvae Genetica*, 40: 202–214.

Jurásek, A., J. Martincová, 2004: Possibilities of influencing the rooting quality of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) cuttings. *Journal of Forest Science*, 50(10): 464–477. <https://doi.org/10.17221/4642-JFS>

Ma, J., S. An, L. Wang et al., 2011: Effects of different growth regulators on cutting and rooting abilities of *Picea abies*. *Journal of Northwest Forestry University*, 6: 18.

Međedović, S., Dž. Merhatović, 2003: *Klonska proizvodnja sadnica drveća i grmlja*. Bemust, Sarajevo, 216 str.

Nikkanen T., S. Heiska, T. Aronen, 2012: New ornamental conifers for harsh northern conditions through cutting propagation of special forms of Norway spruce. In: Y. S. Park and J. M. Bonga (eds), *Proceedings of the IUFRO Working Party 2.09.02 conference on »Integrating vegetative propagation, biotechnologies and genetic improvement for tree production and sustainable forest management«*, June 25–28, 2012, Brno, Czech Republic.

OuYang, F., J. Wang, Y. Li, 2014: Effects of cutting size and exogenous hormone treatment on rooting of shoot cuttings in Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.). *New Forests*, 46(1): 91–105. <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9449-1>

Toogood, A. (ed.) 1999: *The Royal Horticultural Society. Propagating plants*, Dorling Kindersley, London, 70–91.

Wühlisch, G. von, 1984: Propagation of Norway Spruce cuttings free of topophysis and cyclophysis effects. *Silvae Genetica*, 33: 215.

Abstract

*Influence of Hormonal Treatments on Rooting of Norway Spruce (*Picea Abies* /L./ Karsten) Hardwood Cuttings*

By selecting plus trees in a base population, a breeding process of Norway spruce as Christmas trees was initiated in Croatia. The next stage of the process is the optimization of the cloning procedure of selected plus trees for the mass production of their reproductive material (seedlings). The assumption is that qualitative reproductive material exhibiting stability of targeted phenotypic traits will be created in such a way.

The main aim of the research was to determine the success of various hormonal treatments on rooting of hardwood cuttings of older Norway spruce trees (10–12 years). Two experiments were carried out. In the first, 270 cuttings were cut off in early spring from each of the three crown levels (upper, middle and lower third of a crown), on a sample of 10 trees. The cuttings from each level were treated with 24 different treatments (dipped in IBA and NAA hormone solutions of 250, 500, 2500 and 5000 ppm for 10s, 1h and 2h). In addition to these treatments, 10 cuttings from each crown level were treated with a commercial hormone product named Clonex (a gel). Additional 10 cuttings were treated with distilled water for 2h and the remaining 10 were not treated. The last two groups of cuttings served as a control of the success of the analyzed hormonal treatments. Another study was conducted on 80 cuttings cut off in late fall from the lower third of a crown of the 13 selected plus trees. Thirty cuttings were treated for 10s with: (i) 2500 ppm IBA solution, and (ii) 500 ppm IBA solution. The remaining 20 cuttings served as the control. Afterwards, the cuttings were placed in containers filled

with peat, sand and perlite substrate. The rooting success, the number of roots per cutting, and the length of the longest developed root were determined later in October.

The results showed that, on average, spruce trees at the age of 10+ years could be relatively successfully cloned (50% rooted cuttings on average) by rooting hardwood cuttings taken in late autumn or early spring from the lower third of a tree crown, without any treatment. The percentage of rooted cuttings and the quality of newly created roots can be improved at low cost and high effectiveness by treating cuttings with distilled water for 2 hours. However, the results indicated that by treating the base of cuttings taken in early spring with a hormonal solution of 500 ppm IBA for 10s, the percentage of successful rooting could be significantly increased (up to an average of 80% rooting). Hardwood cuttings taken from the lower third of crowns were most successfully rooted, even without any treatment (50% control cuttings, compared to 40% control cuttings from the middle and 20% rooted cuttings from the top third of crowns). The results also indicated marked individual differences in the success of rooting of cuttings taken from the lower parts of a crown (percentage of rooting ranged from 0% to 100%).

Keywords: Christmas trees, breeding, plus trees, cloning, genotypes, IBA, NAA

Adrese autorâ – Authors' addresses:

Nikola Bursać, mag. ing. silv.
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
HRVATSKA

Ivica Čehulić, dipl. ing. šum.
e-pošta: ivicac@sumins.hr
Dr. sc. Mladen Ivanković
e-pošta: mladeni@sumins.hr
Hrvatski šumarski institut
Cvjetno naselje 41
10450 Jastrebarsko
HRVATSKA

Prof. dr. sc. Saša Bogdan*
e-pošta: sbogdan@sumfak.unizg.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
HRVATSKA

Primljeno (Received): 14. 9. 2019.

Prihvaćeno (Accepted): 05. 10. 2019.

* Glavni autor – Corresponding author



Studija primarnoga otvaranja šuma gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine Šumarije Otočac

Ivica Papa, Tibor Pentek, David Janeš, Enio Valinčić, Andreja Đuka

Nacrtak – Abstract

Kvalitetno isplanirana i u šumski ekosustav optimalno uklopljena šumska prometna infrastruktura jedan je od osnovnih preduvjeta potrebnih za današnje racionalno gospodarenje šumskim ekosustavom. Ukupna količina šumskih prometnica, njihov razmještaj u prostoru te njihove propisane tehničke značajke moraju biti dostatne za što kvalitetnije upravljanje šumom. Ako je šumska prometna infrastruktura pravilno položena u prostoru, ona omogućuje izvođenje svih zadataka predviđenih šumskogospodarskim planovima na određenom šumskom području, uz minimalne troškove njihove izgradnje i održavanja uz maksimalan učinak. U ovom radu prikazano je sadašnje stanje primarne otvorenosti gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine te su predložene smjernice njezina daljnjega otvaranja s ciljem dostizanja vrlo dobre primarne relatiivne otvorenosti. Terenski su podaci obrađeni u računalnim programima ArcGIS 10.4 i QGIS 2.18.20. Ustanovljeno je da klasična otvorenost šuma u toj gospodarskoj jedinici iznosi 13,66 km/1000 ha, što ne udovoljava ni minimalno propisanoj klasičnoj otvorenosti koja za gorsko-planinsko reljefno područje iznosi 15 km/1000 ha. Analizirajući rezultate primarne relatiivne otvorenosti, zatečeno je vrlo slično stanje kao i kod klasične otvorenosti: primarna relatiivna otvorenost iznosi 45,05 %, što se smatra nedovoljnom primarnom relatiivnom otvorenosću. Nadalje, analizirana je postojeća srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva za svaki odsjek zasebno te je utvrđeno da taj parametar na razini gospodarske jedinice iznosi 258,74 m. Pomnim planiranjem projektirano je ukupno 53,05 km novih trasa šumskih cesta, što je u konačnici rezultiralo povećanjem klasične otvorenosti šuma na 22,82 km/1000 ha, primarne relatiivne otvorenosti na 75,8 % te smanjenjem srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva na 140,55 m.

Ključne riječi: šumske ceste, relatiivna otvorenost šuma, geometrijska udaljenost privlačenja drva, ArcGIS

1. Uvod – Introduction

1.1 Uloga šumskih cesta – The role of forest roads

Iako šumske ceste ispunjavaju i ostale višestruke funkcije (Jeličić 1983, Šikić i dr. 1989, Enache 2009), Potočnik (1996) navodi kako se njihova uloga u omogućavanju aktivnosti vezanih uz gospodarenje šumama ipak smatra najznačajnijom. Danas su, u suvremenom šumarstvu, svi radovi vezani uz gospodarenje šumama, kao i njihovo korištenje u različite svrhe, nezamislivi bez šumske prometne infrastrukture. Postizanje ciljeva potrajnoga gospo-

darenja, među ostalim, omogućeno je i izgradnjom unaprijed planirane mreže šumskih cesta, kojom se uvelike povećava učinkovitost radova pri gospodarenju uz olakšano korištenje općekorisnih funkcija šuma.

Sever (1992) navodi kako su u hrvatsko šumarstvo u razdoblju od 1960. do 1970. godine uvedeni strojevi u sječu, izradbu i transport drva te u poslove vezane uz uzgajanje šuma. Posljedično dolazi do nagloga porasta proizvodnosti zahvaljujući mehaniziranju šumskih radova, što autor stavlja u izravnu vezu s intenzivnijom izgradnjom šumske prometne infrastrukture koja je omogućila primjenu strojeva.

U svojim istraživanjima Stampfer (2010) također ističe kako se učinkovitost pojedinoga sustava pridobivanja drva temelji na postojećoj mreži šumskih prometnica.

Jeličić (1988) naglašava značenje šumskih cesta za cjelokupno gospodarenje šumama, posebice za pridobivanje drva, jer u slučaju nepravodobnoga otvaranja šuma neujednačeno se raspoređuje obujam sječa po površini obraslog šumom, što potvrđuje Krpan (1992) koji navodi da 3/4 prometa po učestalosti pripada prometu izvan radova pridobivanja drva, dok se po opterećenju taj odnos mijenja, jer prijevoz drva opterećuje šumske ceste sa 67 %. Stoga je sastavni dio planiranja u šumarstvu i otvaranje šuma mrežom šumskih cesta, čime šume postaju dostupne gospodarenju, odnosno provođenju svih zadataka određenih planovima gospodarenja (Pentek i dr. 2005).

Šumske su ceste veoma važne za gospodarenja šumama. Brojni ulasci u šumu, koji su posljedica radova u gospodarenju, iziskuju izgradnju i održavanje prikladnih šumskih cesta. Primjena gotovo svih sustava pridobivanja drva zahtijeva izgradnju šumskih cesta određene gustoće i prostornoga rasporeda. One su veoma važne pri sprečavanju širenja šumskih požara jer omogućuju osmatranje i pravodobnu dojavu opasnosti, dopremu opreme za gašenje, a ujedno su i prepreke širenju vatre i nastanku biološki uzrokovanih šumskih šteta (Tehrani i dr. 2015).

1.2 Planiranje šumskih prometnica – *Planning of forest roads*

Planiranje je prva i najvažnija faza uspostave optimalne mreže šumskih prometnica na terenu, što je krajnji cilj otvaranja šuma. Optimalna mreža šumskih cesta jamči racionalnije i potpunije, a svakako i uspješnije gospodarenje čitavim šumskim ekosustavom, uz minimalno narušavanje ekoloških zakonitosti i ekološke ravnoteže koja tu vlada (Pentek 2002).

Dean (1997) smatra da je s obzirom na važnost (udio) troškova izgradnje i održavanja šumskih cesta prijeko potrebno isplanirati najučinkovitiju te što jeftiniju mrežu primarnih šumskih prometnica, dok Murray (1998) ističe da je planiranje šumske cestovne mreže radi učinkovitijega pridobivanja drva težak i dugotrajan posao.

Tijekom planiranja pristupa se analizi postojeće mreže šumskih prometnica kako bi se utvrdila njezina kakvoća, količina i mogući nedostaci te na temelju dobivenih rezultata odredila potreba za

daljnjim otvaranjem nekoga šumskoga područja radi postizanja optimalnoga rasporeda šumskih prometnica.

Prema Penteku i dr. (2014) planiranje se šumskih prometnica, prema razini na kojoj se planiranje provodi, prema složenosti (općenitosti ili detaljnosti) postupka planiranja, sukladno razdoblju za koje se planiranje provodi te s obzirom na veličinu područja na koje se planiranje odnosi, može razdijeliti u tri razine:

- ⇒ planiranje primarnoga i sekundarnoga otvaranja šuma na razini države odnosno reljefnoga područja (nizinsko, brdsko, planinsko, krško). U reljefna se područja objedinjuju gospodarske jedinice sličnih sastojinskih i stanišnih značajki. Najviša je razina planiranja razina od koje se započinje tzv. globalno odnosno stratejsko planiranje.
- ⇒ planiranje šumske transportne infrastrukture (i primarnih i sekundarnih šumskih prometnica u okviru tzv. sveobuhvatnoga planiranja) na razini gospodarske jedinice srednja je razina planiranja, opće planiranje – taktičko planiranje
- ⇒ planiranje konkretne šumske prometnice (primarne ili sekundarne) – rezultati općega (taktičkoga) planiranja na razini pojedine gospodarske jedinice usmjeravaju nas ka planiranju na najnižoj razini (lokalno planiranje – operativno planiranje), nakon kojega slijedi faza projektiranja šumskih prometnica.

2. Materijal i metode – *Material and methods*

2.1 Mjesto istraživanja – *Research area*

Jedinica je smještena na obroncima sjevernoga Velebita te ga na svojem jugozapadnom dijelu povezuje s Ličkim sredogorjem i Malom Kapelom, a svojom istočnom stranom omeđuje je Gacko polje. Karakterizira je znatan visinski raspon – najniža je točka 449 m n. v. (odsjek 3e), a najviši je vrh na 1105 m n. v. u Marković rudinama.

Istraživana gospodarska jedinica površine je 5345,17 ha, podijeljena u 123 odjela odnosno 253 odsjeka. Od ukupne površine gospodarske jedinice na obraslo šumsko zemljište otpada 98,22 % površine (5250,20 ha), na neobraslo šumsko zemljište 1,14 % površine (66,93 ha), dok se neplodno šumsko zemljište rasprostire na 0,63 % površine (33,84 ha). Drvena zaliha gospodarske jedinice iznosi 1 195 763 m³ (228 m³/ha), od čega su tri najzastupljenije vrste drveća: obična jela 706 620 m³ (59,09 % drvene zalihe), obična

bukva 273 683 m³ (22,89 % drvene zalihe) i gorski javor 105 061 m³ (8,79 % drvene zalihe).

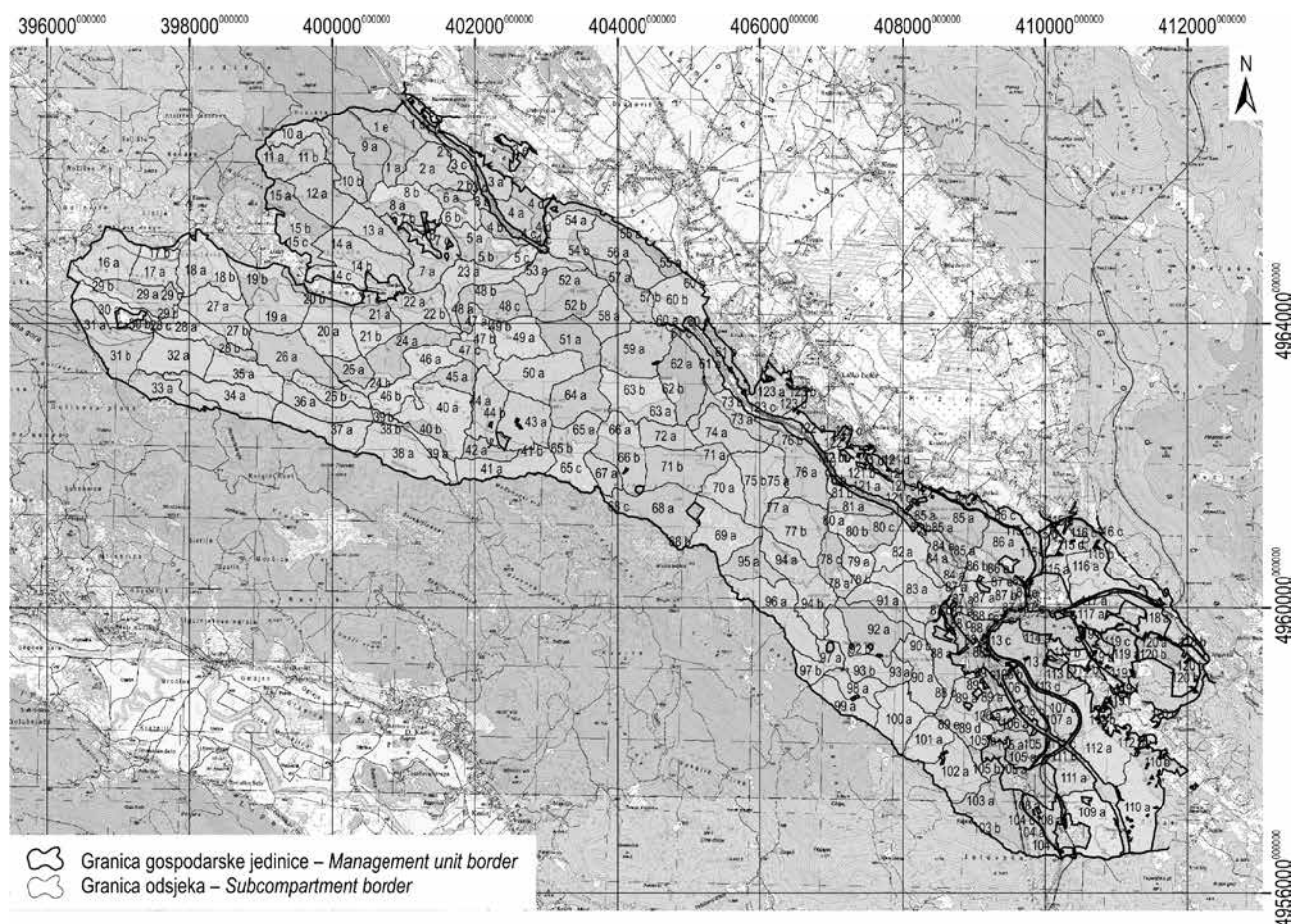
U gospodarskoj jedinici prevladava preborni način gospodarenja, tj. preborne sastojine koje dolaze na 82,5 % obrasle površine gospodarske jedinice, raznodobne sastojine dolaze na 16 % obrasle površine gospodarske jedinice, dok regularne sastojine u gospodarskoj jedinici dolaze na 76,58 ha, odnosno na 1,5 % obrasle površine gospodarske jedinice.

Prema namjeni šuma i šumskih zemljišta koja se nalaze u sklopu ove gospodarske jedinice najveći dio površine od 4422,13 ha pripada gospodarskim šumama, a manjim dijelom od 724,16 ha zaštitnim šumama, dok se u toku rijeke Gacke nalazi Zaštićeni krajobraz »Gacko polje« koji svojim obuhvatom zahvaća rubne dijelove odjela/odsjeka 55a, 60b, 85c, 122c i 123a ove gospodarske jedinice i koji zauzima 3,43 ha, zbog čega su ti odsjeci svrstani u kategoriju šume s posebnom namjenom (Anon. 2017).

Gospodarska podjela gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine prikazana je na slici 1.

2.2 Klasična otvorenost šuma – *Classical forest openness*

Primarna klasična otvorenost šuma daje samo orijentacijski podatak o količini svih sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture na određenoj šumskoj površini, ali ne i o njihovu prostornom razmještaju. Klasična se otvorenost šuma uvijek mora iskazivati u kombinaciji sa srednjom udaljenošću privlačenja drva (Pentek 2012), a izražava su u m/ha ili km/1000 ha. Bumber (2011) navodi kako je uobičajeno gustoću šumskih cesta iskazivati na razini gospodarske jedinice koja je zaokružena šumska površina, sličnih orografskih (reljefnih) i sastojinskih značajki te načina gospodarenja šumom. Hodić i Jurušić (2011) definiraju minimalnu te planiranu otvorenost za 2020. godinu po reljefnim područjima (tablica 1).



Slika 1. Gospodarska jedinica Crno jezero – Marković rudine
Fig. 1 Management Unit Crno jezero – Marković rudine

Tablica 1. Minimalna klasična i planirana otvorenost za 2020. po reljefnim područjima**Table 1** Minimum primary road density and planned primary road density by 2020 according to relief areas

Reljefno područje – Relief area	Minimalna klasična otvorenost Minimal classical openness	Planirana (ciljana) klasična otvorenost 2020. Planned classical openness 2020
Nizinsko područje – Lowland area	10	13,00
Prigorsko-brdsko područje Hilly area	13,00 – 15,00	20,00
Planinsko područje Mountainous area	20,00	25,00
Krško područje – Karst area	–	15,00

2.3 Relativna otvorenost šuma – Relative forest openness

Relativna otvorenost (Pentek 2002), za razliku od klasične otvorenosti, daje dobar uvid u stvarnu učinkovitost mreže šumskih prometnica. Ona prikazuje postotni udio otvorene površine u odnosu na ukupnu površinu analiziranih gospodarskih jedinica. Također pruža dobar pregled prostornoga rasporeda šumskih prometnica, daje mogućnost utvrđivanja otvorenih i neotvorenih površina i projektantu nudi mogućnost odabira najpovoljnijih inačica budućih šumskih prometnica. Relativna se otvorenost računa metodom omeđenih površina koje su na određenoj udaljenosti s obje strane i paralelno s trasom šumske prometnice. Pojam omeđenih površina (engl. *buffer*) prvi je u šumarstvo uveo Backmund (1966) za računanje koeficijenta otvorenosti.

Ovisno o kategoriji šumske prometnice za koju se ocjenjuje relativna otvorenost, ona može biti:

- ⇒ primarna relativna otvorenost (otvorenost primarnim šumskim prometnicama)
- ⇒ sekundarna relativna otvorenost (otvorenost sekundarnim šumskim prometnicama).

Udaljenost od ruba omeđene površine do ceste dvostruka je vrijednost ciljane srednje udaljenosti privlačenja drva. Izračun primarne relativne otvorenosti predstavlja odnos između otvorene i ukupne površine određenoga šumskoga područja, s tim da se u obzir uzima samo primarna šumska prometna infrastruktura (izraz 1).

$$O_{R(P)} = \frac{P_{O(P)}}{P_U} \times 100, \% \quad (1)$$

gdje je:

$O_{R(P)}$ primarna relativna otvorenost, %

$P_{O(P)}$ otvorena površina za izračunatu prosječnu ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja drva, ha

P_U ukupna površina otvaranoga područja, ha.

Primarna se relativna otvorenost na temelju udjela dostupne šumske površine za definiranu ciljanu geometrijsku udaljenosti privlačenja drva pripadajuće kategorije reljefnoga područja Pravilnikom o provedbi mjere M04 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz Programa ruralnoga razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014.–2020. (NN 106/15, 65/17, 77/17) (dalje: Pravilnik), procjenjuje kako slijedi:

- ⇒ nedovoljna (dostupno < 55 % šumske površine)
- ⇒ slaba (dostupno od 55 do 65 % šumske površine)
- ⇒ dobra (dostupno od 65 do 75 % šumske površine)
- ⇒ jako dobra (dostupno od 75 do 85 % šumske površine)
- ⇒ izvrsna (dostupno > 85 % šumske površine).

Dodatno, primarna relativna otvorenost u kombinaciji s koeficijentom učinkovitosti postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture koristi se za detaljniju analizu kakvoće prostornoga rasporeda odnosno učinkovitosti postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture ili njezine pojedine sastavnice. Koeficijentom učinkovitosti postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture izračunava se prema (izraz 2):

$$k_U = (1 - \frac{P_N}{P_U}) \times 100 \quad (2)$$

gdje je:

k_U koeficijent učinkovitosti pojedine šumske ceste

P_N površina neučinkovitih omeđenih površina, ha

P_U površina ukupno omeđenih površina, ha.

Kako su, s jedne strane, upravo šumske ceste jedno od najvećih ulaganja u šumarstvu općenito (Bosner i dr. 2012), odnosno najveća stavka u ukupnim troškovima proizvodnje drvnih sortimenata (Pearce 1974), a s druge strane omogućuju nesmetano i učinkovito izvođenje svih radnih zahvata iz šumskogospodarskih planova, važno je da upravo planiranje šumskih cesta bude izvedeno na krajnje profesionalan način uzimajući u obzir ekonomske, tehničko-tehnološke, okolišno-ekološke te sociološko-estetske kriterije.

2.4 Srednja udaljenost privlačenja – *Average timber extraction distance*

Srednja je udaljenost privlačenja drva parametar koji na određenoj šumskoj površini (odjelu, odsjeku, sječini) opisuje prosječnu udaljenost na kojoj se privlači drvo, tj. udaljenost od mjesta sječe stabla (panja) do mjesta skupljanja drva (pomoćno stovarište, šumska cesta). Ovisno o prostornom rasporedu linija privlačenja drva, razlikuju se središnje i usporedno privlačenje. Središnjim se privlačenjem smatra privlačenje drva od svake točke (panja) na šumskoj površini do jednoga središta (pomoćnoga stovarišta), dok se usporednim smatra privlačenje u usporednim pravcima na šumsku cestu.

Određivanje srednje udaljenosti privlačenja drva bilo je, a zasigurno će i biti područje velikoga interesa mnogih domaćih i stranih stručnjaka u budućim istraživanjima. Tako Dietz i dr. (1984), prema prijašnjim istraživanjima Segebadena (1964), Backmunda (1966) i Abegga (1978), dijele srednju udaljenost privlačenja drva u tri glavne skupine:

- ⇒ teorijska srednja udaljenost privlačenja drva – izračunava se iz teorijskoga modela mreže šumskih cesta odnosno iz teorijskoga razmaka između šumskih cesta
- ⇒ geometrijska srednja udaljenost privlačenja drva – udaljenost od čvorišta mreže pravilnih četverokuta do stvarno ucrtane najbliže šumske ceste
- ⇒ stvarna srednja udaljenost privlačenja drva – udaljenost od čvorišta mreže pravilnih četverokuta do šumske ceste pravcem kojim se privlačenje stvarno i obavlja.

2.5 Planiranje i projektiranje idejnih trasa šumskih cesta na karti – *Planning of forest road concept design alingment on map*

Planiranje i projektiranje idejnih trasa šumskih cesta podijeljeno je u više prioriteta razina ovisno po veličini područja za koje se novoplanirana mreža šumskih cesta izrađuje. Kako je u ovom radu razina planiranja bila vezana uz gospodarsku jedinicu, možemo zaključiti da se radilo o planiranju šumskih cesta na taktičkoj odnosno srednjoj razini planiranja iz razloga što se upravo na taktičkoj razini otvaraju neotvorena ili nedovoljno otvorena šumska područja te se unapređuje mreža primarne šumske prometne infrastrukture u cjelini (Pentek 2016).

Po završetku analize relativne otvorenosti šuma na razini gospodarske jedinice ustanovljene su i izlučene neotvorene površine za određenu prosječnu ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja

(200 m), odnosno one površine koje su pri raščlambi relativne otvorenosti ostale izvan omeđenih površina. Upravo su te površine unutar gospodarske jedinice bile moguća mjesta prolaska idejnih trasa budućih šumskih cesta i u daljnjem postupku iznalaženja optimalnih novoplaniranih trasa budućih šumskih cesta sva je pozornost bila usmjerena ka tim područjima. Tijekom procesa planiranja kao podloga korištena je Hrvatska osnovna karta (HOK), tj. osnovna službena državna karta izrađena u mjerilu 1 : 5000, ekvidistante 5 m.

Početna točka idejnih trasa šumskih cesta pozicionirana je na pojedinoj sastavnici postojećega primarnoga transportnoga sustava, određene su kardinalne (ključne) i/ili krajnje točke koje je idejna trasa trebala spojiti te je na temelju njihove međusobne udaljenosti i visinske razlike izračunat nagib nul-linijskog poligona, za svaki segment idejne trase zasebno, prema izrazu 3:

$$n = \frac{H}{L} \times 100 \quad (3)$$

gdje je:

n nagib nul-linije, %

H visinska razlika između zadanih točaka, m

L udaljenost između zadanih točaka, m.

Važno je napomenuti kako je kao granična, maksimalna vrijednost nagiba nul-linije definiran nagib u iznosu od 8 %. Na temelju izračunatoga nagiba svakoga segmenta nul-linije (dionice između točaka: početne i kardinalne, početne i krajnje, kardinalne i kardinalne i/ili kardinalne i krajnje) izračunavan je korak šestara, odnosno vrijednost koja predstavlja stalnu udaljenost između slojnica za određeni nagib, prema izrazu 4:

$$d = \frac{e \times 100}{n} \quad (4)$$

gdje je:

d udaljenost između slojnica, tzv. korak šestara, m

e visinska razlika između slojnica, tzv. ekvidistanta, m

n nagib nul-linije, %.

Cilj je ovoga rada bio, na temelju kriterija određenih Pravilnikom, ustanoviti postojeću primarnu otvorenost gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine te predložiti smjernice daljnjega otvaranja.

Određivanje srednje geometrijske udaljenosti privlačenja omogućeno je pomoću programa Arc-

GIS, tj. pomoću alata Euclidean distance na razini pojedinoga odsjeka, dok su za grafički prikaz analize sjedinjene te prikazivane na razini gospodarske jedinice (slike 2 i 3).

Sve potrebne analize u radu vezane uz parametre otvorenosti istraživanoga područja odnosno gospodarske jedinice rađene su pomoću programskih paketa ArcGIS 10.4 i QGIS 2.18.20.

3. Rezultati s raspravom – Results with discussion

3.1 Raščlamba postojeće mreže primarnih šumskih prometnica – Analysis of the existing network of primary forest roads

3.1.1 Postojeća klasična otvorenost – Existing classical forest openness

Na području gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine, koja se prostire na 5345,17 ha,

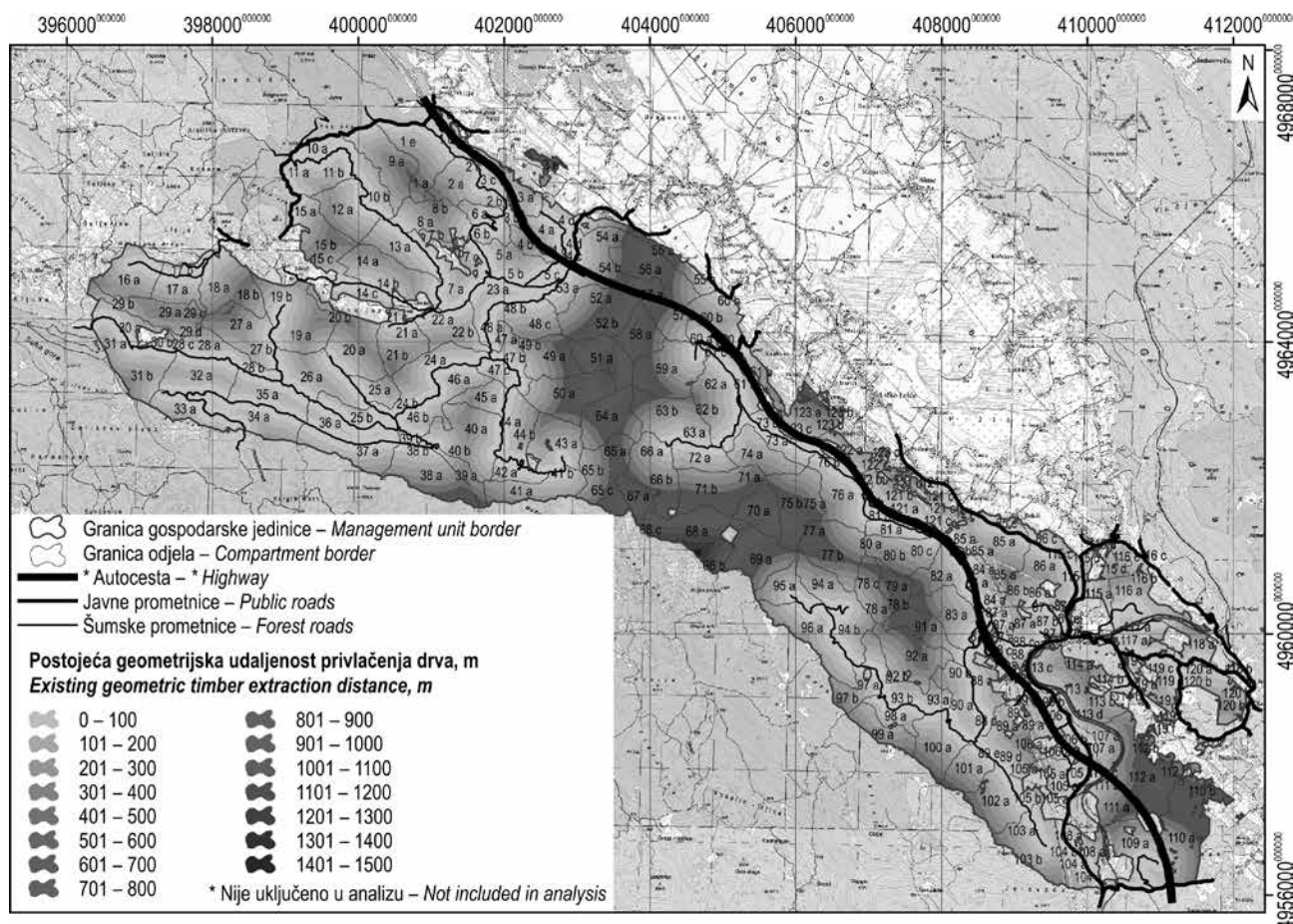
nalazi se ukupno 103,06 km javnih i šumskih cesta. Kroz istraživanu gospodarsku jedinicu prolazi i autocesta A1 Zagreb – Split (slika 2) koja nije uzeta u obračun. Razlog isključivanja autoceste iz obračuna klasične otvorenosti i daljnjih analiza leži u činjenici što je planiranje privlačenja drva na pomoćno stovarište koje se nalazi u cestovnom zemljištu i zaštitnom pojasu moguće za sve kategorije javnih cesta osim autocesta. Ta je odredba definirana Smjernicama za izradu Elaborata radilišta za radove u šumarstvu koje je donijela Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije.

Od ukupne količine cesta u gospodarskoj jedinici:

⇒ 33,75 km čine javne ceste odnosno 32,75 %

⇒ 67,25 km čine šumske ceste odnosno 67,25 %.

Sukladno Pravilniku daljnjom analizom javnih odnosno šumskih cesta, tj. njihovih pojedinih dionica, a koje prolaze granicom gospodarske jedinice



Slika 2. Postojeća mreža primarne prometne infrastrukture i geometrijska udaljenost privlačenja drva u gospodarskoj jedinici Crno jezero – Marković rudine

Fig. 2 Existing primary road infrastructure network and geometric timber extraction distance (Euclidean distance) in Management Unit Crno jezero – Marković rudine

ili najviše do 250 m udaljenosti od granice s njezine vanjske ili najviše do 125 m udaljenosti od granice s njezine unutarnje strane, uzeta je u obračun gustoća primarne šumske prometne infrastrukture s polovicom njezine duljine (50 % duljine). Tako je dobivena konačna duljina cesta (73,02 km) koje ulaze u izračun otvorenosti i koje čine klasičnu otvorenost gospodarske jedinice u iznosu od 13,66 km/1000 ha, što ne udovoljava ni minimalno propisanoj klasičnoj otvorenosti koja prema Pravilniku za gorsko-planinsko reljefno područje iznosi 15 km/1000 ha.

3.1.2 Postojeća relativna otvorenost – *Existing primary relative accessibility*

Nakon izračuna klasične otvorenosti pristupilo se izradi analize relativne otvorenosti istraživana područja, koja je provedena metodom polaganja površina (engl. *buffer*). Oko sastavnica primarne transportne infrastrukture za širinu pojasa otvaranja korištena je vrijednost ciljane geometrijske udaljenosti privlačenja drva, koja prema Pravilniku za gorsko-planinsko reljefno područje iznosi 200 m. Navedenom analizom došli smo do ovih spoznaja:

- ⇒ ukupno otvorena površina iznosila je 3450,35 ha
- ⇒ jednostruko otvorena površina (zone bez preklapanja) unutar gospodarske jedinice iznosila je 1398,92 ha
- ⇒ višestruko otvorena površina (zone preklapanja više omeđenih površina) unutar gospodarske jedinice iznosila je 1007,71 ha
- ⇒ neotvorena površina gospodarske jedinice iznosila je 2938,54 ha.

Zbrajanjem jednostruko i višestruko otvorenih površina u gospodarskoj jedinici te stavljanjem u postotni odnos s njezinom ukupnom površinom dobivena je postojeća primarna relativna otvorenost u iznosu od 45,02 %. Uspoređujući dobivenu vrijednost sa sustavom procjene primarne relativne otvorenosti šuma prikazan u poglavlju 2.3 vidljivo je kako se postojeća primarna relativna otvorenost gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine svrstava u kategoriju nedovoljne primarne relativne otvorenosti.

Zbog visoke višestruko otvorene površine koja je s jedne strane neizbježna zbog pojavnosti raskrižja na šumskom transportnom sustavu te vrlo zahtjevne orografije terena gorsko-planinskoga reljefnoga područja, ali i zbog neplanske izgradnje šumskih cesta u prošlosti, koja je utjecala na njihov današnji raspored, pristupilo se i izračunu koeficijenta učinkovitosti postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture. Temeljem izraza 2 koefici-

jent učinkovitosti postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine iznosi 72,91 %.

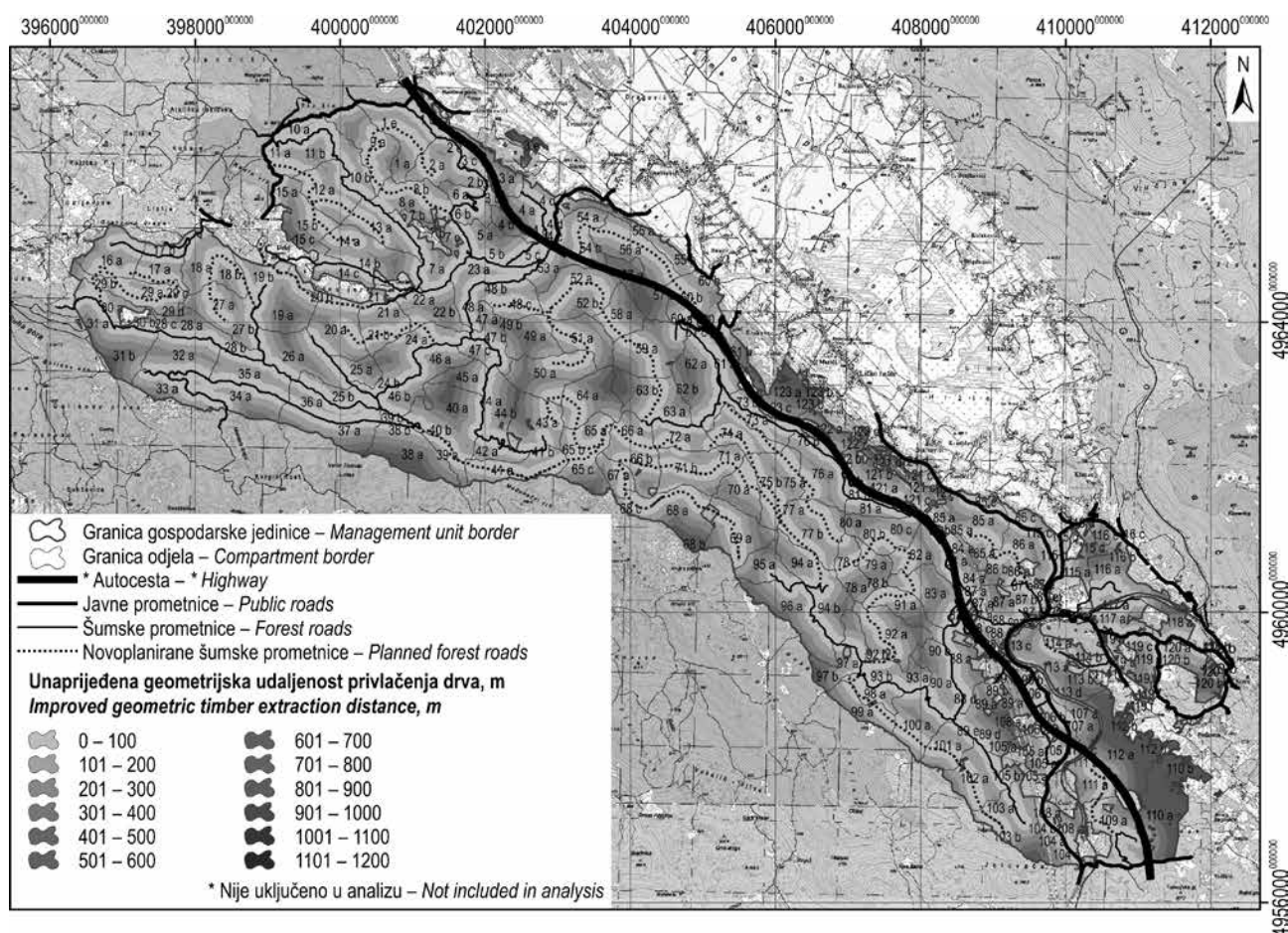
3.2 Analiza postojeće geometrijske udaljenosti privlačenja drva – *Analysis of the existing geometrical timber extraction distances*

Analiza geometrijske udaljenosti privlačenja drva provedena je u programskom paketu ArcGIS 10.4 pomoću alata Euclidean distance koji se zasniva na euklidskim udaljenostima od točaka pravilne mreže (10 × 10 m) od sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture. Analiza je izrađena za svaki odsjek zasebno kako bi se vizualno na grafičkom prikazu i/ili numerički u tabličnom prikazu dobio podatak o područjima (odsjecima) gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine koja su nedovoljno otvorena. Temeljem analize geometrijske udaljenosti privlačenja drva dobivena je vrlo velika razlika u maksimalnim odnosno minimalnim srednjim vrijednostima za pojedini odsjek. Najveća zabilježena srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva u iznosu od 1179,83 m zabilježena je za odsjek 68c, dok je najmanja vrijednost zabilježena za odsjek 61c u iznosu od 19,61 m.

Izračunata je i prosječna geometrijska udaljenost privlačenja drva na razini gospodarske jedinice, koja iznosi 258,74 m, što je veća vrijednost od ciljane geometrijske udaljenosti privlačenja drva, koja prema Pravilniku za gorsko-planinsko reljefno područje iznosi 200 m.

3.3 Prijedlog daljnje otvaranja – *Improving forest accessibility*

Na osnovi analize postojeće primarne relativne otvorenosti istraživane gospodarske jedinice, odnosno temeljem definiranih i izlučenih neotvorenih područja, pristupilo se planiranju novih sastavnica primarnoga šumskoga transportnoga sustava. Pri tome se vodilo računa o postojećem primarnom šumskom transportnom sustavu, odabranom transportnom sustavu za pridobivanje drva, propisanim tehničkim značajkama primarnih šumskih prometnica, odabranoj srednjoj udaljenosti privlačenja drva te ostalim čimbenicima koji utječu na planiranje novih primarnih šumskih prometnica, a sve radi optimizacije primarne šumske prometne infrastrukture. Unaprijeđena mreža primarnih šumskih prometnica i unaprijeđena geometrijska udaljenost privlačenja drva u gospodarskoj jedinici Crno jezero – Marković rudine prikazane su na slici 3.



Slika 3. Unaprijedena mreža primarne prometne infrastrukture i geometrijske udaljenosti privlačenja drva u gospodarskoj jedinici Crno jezero – Marković rudine

Fig. 3 Improved primary road infrastructure network and geometric timber extraction distance (Euclidean distance) in Management Unit Crno jezero – Marković rudine

Završni rezultat detaljnoga planiranja na slojničkim zemljovidima očitovao se u 19 novoplaniranih šumskih cesta u gospodarskoj jedinici Crno jezero – Marković rudine ukupne duljine od 53,05 km.

3.4 Raščlamba unaprijedene mreže primarnih šumskih prometnica – Analysis of improved primary forest road network

3.4.1 Unaprijedena klasična otvorenost – Improved classical forest openness

Kako bi se došlo do podataka o unaprijedenoj klasičnoj otvorenosti istraživane gospodarske jedinice, pristupljeno je daljnjoj analizi novoplanirane šumske prometne infrastrukture, tj. njezinih pojedinih dionica. U 100 % iznosu svoje duljine u obzir su uzimane sve dionice novoplaniranih šumskih cesta

koje prolaze gospodarskom jedinicom, dok su one dionice koje prolaze granicom gospodarske jedinice ili najviše do 250 m udaljenosti od granice s njezine vanjske ili najviše do 125 m udaljenosti od granice s njezine unutarnje strane, uzete u obračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture s polovicom njihove duljine (50 % duljine).

Tako je dobivena konačna duljina novoprojektiranih šumskih cesta (48,94 km) koje ulaze u izračun otvorenosti i koje zajedno s postojećom primarnom prometnom infrastrukturom čine unaprijedenu klasičnu otvorenost gospodarske jedinice u iznosu od 22,82 km/1000 ha, što udovoljava i minimalno propisanoj klasičnoj otvorenosti koja prema Pravilniku za gorsko-planinsko reljefno područje iznosi 15 km/1000 ha odnosno 20 km/1000 ha (Hodić i Jurušić 2011).

3.4.2 Unaprijeđena relativna otvorenost – *Improved primary relative accessibility*

Izračunata količina novoplaniranih šumskih cesta pridodana je postojećoj prometnoj infrastrukturi gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine te je pristupljeno izračunu klasične otvorenosti na identičan način kako je opisano u poglavlju 3.1.2.

Analiza unaprijeđenoga stanja pokazivala je sljedeće:

- ⇒ ukupna površina omeđene površine iznosila je 5166,86 ha
- ⇒ jednostruko omeđena površina (zone bez preklapanja) u gospodarskoj jedinici iznosila je 2308,95 ha
- ⇒ višestruko omeđena površina (zone preklapanja više omeđenih površina) u gospodarskoj jedinici iznosila je 1742,94 ha
- ⇒ neotvorena površina gospodarske jedinice iznosila je 1293,28 ha.

Zbrajanjem jednostruko i višestruko omeđenih površina unutar gospodarske jedinice te stavljanjem u postotni odnos s njezinom ukupnom površinom vidljivo je da je postojeća dostupnost površine, tj. primarna relativna otvorenost koja je s postojećom mrežom primarne šumske infrastrukture iznosila 45,02 % i prema sustavu procjene primarne relativne otvorenosti šuma svrstavana u kategoriju nedovoljna primarna relativna otvorenosti, unaprijeđenom mrežom povoljnija jer iznosi 75,80 %, što ju prema sustavu procjene primarne relativne otvorenosti šuma svrstava u kategoriju jako dobre (dostupno od 75 do 85 % šumske površine).

Po završetku analize relativne otvorenosti pristupilo se izračunu koeficijenta učinkovitosti unaprijeđene mreže primarne šumske prometne infrastrukture, koji je očekivano manjih vrijednosti od koeficijenta učinkovitosti postojeće mreže šumske transportne infrastrukture iz razloga što je na istoj jedinici površine veća količina šumskih cesta, a samim time i veća koncentracija raskrižja te zona preklapanja omeđenih površina susjednih cesta. Temeljem izraza 2 koeficijent učinkovitosti unaprijeđene mreže primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine iznosi 64,04 %.

3.5 Analiza unaprijeđenih geometrijskih udaljenosti privlačenja drva – *Analysis of improved geometrical timber extraction distances*

Analiza unaprijeđenih geometrijskih udaljenosti privlačenja drva provedena je kako je opisano

u poglavlju 3.2. Jedina je razlika što su postojećoj prometnoj infrastrukturi pridijeljene i novoprojektirane šumske ceste. Temeljem analize geometrijskih udaljenosti privlačenja drva smanjena je razlika u maksimalnim odnosno minimalnim srednjim vrijednostima za pojedini odsjek. Najveća zabilježena srednja geometrijska udaljenost privlačenja drva u iznosu od 763,19 m zabilježena je u odsjeku 110b, dok je najmanja vrijednost ostala ista kao i kod postojećega stanja u odsjeku 61c u iznosu od 19,61 m.

Izračunata je i prosječna geometrijska udaljenost privlačenja drva na razini gospodarske jedinice koja iznosi 258,74 m, što je veća vrijednost od ciljne geometrijske udaljenosti privlačenja drva, koja prema Pravilniku za gorsko-planinsko reljefno područje iznosi 200 m. Ujedno je vidljivo, uspoređujući postojeću i unaprijeđenu geometrijsku udaljenost privlačenja drva u gospodarskoj jedinici Crno jezero – Marković rudine, ona smanjena ili je ostala ista u svim odsjecima gospodarske jedinice odnosno na razini gospodarske jedinice. Naime, s postojećih 258,74 m smanjena je na 140,55 m koliko iznosi za unaprijeđenu mrežu primarnih šumskih prometnica.

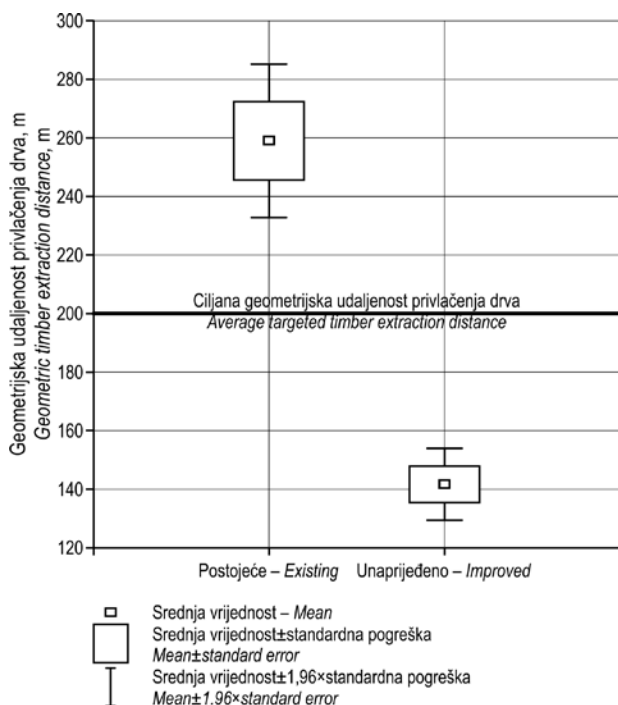
4. Zaključci – *Conclusions*

Provedene analize pokazale su opravdanost izrade Pravilnika za pojedino reljefno područje Republike Hrvatske koji omogućuje, uz pomoć parametara, kao što su ciljana gustoća primarne šumske prometne infrastrukture i ciljana geometrijska udaljenost privlačenja drva, odnosno pomoću sustava procjene primarne relativne otvorenosti, na jednostavan i nedvosmislen način, dolazak do informacija o kakvoći i količini mreže primarne šumske prometne infrastrukture promatranoga većega ili manjega šumskoga područja.

Nadalje, takva vrsta analize klasične i relativne otvorenosti šuma odnosno geometrijske udaljenosti privlačenja drva svrhovita je i daje korisne podatke pri taktičkom planiranju šumske transportne infrastrukture. Ona je korisna i za planiranje na razini gospodarske jedinice gdje osipanje podataka nije veliko, kao što je i prikazano na primjeru usporedbe postojeće i unaprijeđene srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva (slika 4).

Nakon taktičkoga planiranja šumske transportne infrastrukture na razini gospodarske jedinice i dalje ostaju dijelovi gospodarske jedinice koji su nedovoljno otvoreni (npr. odsjeci 110 b, 3 e, 112 b, 110 a, 68 b) što zbog orografije terena, što zbog neplanske izgradnje šumskih cesta u prošlosti koja je utjecala na njihov današnji raspored, a samim time i na mo-

gućnost planiranja i prostorni raspored novih šumskih prometnica na terenu. Takvi neotvoreni dijelovi gospodarske jedinice trebali bi biti obuhvaćeni najnižom razinom planiranja u šumarstvu koje se naziva lokalno odnosno operativno planiranje.



Slika 4. Usporedba postojeće i unaprijedene srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva u gospodarskoj jedinici Crno jezero – Marković rudine

Fig. 4 Comparison of existing and improved average geometric timber extraction distance (Euclidean distance) in Management Unit Crno jezero – Marković rudine

Ukupna količina šumskih cesta na terenu trebala bi balansirati između dostizanja zadanih ciljeva i potreba za klasičnom i relativnom primarnom otvorenosti odnosno dostizanja ciljane geometrijske udaljenosti privlačenja, koja je u Hrvatskoj definirana Pravilnikom, te koeficijenta učinkovitosti mreže primarne šumske prometne infrastrukture.

Svakako bi u daljnjim istraživanjima valjalo analizirati koeficijente učinkovitosti pojedine sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture i koeficijente učinkovitosti pojedine sastavnice unaprijedene primarne šumske transportne infrastrukture te vidjeti pri kojem stupnju relativne otvorenosti oni statistički značajno padaju te može li se navedenim analizama utvrditi optimalna količina i optimalni prostorni razmještaj primarnih šumskih prometnica istraživanoga područja.

5. Literatura – References

Abegg, B., 1978: Die Schätzung der optimalen Dichte von Waldstraßen in traktorfahrbaren Gelände. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitteilungen, 54, 2.

Anon., 2017: Osnova gospodarenja gospodarske jedinice Crno jezero – Marković rudine. Šumarija Otočac, UŠP Gospić.

Backmund, F., 1966: Kennzahlen für den Grad der Erschließung von Forstbetrieben durch Autofahrbare Wege. Forstwiss 85(11): 342–354.

Bosner, A., T. Poršinsky, I. Stankić, 2012: Forestry and Life Cycle Assessment. In: Global Perspectives on Sustainable Forest Management, C. A. Okia (ur.), InTech, Rijeka, 139–160.

Bumber, Z., 2011: Primjena GIS-a pri analizi otvorenosti G.J. Šiljakovačka dubrava II kroz strukturu prihoda drva u prostoru i vremenu. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 139 str.

Dean, D.J., 1997: Finding optimal routes for networks of harvest site access roads using GIS-based techniques. Canadian Journal of Forest Resources 27(1): 11–22. <https://doi.org/10.1139/x96-144>

Dietz, P., W. Knigge, H. Löffler, 1984: Walderschliessung (Forest Roads). Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin, 426 str.

Enache, A., 2009: Elaboration of a Forest Road Network in Trauch Forest District, Wittgenstein Forest Administration, Hohenberg, Austria. Master Thesis, University of Natural Resources and Life Sciences – BOKU, Vienna, 67 str.

Hodić, I., Z. Jurušić, 2011: Analiza primarne otvorenosti šuma kojima gospodare HŠ d.o.o. Zagreb kao podloga za kreiranje buduće politike izgradnje šumskih cesta. Šumarski list 135(9-10): 487–499.

Jeličić, V., 1983: Šumske ceste i putevi. Samoupravna interesna zajednica odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije, Zagreb, 193 str.

Jeličić, V., 1988: Otvaranje šuma i savremeni transport drveća. Dokumentacija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu, Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, 63 str.

Krpan, A.P.B., 1992: Iskorišćivanje šuma. U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatske šume j.p., Zagreb, 153–170.

Murray, T.A., 1998: Rout Planning for Harvest Site Access. Canadian Journal of Forest Research 28(7): 1084–1087. <https://doi.org/10.1139/x98-122>

Pearce, J.K. 1974: Forest Engineering Handbook, a Guide for Logging Planning and Forest Road Engineering, Bureau of Land Management. Oregon State Office, US Department of the Interior. Divisions 100–800, 220 str.

Pentek, T., 2002: Računalni modeli optimizacije mreže šumskih cesta s obzirom na dominantne utjecajne čimbe-

nike. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 271 str.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2005: Planiranje šumskih prometnica – postojeća situacija, determiniranje problema i smjernice budućeg djelovanja. *Nova mehanizacija šumarstva* 26(1): 55–63.

Pentek, T., 2012: Šumske prometnice. Skripta, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 373 str.

Pentek, T., H. Nevečerel, T. Ecimović, K. Lepoglavec, I. Papa, Ž. Tomašić, 2014: Strategijsko planiranje šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj – raščlamba postojećega stanja kao podloga za buduće aktivnosti. *Nova mehanizacija šumarstva* 35 (1): 63–78.

Pentek, T., A. Đuka, I. Papa, D. Damić, T. Poršinsky, T. 2016: Elaborat učinkovitosti primarne šumske prometne infrastrukture – alternativa studiji primarnog otvaranja šuma ili samo prijelazno rješenje? *Šumarski list* 140(9-10): 435–452. <https://doi.org/10.31298/sl.140.9-10.1>

Potočnik, I., 1996: Mnogonamenska raba gozdnih cest kot kriterij za njihovo kategorizaciju. Disertacija, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, 241 str.

Segebaden, G. von, 1964: Studies of cross-country transport distances and road net extension. *Studia Forestalia Suecica* 18: 67 str.

Sever, S., 1992: Šumarski strojevi. Tehnička enciklopedija XII, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 519–531 str.

Šikić, D., B. Babić, D. Topolnik, I. Knežević, D. Božičević, Ž. Švabe, I. Piria, S. Sever, 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste. Znanstveni savjet za promet Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 78 str.

Stampfer, K., 2010: Forest Engineering – Course Script. Institute of Forest Engineering, Department of Forest and Soil Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences – BOKU, Vienna, Austria.

Tehrani, F.B., B. Majnounian, E. Abdi, G. Z. Amiri, 2015: Impacts of Forest Road on Plant Species Diversity in a Hyrcanian Forest, Iran. *Croatian Journal of Forest Engineering* 36(1): 63–71.

* Pravilnik o provedbi mjere M04 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. NN 106/15, 65/17, 77/17.

* Smjernice za izradu Elaborata radilišta za radove u šumarstvu. Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije. NN 16/15.

Abstract

Case Study of Primary Forest Accessibility for Management Unit Crno jezero – Marković rudine Forestry Office Otočac

Well planned forest traffic infrastructure, which is optimally integrated into the forest ecosystem, represents one of the basic prerequisites for the rational management of the forest ecosystem. The total amount of forest roads, their location and their specified technical characteristics must be sufficient for the best possible forest management. If the forest traffic infrastructure is properly distributed in the area, it enables all the tasks covered by forest management plans, with minimal costs for their construction and maintenance. This paper presents the current state of primary accessibility of the Management Unit Crno jezero – Marković rudine and gives guidelines to achieve very good primary relative accessibility. The processing of field data was performed with the ArcGIS 10.4 and QGIS 2.18.20 computer programs. It has been established that the classical forest openness in the studied Management Unit was 13.66 km/1000 ha, which does not even meet the minimum specified classical openness, this being 15 km/1000 ha for mountainous/hilly areas. When analysing the results of primary relative openness, a very similar situation was found as in the case of classical openness; the primary relative openness was 45.05 %, which is insufficient. Furthermore, the existing mean geometric distances of timber extraction were analysed separately for each compartment and for the entire management unit, which was 258.74 m. A careful planning resulted in the design of a total of 53.05 km of new forest roads, which ultimately resulted in an increase in the classical forest openness amounting to 22.82 km/1000 ha and an increase in the primary relative openness amounting to 75.8 %, while the mean geometric distance of timber extraction was reduced to 140.55 m.

Keywords: forest roads, relative forest openness, geometric distances of timber extraction, ArcGIS

Adrese autorâ – *Authors' addreses:*

Doc. dr. sc. Ivica Papa
e-pošta: ipapa@sumfak.hr
Prof. dr. sc. Tibor Pentek
e-pošta: tpentek@sumfak.hr
David Janeš, mag. ing. silv. *
e-pošta: djanes@sumfak.hr
Doc. dr. sc. Andreja Đuka
e-pošta: aduka@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
10 000 Zagreb
HRVATSKA

Enio Valinčić, mag. ing. silv.
e-pošta: eniovalincic@gmail.com
Sinac 357A
53220 Otočac
HRVATSKA

Primljeno (*Received*): 1. 11. 2019.
Prihvaćeno (*Accepted*): 3. 12. 2019.

* Glavni autor – *Corresponding author*



Hiperspektralni senzori i primjena u šumarstvu

Mario Ančić, Renata Pernar, Fran Bono Cindrić, Ante Seletković, Jelena Kolić

Nacrtak – Abstract

Od samoga početka razvoja daljinskih istraživanja ljudi su pokušavali stvoriti alat za proučavanje Zemljine površine i dinamičnih pojava na njoj. Napretkom tehnologije najprije za vojne, a potom i za istraživačke potrebe, razvijeni su senzori za prikupljanje podataka snimanjem elektromagnetskoga spektra (multispektralni i hiperspektralni). U trenutku kada su postali dostupni za uporabu u civilnoj zajednici, postale su očigledne potencijalne koristi uporabe hiperspektralnih podataka. Razvoj hiperspektralnih senzora slijedio je razvoj računalne tehnologije i napredak softvera za obradu velikoga broja prikupljenih podataka.

Danas se hiperspektralni senzori sve više upotrebljavaju za razne namjene: proučavanje ekosustava, atmosfere, klime, hidrologije, iskorištavanja minerala, načina korištenja zemljišta, zemljišnoga pokrova i vegetacije. Zahvaljujući velikomu broju raznovrsnih informacija koje pružaju, hiperspektralni senzori imaju veliku mogućnost primjene u nadzoru i upravljanja okolišem te pomažu unapređenju upravljanja i donošenju boljih odluka pri ranom definiranju problema.

Prva primjena hiperspektralnih senzora u šumarstvu u Hrvatskoj vezana je uz program Europske zajednice iz 2005. godine, kada su provedena prva snimanja linijskim hiperspektralnim senzorom. U sklopu provedenih snimanja izdvojene su prve spektralne krivulje obične jele i bijele imele, na osnovi kojih je prvi put izdvojena vrsta unutar vrste, odnosno pomoću hiperspektralnih snimaka razlučeni su grmovi poluparazitske vrste unutar krošanja domaćina te su definirane procedure za snimanje na velikim površinama.

Ključne riječi: hiperspektralni senzori, šumarstvo, spektralni potpisi

1. Uvod – Introduction

Od sredine 50-ih godina 20. stoljeća razni senzori bilježe reflektirano zračenje sa Zemljine površine u spektru 400–2500 nm. Prvi su senzori bilježili podatke na crnobijeli, a nakon toga na infracrveni kolor (ICK) film (zeleni, crveni i bliski infracrveni kanal). Napretkom digitalnih tehnologija najprije za vojne, a potom za istraživačke potrebe, razvijeni su brojni senzori kojima se prikupljaju podaci u prostranom i širokom spektralnom rasponu. Takvi se senzori nazivaju multispektralni, a od svoga postanka do danas čine okosnicu optičkoga sustava prikupljanja podataka (Lucas i dr. 2004).

Od ranih 70-ih godina 20-oga stoljeća lansiran je velik broj orbitalnih multispektralnih senzora, koji su prikupljali i još uvijek prikupljaju podatke u nekoliko širokih (100–200 nm) spektralnih kanala ne-

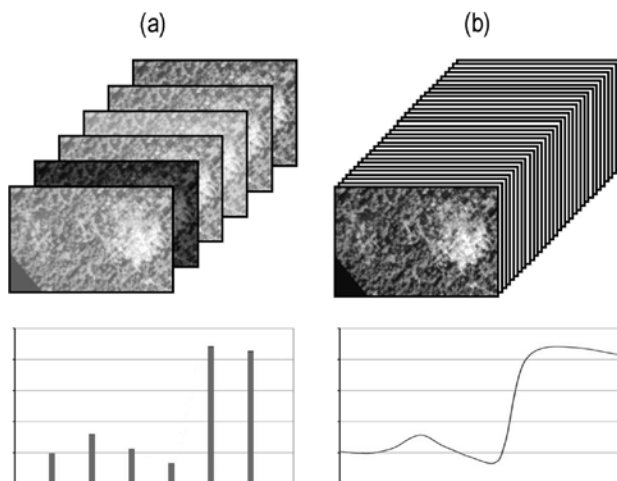
pravilna prostornoga rasporeda (Van der Meer i De Jong 2001). Takve karakteristike dovode do usrednjavanja spektara ili prekrivanja slabijih značajki jačima (Kumar i dr. 2001), što s ekološkoga stajališta rezultira smanjenjem ili gubitak informacija koje je moguće izdvojiti.

Upravo nedostatak prostorne, spektralne i radiometrijske rezolucije mnoge multispektralne senzore čini neadekvatnima za identificiranje materijala i njegovih značajki, a posebno za identificiranje minerala (Goetz 1995).

2. Hiperspektralni senzori *Hyperspectral sensors*

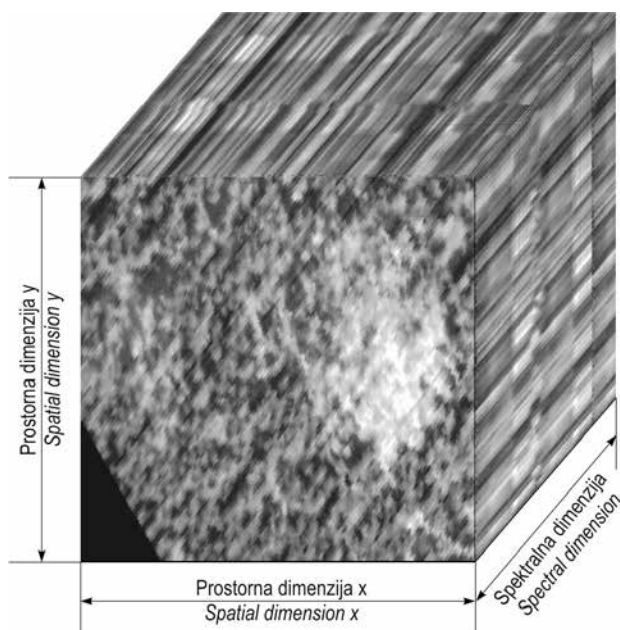
Prepoznavanjem ograničenja multispektralnih senzora razvijene su poboljšane tehnologije teme-

ljene na spektroskopiji, prilikom čega je ograničeni broj kanala poboljšan primjenom niza uskih graničnih kanala od vidljivoga do termalnoga područja elektromagnetskoga spektra (Aspinall i dr. 2002). Hiperspektralni senzori koriste kontinuirane raspone, za razliku od multispektralnih senzora (slika 1) koji koriste podskup ciljanih valnih duljina određenih dijelova spektra (Veys i dr. 2017).



Slika 1. Razlika između multispektralnih (a) i hiperspektralnih (b) senzora

Fig. 1 Difference between multispectral (a) and hyperspectral (b) sensors

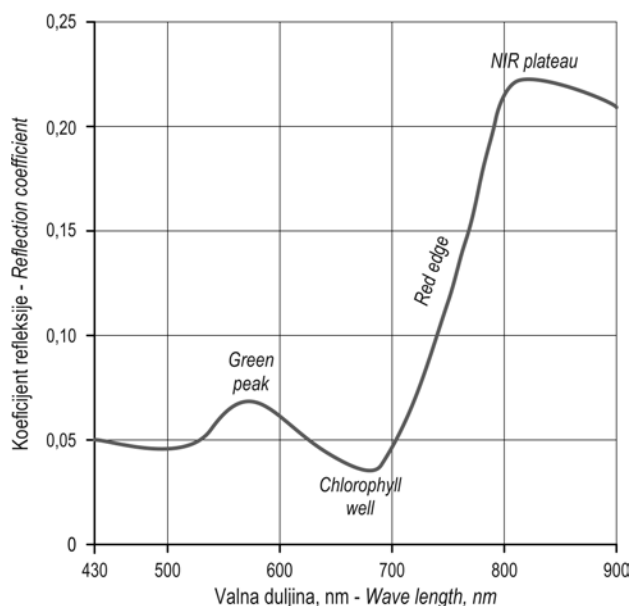


Slika 2. Primjer hiperspektralne kocke (Ančić 2011)

Fig. 2 An example of hyperspectral cube (Ančić 2011)

Hiperspektralnim snimanjem prikupljaju se i obrađuju podaci radi dobivanja spektralne informacije iz svakoga piksela na slici, što omogućuje detekciju i određivanje karakterističnih značajki predmeta i materijala od kojih je taj predmet izgrađen. Matrice spektralnih uzoraka grade se na osnovi snimljenih linija po sustavu linija po linija oblikujući dvodimenzionalnu sliku (x i y prostorne osi), dok treća z os prikazuje spektralne podatke svakoga snimljenoga piksela (λ os) (Aspinall i dr. 2002). Takav se prikaz naziva hiperspektralnom kockom (slika 2).

Hiperspektralni senzori omogućuju prikupljanje velikoga broja podataka o raznim parametrima u istraživanju vegetacije i okoliša. Kako bi se pobliže objasnila njihova primjena u istraživanju vegetacije, a pri tome i njegova primjena u šumarstvu, ključno je navesti opisne elemente spektralnih potpisa vegetacije poput *green peak*, *chlorophyll well*, *red edge* i *NIR plateau* (slika 3) (Kumar 1998, Huber i dr. 2005).



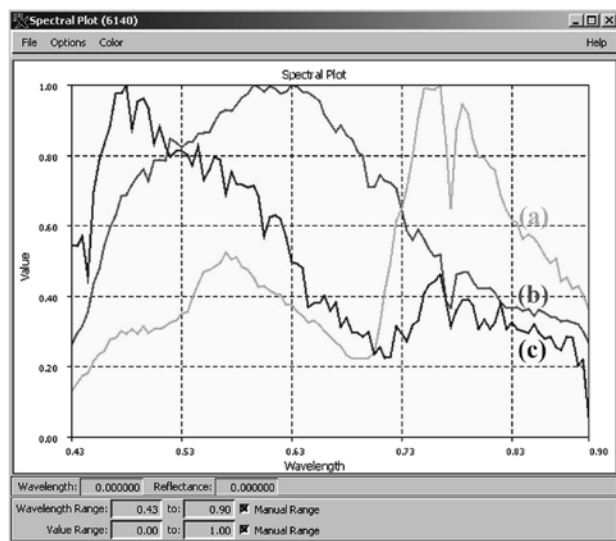
Slika 3. Karakteristična hiperspektralna krivulja za vegetaciju s pojmovima koji ju opisuju

Fig. 3 Characteristic vegetation hyperspectral curve with explanation terminology

Posebno značenje ima *red edge* koji prikazuje najveću promjenu refleksije s obzirom na promjenu spektralnih značajki bilo kojega zelenoga lista u vidljivom i bliskom infracrvenom području (Elvidge i dr. 1990), koje se obično identificira pomoću točke infleksije crvenoga ruba (*red-edge inflection point*) ili točkom maksimalnoga nagiba, a nalazi se između 680 i 750 nm, bez obzira na vrstu (Kumar i dr. 2001).

Pomoću navedenih elemenata spektralnih potpisa, a osobito pomoću obilježja *red edge*, moguće je razlikovati pojedine vrste jer svaka vrsta ima svoj spektralni potpis.

Prema Buckinghamu i dr. (2002) na hiperspektralnim snimkama apsorpcija i raspršivanje čestica (reflektirano zračenje) formiraju karakteristične potpise (slika 4) i tako omogućuju detekciju objekata.



Slika 4. Prikaz spektralnih potpisa za tri spektralna uzorka: (a) vegetacija, (b) kamen i (c) sjena (Ančić 2011)

Fig. 4 Display of spectral signatures for three different spectral patterns (a) vegetation, (b) rock and (c) shadow (Ančić 2011)

Hiperspektralni senzori skeniraju i skupljaju karakteristične svjetlosne »potpise« biljaka – čiste spektralne uzorke (*endmembers*) minerala i svih ostalih objekata. Čistim spektralnim uzorcima smatraju najekstremnije ili spektralno »čiste« elemente (npr. jela, dolomit i dr.), a oni se najčešće definiraju u idealnim terenskim ili laboratorijskim uvjetima. U slučaju kada nije moguće terensko mjerenje, *endmembers* se mogu izdvojiti iz čistih elemenata snimke (Piwowar 1999). Pretpostavka je da se na snimljenoj sceni nalaze takvi čisti spektralni uzorci te da je prostorna rezolucija u takvu slučaju dovoljno velika (< 1 m) jer se tada povećava mogućnost odabira čistoga uzorka (Ticehurst i dr. 2001, Culvenor 2002, Held i dr. 2003).

Spektralni potpisi vegetacije, za razliku od minerala, dinamični su u spektralnoj, prostornoj i vremenskoj dimenziji te ih s oprezom treba ugraditi u spektralne knjižnice (Elvidge 1990, Salisbury i dr. 1991a, Salisbury i dr. 1991b, Grove i dr. 1992, Clark i dr. 1993, Salisbury i dr. 1994, Korb i dr. 1996, Asner i

Heiderbrecht 2002, Shippert 2003, Lucas i dr. 2004). Upravo na osnovi spektralnih potpisa, unutar velike količine spektralnih informacija prikupljenih hiperspektralnim sensorima, algoritmi mogu identificirati određeni objekt ovisno o njegovu spektralnom potpisu. Za to su ključni čimbenici za određivanje vjerojatnosti dobivanja »čistoga« spektra refleksije, a uključuju prostornu razlučivost senzora, gustoću sklopa, područje i kut distribucije lišća i grana te udio sjena u krošnji (Adams i dr. 1995). U većini slučajeva spektralni je potpis pomiješan sa spektralnim potpisima drugih objekata, no unatoč degradaciji »čiste« spektralne refleksije podaci biokemijskih i biofizičkih svojstava krošnja još uvijek mogu biti prikupljeni. Zahvaljujući tomu, hiperspektralni su se senzori pokazali dobrima za istraživanje vegetacije kao moćan dijagnostički alat.

Hiperspektralni sustavi mogu se podijeliti prema metodama snimanja (*whiskbroom* – točka po točka, *pushbroom* – linija po linija, *the staring approach* – cijela scena u jednom spektralnom kanalu i *snapshot* – kompletna spektralna kocka u jednoj snimci) i prema nositeljima/platformama na kojima su postavljene (satelitski, zrakoplovni, terenski/laboratorijski).

3. Primjena hiperspektralnih senzora u proučavanju i zaštiti okoliša

Application of hyperspectral scanners in environmental studies and protection

Hiperspektralni su senzori dugi niz godina od pojave imali uporabu u vojne svrhe (Van der Meer i De Jong 2001). Od trenutka kada je tehnologija postala dostupna u civilnom segmentu nalazi se u raznim primjenama od zdravstva, obrade hrane, iskorištavanju mineralnih dobara, za potrebe sigurnosnih nadzora, u astronomiji, ekologiji, prostornom planiranju, šumarstvu, poljoprivredi, arheologiji i dr. (Lucas i dr. 2004).

S obzirom na velike mogućnosti primjene hiperspektralnih podataka u proučavanju i zaštiti okoliša mogu se koristiti za:

- ⇒ procjenu kvalitete tla i nadzor agrokulturnoga utjecaja (Idowu i dr. 2008)
- ⇒ taloženje industrijske prašine i čestica iz atmosfere (Ong i dr. 2001)
- ⇒ detekciju zagađenja tla i vode ugljikovodicima i za nadzor naftnih cjevovoda (Li i dr. 2005)
- ⇒ nadzor onečišćenja vode (Bianchi i dr. 1995a, Bianchi i dr. 1995b), nadzor kvalitete pitke jezerске vode i nadzor obalnoga područja (Mannheim i dr. 2004)

- ⇒ kartiranje biljnih vrsta i staništa, posebno za ugrožene vrste (Clark i dr. 2005, Belluco i dr. 2006)
- ⇒ izradu karata močvarnih zemljišta (Neuenschwander i dr. 1998, Elhadi i Mutanga 2009)
- ⇒ nadzor krčenja šuma i degradaciju šumskih površina (De Jong i Epema 2001)
- ⇒ identificiranje i nadzor štetnih korova (Deguise i dr. 1999)
- ⇒ nadzor biomase (Cho i dr. 2007) i paljenje biomase (Green i dr. 1998)
- ⇒ kartiranje invazivnih vrsta (Tsai i Chen 2004)
- ⇒ kartiranje napada štetnih kukaca (Coops i dr. 2003, Lawrence i Labus 2003, Pontius i dr. 2005, Mirik i dr. 2006)
- ⇒ kartiranje zdravstvenoga stanja šuma (Pontius i dr. 2005)
- ⇒ nadgledanje oštećenja rudarenjem i za rehabilitaciju uništenih područja (Chevrel i dr. 2001)
- ⇒ praćenje ugljika u inventuri šuma (Andersson i dr. 2009)
- ⇒ detekciju sadržaja vode u vegetaciji (Chisholm 2001)
- ⇒ otkrivanje potencijalnih žarišta požara (*hot spot*) i detekciju dima (Robichaud i Zamudio 2004) i dr.

Prednost velikoga broja informacija dobivenih snimanjem hiperspektralnim sensorima u ranoj je detekciji i donošenju odluka za rješavanje problema kojima bi se oni mogli ublažiti ili u potpunosti spriječiti.

4. Primjena hiperspektralnih senzora u šumarstvu – *Application of hyperspectral scanners in forestry*

Povećana potražnja za stalnim monitoringom za opstanak biološke raznolikosti i procjena zdravstvenoga stanja šuma zahtijevala je uvođenje novih tehnologija za istraživanja u šumarstvu – hiperspektralnih senzora.

Postoje mnogi primjeri primjene hiperspektralnoga snimanja za određivanje biokemijskih varijabli dušika i lignina, apsolutnoga sadržaja vode u lišću biljke, za mjerenje koncentracije pigmenta u listovima, mjerenje sadržaja klorofila u biljkama i dr. (Lucas i dr. 2004).

Klorofil u biljkama apsorbira vidljivu svjetlost, ali plavu i crvenu u jačem intenzitetu od zelene. Takva refleksija zdrave biljke na spektralnim krivuljama stvara karakteristični »vrh« refleksije unutar

zelenoga dijela vidljivoga spektra (*chlorophyll peak*). Smanjenjem vitalnosti biljaka smanjuje se apsorpcija klorofila, što rezultira smanjenjem refleksije u crvenom i bližem infracrvenom području. Pomaci unutar tih dvaju područja najčešće upućuje na stres stabala prikazan na lisnoj masi (Ferretti 1997).

Stres u šumama pokazuje razne simptome od kojih se neki mogu otkriti hiperspektralnim skeniranjem (Stone i Mohammed 2017). Razni su razlozi pogoršanja zdravstvenoga stanja šuma. Kukci, gljivične bolesti, onečišćenje tla, zagađenje zraka, suše, ekstremne vremenske prilike, antropogeni utjecaj i drugi čimbenici izazivaju stres u šumama.

Osim praćenja stanja šuma hiperspektralne se snimke koriste i u druge svrhe poput monitoringa invazivnih vrsta drveća ili za determinaciju vrsta. Van Aardt i Wynne (2001) dokazali su kako pomoću infracrvenoga dijela spektra izvornih hiperspektralnih podataka mogu prepoznati i determinirati četinjače i listače umjerenoga područja. Slično je istraživanje provedeno 2002. godine pomoću hiperspektralnoga skenera HyMap (Darvishsefat i dr. 2002).

Hiperspektralne snimke, osim navedenih primjena, moguće je koristiti i u druge svrhe (za kartiranja progradacije štetnih kukaca, strukture vegetacije i gorive materije, za otkrivanje mogućih žarišta požara i dr.).

Iz svega navedenoga može se zaključiti kako šumarstvo ima veliku korist od podataka prikupljenih hiperspektralnim sensorima, pogotovo za potrebe praćenja zdravstvenoga stanja šuma i kartiranja vegetacije.

5. Hiperspektralna istraživanja u šumarstvu Republike Hrvatske *Hyperspectral research in forestry in the Republic of Croatia*

Prva hiperspektralna istraživanja u Hrvatskoj započinju u sklopu programa Europske zajednice (projekti ARC i SMART). Tada su, prvi put u hrvatskom šumarstvu, na području Medvednice (NPŠO Zagreb), uz multispektralna, provedena i hiperspektralna snimanja linijskim skenerom ImSpector V9 na vegetaciji, točnije na običnoj jeli i poluparazitskoj vrsti bijela imela. Rezultat su bile prve spektralne krivulje refleksije obične jele i bijele imele (Pernar i dr. 2005).

Nastavkom istraživanja provedeno je snimanje hiperspektralnim linijskim skenerom ImSpector V9 u kontroliranim uvjetima na uzorcima obične jele i bijele imele. Snimanje je rezultiralo izdvajanjem čistih spektralnih potpisa (*endmembers*) obične jele i bijele

imele, a izdvojeni čisti spektralni potpisi poslužili su kao referencija za daljnja istraživanja i kontrolu prikupljenih podataka snimanjem iz zraka.

Na području UŠP Gospić 2010. godine obavljeno je snimanje hiperspektralnim skenerom iz zrakoplova. Cilj je istraživanja bio razviti učinkovitu i pouzdanu metodu za detekciju imele na jeli sa što većom pouzdanošću. Istraživanjem je dobiven rezultat kojim je prvi put izdvojena vrsta unutar vrste, odnosno pomoću hiperspektralnih snimki razlučeni su grmovi poluparazitske vrste bijela imela unutar krošanja domaćina obične jele. Formirana je spektralna knjižnica, a izdvojeni spektralni potpisi postali su njezin dio te se mogu uporabiti u budućim istraživanjima (Ančić i dr 2014).

Također je provedeno snimanje hiperspektralnim skenerom u kontroliranim uvjetima za glavne šumske vrste u RH (hrast lužnjak, običnu bukvu, običnu jelu i smreku) i za dvije poluparazitske biljke (bijela i žuta imela). Provedenim istraživanjem definirani su postupci uzimanja uzoraka i dobiveni spektralni potpisi za istraživane vrste (*endmemberi*). Spektralni potpisi postali su dio spektralne knjižnice, a najznačajniji rezultat istraživanja jest mogućnost primjene za detekciju vrsta na hiperspektralnim snimkama (Ančić i dr. 2019).

6. Zaključak – Conclusion

Napredovanjem tehnologije hiperspektralni se senzori usavršavaju, a njihove snimke postaju dostupne velikomu broju istraživača te pronalaze primjenu u mnogim znanstvenim disciplinama.

Kako u drugim disciplinama, tako i u šumarstvu takav se način snimanja može koristiti za određivanje biomase, kartiranje šumske vegetacije, praćenje zdravstvenoga stanja šuma, progradacije kukaca, širenja gljivičnih bolesti, za mjerenje zaliha ugljika, mjerenje sadržaja klorofila u lišću, za procjenu produktivnosti i dr.

U usporebi s terenskim načinom istraživanja količina povratnih informacija iz hiperspektralnih snimki veća je i ekonomski isplativija za potrebe šumarstva s obzirom na brzinu obavljanja poslova i inventariziranu površinu. No, ne može se reći kako hiperspektralni senzori u potpunosti zamjenjuju terenska istraživanja, već bi se trebali, u sinergiji, nadopunjavati i pomagati pri donošenju bitnih odluka poput provođenja zaštitnih mjera, praćenja stanja ekosustava i dr., te kao takvi pridonijeti pravodobnomu uočavanju negativnih posljedica na šumske ekosustave.

Velika se učinkovitost hiperspektralnih senzora može postići provođenjem kontinuiranoga višego-

dišnjega praćenja vegetacije. Mogućnost je primjene hiperspektralnih senzora u svim granama šumarstva velika s obzirom na količinu informacija koju oni mogu isporučiti i na dostupnost. Upravo zbog raznovrsnih mogućnosti hiperspektralnih senzora preporuča se uvoditi ih u operativnu primjenu u šumarstvu.

7. Literatura – References

- Adams, J.B., D.E. Sabol, V. Kapos, R. A. Filho, D.A. Roberts, M.O. Smith, 1995: Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: Application to land-cover change in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment* 52: 137–154. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)00098-8](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)00098-8)
- Andersson, K., T.P. Evans, K.R. Richards, 2009: National forest carbon inventories: policy needs and assessment capacity. *Climatic Change* 93(1): 69–101. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9526-6>
- Ančić, M., 2011: Primjena multispektralnih i hiperspektralnih snimaka u procjeni oštećenosti obične jele (*Abies alba* Mill.) i detekciji imele (*Viscum album* L. ssp. *abietis* / Weisb./ Abrom.). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 161 str.
- Ančić, M., M. Bajić, J. Kolić, R. Pernar, A. Seletković, 2014: Detecting mistletoe infestation on Silver fir using hyperspectral images. *iForest* 7: 85–91. <https://doi.org/10.3832/ifer1035-006>
- Ančić, M., R. Pernar, M. Bajić, A. Krtalić, A. Seletković, D. Gajski, J. Kolić, 2019: Spektralni potpisi (endmemberi) nekih šumskih vrsta u Republici Hrvatskoj. *Šumarski list* (u tisku).
- Asner, G.P., K.B. Heidebrecht, 2002: Spectral unmixing of vegetation, soil and dry carbon cover in arid regions: comparing multispectral and hyperspectral observations. *International Journal of Remote Sensing* 23(19): 3939–3958. <https://doi.org/10.1080/01431160110115960>
- Aspinall, R.J., W.A. Marcus, J.W. Boardman, 2002: Considerations in collecting, processing and analysing high spatial resolution hyperspectral data for environmental investigations. *Journal of Geographical Systems* 4: 15–29. <https://doi.org/10.1007/s101090100071>
- Belluco, E., M. Camuffo, S. Ferrari, L. Modenese, S. Silvestri, A. Marani, M. Marani, 2006: Mapping salt-marsh vegetation by multispectral and hyperspectral remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 105(1): 54–67. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.06.006>
- Bianchi, R., A. Castagnoli, R.M. Cavalli, C.M. Marino, S. Pignatti, E. Zilioli, 1995a: Preliminary analysis of aerial hyperspectral data on shallow lacustrine waters. *Remote Sensing for Agriculture, Forestry and Natural Resources*. U: E.T. Engman, G. Guyot, C.M. Marino (ur.): SPIE Proceedings 2585: 341–351. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-05605-9>

- Bianchi, R.A., R.M. Castagnoli, C.M. Cavalli, S. Marino, M. Pignatti, M. Poscolieri, 1995b: Use of airborne hyperspectral images to assess the spatial distribution of oil spilled during the Trecate blow-out (Northern Italy). *Remote Sensing for Agriculture, Forestry and Natural Resources*. U: E.T. Engman, G. Guyot, C.M. Marino (ur.): SPIE Proceedings 2585: 352–362. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-05605-9>
- Buckingham, B., K. Staenz, A. Hollinger, 2002: Review of Canadian airborne and space activities in hyperspectral remote sensing. *Canadian Aeronautics and Space Journal* 48(1): 115–121. <https://doi.org/10.5589/q02-013>
- Chevrel, S., V. Kuosmanen, R. Belocky, S. Marsh, T. Tapani, H. Mollat, L. Quental, P. Vosen, V. Schumacher, E. Kuronen, P. Aastrup, 2001: Hyperspectral airborne imagery for mapping mining-related contaminated areas in various European environments – First results of the MINEO Project. 5th International Airborne Remote Sensing Conference, San Francisco, California, 17–20 September 2001, 8 p.
- Chisholm, L.A., 2001: Characterisation and evaluation of moisture stress in *E. camaldulensis* using hyperspectral remote sensing. Sidney, University of New South Wales, p. 236.
- Cho, M.A., A. Skidmore, F. Corsi, S. E. van Wieren, I. Sobhan, 2007: Estimation of green grass/herb biomass from airborne hyperspectral imagery using spectral indices and partial least squares regression. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 9(4): 414–424. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2007.02.001>
- Clark, R.N., G.A. Swayze, A.J. Gallagher, T.V.V. King, W.M. Calvin, 1993: The U. S. Geological Survey, Digital Spectral Library. Version 1: 0.2 to 3.0 microns. U.S. Geological Survey Open File Report 93-592, p. 1340.
- Clark, M.L., D.A. Roberts, D.B. Clark, 2005: Hyperspectral discrimination of tropical rain forest tree species at leaf to crown scales. *Remote Sensing of Environment* 96: 375–398. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.03.009>
- Coops, N., M. Stanford, K. Old, M. Dudzinski, D. Culvenor, C. Stone, 2003: Assessment of Dothistroma needle blight of *Pinus radiata* using airborne hyperspectral imagery. *Ecology and Epidemiology* 93(12): 1524–1532. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.12.1524>
- Culvenor, D.S., 2002: TIDA: an algorithm for the delineation of tree crowns in high spatial resolution remotely sensed imagery. *Computers and Geosciences* 28(1): 33–44. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(00\)00110-2](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(00)00110-2)
- Darvishsefat, A.A., T.W. Kellenberger, K.I. Itten, 2002: Application of hyperspectral data for forest stand mapping. Symposium on geospatial theory, processing and applications, Ottawa, p. 5.
- De Jong, S.M., G.F. Epema, 2001: Imaging spectrometry for surveying and modeling land degradation. U: F.D. van der Meer, S.M. de Jong (ur.): Imaging spectrometry: basic principles and prospective applications, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 65–86. <https://doi.org/10.1007/978-0-306-47578-8>
- Deguisse, J.C., K. Staenz, J. Lefebvre, 1999: Agricultural applications of airborne hyperspectral data – Weed detection. International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition, 4th/21st Canadian Symposium on Remote Sensing, Ottawa, Canada; United States, 21–24 June 1999, 352–358.
- Elhadi, A., O. Mutanga, 2009: Spectral discrimination of papyrus vegetation (*Cyperus papyrus* L.) in swamp wetlands using field spectrometry. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 64(6): 612–620. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.04.004>
- Elvidge, C.D., 1990: Visible and infrared reflectance characteristics of dry plant materials. *International Journal of Remote Sensing* 11(10): 1775–1795. <https://doi.org/10.1080/01431169008955129>
- Elvidge, C.D., F.P. Portigal, D.A. Mouat, 1990: Detection of trace quantities of green vegetation in 1989 AVIRIS data. Second Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Workshop, JPL, Pasadena, CA, 35–41.
- Ferretti, M., 1997: Forest health assessment and monitoring—issues for consideration. *Environ Monit Assess*. 48: 45–72. <https://doi.org/10.1023/A:1005748702893>
- Goetz, A.F.H. (ed.), 1995: Imaging spectrometry for remote sensing: vision to reality in 15 years. Proceedings of SPIE Society of Optical Engineers, Orlando, Florida, vol. 2480: 2–13.
- Green, E.P., C.D. Clark, P.J. Mumby, A.J. Edwards, A.C. Ellis, 1998: Remote sensing techniques for mangrove mapping. *International Journal of Remote Sensing* 19(5): 935–956. <https://doi.org/10.1080/014311698215801>
- Grove, C.I., S.J. Hook, E.D. Paylor, 1992: Laboratory reflectance spectra for 160 minerals 0.4–2.5 micrometers. JPL Publication 92-2: 394. <http://hdl.handle.net/2014/40148>
- Held, A., C. Ticehurst, L. Lymburner, N. Williams, 2003: High resolution mapping of tropical mangrove ecosystems using hyperspectral and radar remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 24(13): 2739–2759. <https://doi.org/10.1080/0143116031000066323>
- Huber, S., M. Kneubühler, N.E. Zimmermann, K. Itten, 2005: Potential of spectral feature analysis to estimate nitrogen concentration in mixed canopies. 4th Workshop on Imaging Spectroscopy. Warsaw, April 27–29 2005, 1–9.
- Idowu, O.J., H.M. van Es, G.S. Abawi, D.W. Wolfe, J.I. Ball, B.K. Gugino, B.N. Moebius, R.R. Schindlbeck, A.V. Bilgili, 2008: Farmer-oriented assessment of soil quality using field, laboratory, and VNIR spectroscopy methods. *Plant and Soil* 307(1–2): 243–253. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9521-0>
- Korb, A.R., P. Dybwad, W. Wadsworth, J.W. Salisbury, 1996: Portable FTIR spectrometer for field measurements of radiance and emissivity. *Applied Optics* 35: 1679–1692. <https://doi.org/10.1364/AO.35.001679>
- Kumar, L., 1998: Modeling forest resources using geographical information system and hyperspectral remote sensing. Unpublished PhD Thesis, University of New South Wales, Sidney.

- Kumar, L., K. Schmidt, S. Dury, A. Skidmore, 2001: Imaging spectrometry and vegetation science. U: F.D. van der Meer, S.M. de Jong (ur.): *Imaging Spectrometry: basic principles and prospective applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 111–155.
- Lawrence, R., M. Labus, 2003: Early detection of Douglas fir beetle infestation with subcanopy resolution hyperspectral imagery. *Western Journal of Applied Forestry* 18(3): 202–206. <https://doi.org/10.1093/wjaf/18.3.202>
- Li, L., S. L. Ustin, M. Lay, 2005: Application of AVIRIS data in detection of oil-induced vegetation stress and cover change at Jornada, New Mexico. *Remote Sensing of Environment* 94: 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.08.010>
- Li, Q., X. He, Y. Wang, H. Liu, D. Xu, F. Guo, 2013: Review of spectral imaging technology in biomedical engineering: achievements and challenges, *Journal of Biomedical Optics* 18(10), 100901. 28 p. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.18.10.100901>
- Lucas, R., A. Rowlands, O. Niemann, R. Merton, 2004: *Hyperspectral sensors and applications*. U: P.K. Varshney, M.K. Arora (ur.): *Advanced Image Processing Techniques for Remotely Sensed Hyperspectral Data*. Springer-Verlag Berlin – Heidelberg – New York, 11–49. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-05605-9>
- Mannheim, S., K. Segl, B. Heim, H. Kaufmann, 2004: Monitoring of lake water quality using hyperspectral CHRIS-PROBA Data. *Proceedings of the 2nd CHRIS/Proba Workshop*. 28–30 April 2004 ESRIN, Frascati, Italy.
- Mirik, M., G.J. Michaels jr., S. Kassymzhanova-Miril, N.C. Elliott, V. Catana, D.B. Jones, R. Bowling, 2006: Using digital image analysis and spectral reflectance data to quantify damage by green bug (Hemiptera: Aphididae) in winter wheat. *Computers and electronics in agriculture* 51(1–2): 86–98. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.11.004>
- Neuenschwander, A.L., M.M. Crawford, M.J. Provancha, 1998: Mapping of coastal wetlands via hyperspectral AVIRIS data. *Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings, 1998. IGARSS '98*. 1998 IEEE International. 6–10 July 1998, 189–191. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.1998.699507>
- Ong, C., T. Cudahy, M. Caccetta, P. Hick, M. Piggott, 2001: Quantifying dust loading on mangroves using hyperspectral techniques. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Sydney, Australia, CD. <https://doi.org/10.1109/igarss.2001.976136>
- Pernar, R., M. Bajić, D. Vuletić, M. Idžojić, M. Ančić, A. Seletković, 2005: Aerial high resolution imaging of the mistletoe for the assessment of forest decline in fir stands. *Proceedings on CD of the ISPRS Hannover Workshop 2005, High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information*, Vol. 36, Hannover, Germany, May 17–20, 2005.
- Piwowar, J. M., 1999: Assessing annual forest ecological change in western Canada using temporal mixture analysis of regional scale AVHRR imagery over a 14 year period. *Waterloo Laboratory for Earth Observations, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada*, presentation.
- Pontius, J., M. Martin, L. Plourde, R. Hallett, 2005: Using hyperspectral technologies to map hemlock decline: Pre-visual decline assessment for early infestation detection. *Third symposium on Hemlock woolly Adelgid in the Eastern United States*, Asheville, North Carolina, 73–87.
- Robichaud, P.R., J.A. Zamudio, 2004: *Hyperspectral imaging over forest fires*. Report. <http://www.earthsearch.com/pdf/forestfires.pdf>
- Salisbury, J.W., D.M. D'Aria, E. Jarosewich, 1991a: Midinfrared (2.5–13.5 micrometers) reflectance spectra of powdered stony meteorites. *Icarus* 92: 280–297. [https://doi.org/10.1016/0019-1035\(91\)90052-U](https://doi.org/10.1016/0019-1035(91)90052-U)
- Salisbury, J.W., L.S. Walter, N. Vergo, D.M. D'Aria, 1991b: *Infrared (2.1–25 micrometers) Spectra of Minerals*. Johns Hopkins University Press, p. 294. <https://doi.org/10.3133/ofr87263>
- Salisbury, J.W., A. Wald, D.M. D'Aria, 1994: Thermal-infrared remote sensing and Kirchhoff's law 1. Laboratory measurements. *Journal of Geophysical Research* 99: 11897–11911. <https://doi.org/10.1029/93JB03600>
- Shippert, P., 2003: Introduction to hyperspectral image analysis. *Online Journal of Space Communication*, Issue no. 3: Remote Sensing of Earth via Satellite, p. 12. <https://spacejournal.ohio.edu/pdf/shippert.pdf>
- Stone, C., C. Mohammed, 2017: Application of remote sensing technologies for assessing planted forests damaged by insect pests and fungal pathogens: A Review. *Current Forestry Reports* 3: 75–92. <https://doi.org/10.1007/s40725-017-0056-1>
- Ticehurst, C., L. Lymburner, A. Held, C. Palylyk, D. Martindale, W. Sarosa, S. Phinn, M. Stanford, 2001: Mapping tree crowns using hyperspectral and high spatial resolution imagery. *Proceedings of 3rd International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry*, Denver, Colorado, CD.
- Tsai, F., C.F. Chen, 2004: Detecting invasive plants using hyperspectral and high resolution satellite images. *Geo-Imagery Bridging Continents 20th ISPRS Congress Commission 7*. July 12–23, 2004, Istanbul, Turkey, p. 6.
- Van Aardt, J.A.N., R.H. Wynne, 2001: Spectral separability among six southern tree species. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 67(12): 1367–1375.
- Van der Meer, F.D., S.M. de Jong, 2001: Introduction. U: F.D. van der Meer, S.M. de Jong (ur.), *Imaging Spectrometry: basic principles and prospective applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-0-306-47578-8>
- Veys, C., J. Hibbert, D. Phillip, B. Grieve, 2017: An ultra-low-cost active multispectral crop diagnostics device. Paper presented at IEEE Sensors 2017 Conference, Glasgow, United Kingdom, 1005–1007. <https://doi.org/10.1109/ICSENS.2017.8234211>

Abstract

Hyperspectral Sensors and Application in Forestry

From the very beginning of the development of remote sensing, humans have been trying to create a tool to study the Earth's dynamic surface and its phenomena. With the advancement of technology, first for the military and then for research purposes, sensors have been developed to collect data by recording the electromagnetic spectrum (multi and hyperspectral). From the moment they became available for civilian use, the potential benefits of using hyperspectral data became apparent. The development of hyperspectral systems followed the development of computer technologies and the progress of software for processing a large number of collected data.

Nowadays, hyperspectral sensors are increasingly being used for various purposes: ecosystem study, atmosphere, climate, hydrology, mineral exploitation, land use, land cover, and vegetation. Thanks to the wide variety of information they provide, hyperspectral sensors have large application potential in environmental monitoring and management. Also, they help to improve management and better decision-making at early problem defining.

The first application of hyperspectral sensors in Croatian forestry relates to the European Community program of 2005, when the first imaging with a line hyperspectral scanner was conducted. Within the conducted imaging, the first spectral curves of Silver fir and White berried mistletoe were separated. On the basis of this separation, for the first time, the difference between these two species was established. In other words, hyperspectral imagery was used to distinguish shrubs of semi-parasitic species within the host canopy. Also, procedures for large-area imaging were defined.

Keywords: hyperspectral sensors, forestry, spectral signatures

Adrese autorâ – Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Mario Ančić*
e-pošta: mancic@sumfak.hr
Prof. dr. sc. Renata Pernar
e-pošta: rpernar@sumfak.hr
Izv. dr. sc. Ante Seletković
e-pošta: aseletkovic@sumfak.hr
Dr. sc. Jelena Kolić
e-pošta: jkolic@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za izmjeru i uređivanje šuma
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
HRVATSKA

Fran Bono Cindrić, univ. bacc. ing. silv.
e-pošta: bono2503@gmail.com
Gojka Šuška 12
47240 Slunj
HRVATSKA

Primljeno (Received): 8. 10. 2019.

Prihvaćeno (Accepted): 21. 11. 2019.

* Glavni autor – Corresponding author



Mobilne aplikacije – korisna inovacija u šumarstvu?

Kruno Lepoglavec, Matija Landekić, Marijana Kanižaj, Hrvoje Nevečerel, Mario Šporčić

Nacrtač – Abstract

Razvojem i napretkom mobilne tehnologije promijenila su se gledišta u prikupljanju, obradi i interpretaciji različitih terenskih podataka u svim strukama, pa tako i u šumarstvu. U obavljanju stručnih šumarskih poslova mobilne aplikacije dosada nisu zamijenile tradicionalne šumarske instrumente i postupke. Međutim, na tržištu se pojavljuje sve veći broj aplikacija koje su namjenski razvijene za šumarstvo ili koje se osim u drugim područjima također mogu koristiti i za obavljanje nekih šumarskih zadaća. S tim u vezi, u ovom se radu daje pregled mobilnih aplikacija koje je moguće primijeniti u šumarstvu. Prikazane aplikacije odabrane su, uz postavljene kriterije, pretraživanjem digitalnih servisa Google Play i App Store. Nakon opisa namjene i načina rada odabranih aplikacija posebno su istaknuta njihova glavna obilježja te pozitivne i negativne strane svake pojedine aplikacije. Cilj je rada procijeniti u kojoj mjeri mobilne aplikacije doista mogu biti korisna inovacija u šumarstvu. Prikazom odabranih aplikacija pružaju se spoznaje o tome je li u šumarstvu moguća profesionalna primjena mobilnih aplikacija.

Ključne riječi: ICT, mobilne aplikacije, inovacije, šumarstvo

1. Uvod – Introduction

Informacijsko-komunikacijske tehnologije (ICT) danas uvelike utječu na sve sfere čovjekova rada i života. One su postale nezamjenjiv dio poslovanja i važan su strateški čimbenik razvoja gospodarskih sustava i društva u cjelini. Područja rada u koja te tehnologije još nisu prodrle vrlo su malobrojna, a među mnoge prednosti koje tvrtke ostvaruju njihovom primjenom ubraja se smanjenje troškova poslovanja, ubrzavanje administrativnih poslova, poticanje i unapređenje procesa odlučivanja, jačanje konkurentnosti, povećanje produktivnosti, ugodniji, uspješniji i djelotvorniji rad (Mihanović 2016). Žugaj i dr. (2004) kao koristi koje organizacije ostvaruju od ICT-a navode: transformaciju nestrukturiranih procesa u rutinske transakcije, brzo i lako prenošenje informacija na velike distancije, smanjenje ili zamjenu ljudskoga rada, pružanje detaljnih informacija i kompleksne analitike za neki proces, omogućavanje promjene redoslijeda zadataka i njihovo jednovremeno obavljanje, razmjena znanja i ekspertiza te podrobno praćenje statusa zadataka, inputa i outputa.

Imajući na umu navedeno, ubrzani tehnološki razvoj promijenio je živote ljudi, načine poslovanja i mogućnosti obavljanja određenih zadataka, odnosno pribavljanja određenih usluga. Kao najčešće korišteni ICT današnjice pritom svakako možemo istaknuti tehnologiju pametnih telefona (*smartphone*) i mobilne aplikacije. U suvremenom svijetu gotovo svaka osoba posjeduje mobilni telefon, a broj i upotreba aplikacija za mobilne telefone (i prijenosna računala) posljednjih se nekoliko godina svakodnevno povećava. Mobilne su aplikacije dostupne na svim telefonima iz kategorije tzv. pametnih telefona i jedan su od najbrže rastućih segmenata svjetskoga mobilnoga tržišta. Njihova namjena varira, počevši od osnovnih funkcionalnosti mobilnih telefona kao što su razgovor i slanje poruka, preko korištenja zabavnih sadržaja, informiranja, kupovine na internetu i sl., pa sve do profesionalne primjene i rješavanja specifičnih zadaća u različitim područjima poslovanja. Mnoge mobilne aplikacije posebno su razvijene za određena područja te su vrijedna inovativna pomagala koja se primjenjuju u prometu, turizmu i ugostiteljstvu, obrazovanju, bankarstvu, zdravstvu i dr.

U šumarstvu su mobilne aplikacije relativno novija tehnološka inovacija. U obavljanju stručnih poslova upotreba aplikacija nije raširena i one dosada nisu zamijenile tradicionalne šumarske instrumente i uređaje, odnosno postupke. Većina danas na tržištu dostupnih aplikacija vezanih uz šumarstvo pretežito je namijenjena za (neprofesionalnu) primjenu na razini osobnoga informiranja, izobrazbe i sl. Takve su, na primjer, aplikacije za prepoznavanje biljnih vrsta, ptica, kukaca i sl., kao što su *PlantNet*, *Leafsnap*, *Mushrooms*, *BirdID*, *Entomologas* i dr. (Kanižaj 2019). Međutim, osim njih pojavljuje se i određeni broj aplikacija koje su ponajprije razvijene isključivo za primjenu u šumarstvu (Sokolar 2016, Kanižaj 2019). S tim u vezi, u ovom će se radu dati kratak pregled mobilnih aplikacija koje je moguće primijeniti u šumarstvu. Cilj je rada procijeniti u kojoj mjeri mobilne aplikacije doista mogu biti korisna inovacija u šumarstvu. Prikazom odabranih aplikacija pružit će se spoznaja o tome je li u šumarstvu moguća profesionalna primjena mobilnih aplikacija.

U šumarstvu, jednako kao i u drugim poslovnim sustavima, razvoj i primjena mobilnih aplikacija predstavlja inovaciju u proizvodnji i poslovanju. Međutim, šumarstvo kao niskotehnološki sektor tradicionalno karakterizira niska razina inovacija (Rametsteiner i dr. 2005), a dosadašnja su istraživanja potvrdila relativno nepovoljno stanje inovacija te nisku inovacijsku kulturu u hrvatskom šumarstvu (Šporčić i dr. 2014, 2018). S obzirom na to da su inovacije neosporno važna i aktualna tema modernoga poslovanja, njihova primjena i razvoj neizostavno su nužni i u šumarskom sektoru. Tema je ovoga rada stoga vezana uz prikaz odabranih mobilnih aplikacija kao inovativnih pomagala u šumarstvu koja možda mogu zamijeniti specijalizirane šumarske instrumente visoke cijene (zbog male serije). Prednost je ovakvih aplikacija što pametne telefone posjeduje sve više ljudi te su aplikacije lako dostupne (često besplatne), jednostavne za upotrebu, atraktivno dizajnirane i brze u pružanju traženih informacija. Na osnovi pregleda odabranih aplikacija u ovom radu moći će se ocijeniti njihova glavna obilježja te mogućnosti njihove operativne primjene u šumarstvu.

1.1 Značenje i uloga inovacija u šumarstvu *Importance and role of innovation in forestry*

Važnost je inovacija prepoznata na razini zajedničke politike Europske unije (EU) te je inovacija glavna sastavnica strategije »Europa 2020«, jednako kao i prethodne »Lisabonske strategije« (ekonomska strategija rasta Europske unije). U skladu s tim inovacija je jedan od pet eksplicitnih ciljeva, a kreiranje

prijateljskoga okruženja za inovacije (Unija inovacija) jedna od sedam temeljnih inicijativa europske strategije rasta (EC 2010). Prema tomu okvirni program EU-a za istraživanja – Obzor 2020 usredotočen je na inovacije, uz ostvarenje i daljnje razvijanje europskoga istraživačkoga prostora (EC 2011). S naporima koji se ulažu u jačanje inovacijskih aktivnosti EU nastoji ostvariti pametan, održiv i uključiv rast te osigurati dugoročnu konkurentnost europskoga gospodarstva na svjetskom tržištu.

U kontekstu šumarske politike Ministarska konferencija o zaštiti šuma u Europi (*Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe*, MCPFE), još je 2003. godine prihvatila Bečku rezoluciju o »Ekonomske održivosti potrajnoga gospodarenja šumama« (*Economic Viability of Sustainable Forest Management*) koja izražava potrebu da se »unaprijedi konkurentnost šumarskoga sektora promicanjem inovacija i poduzetništva među svim relevantnim dionicima« (MCPFE 2003). U rezoluciji iz Madrida 2015. godine »Šumarski sektor u središtu zelene ekonomije« (*Forest sector in the center of Green Economy*) MCPFE ponovno naglašava neophodnu obvezu »promicanja inovacija i istraživanja (...) osnaživanjem razvoja inovacijske kulture« te »omogućavanje jednako razvoja politike i inovacija za dugoročnu konkurentnost cjelokupnoga šumarskoga sektora« (MCPFE 2015). U novoj Strategiji EU-a za šume i sektor koji se temelji na šumama (EC 2013) također se višekratno ističe važnost inovacija u odgovoru šumarstva na izazove i prilike koji se postavljaju pred sektor.

U šumarstvu se inovacije razvijaju, jednako kao i u drugim industrijama, radi poboljšanja konkurentnosti šumarskih tvrtki, nacionalnoga šumarstva ili cjelokupnoga šumarskoga sektora nasuprot drugim dionicima na tržištu. Šumarstvo je istodobno, zajedno s priželjkivanim inovacijama u sektoru, izravno uključeno u razvoj ruralnih područja kao jedan od glavnih ciljeva EU-a. Globalni procesi i promjene pritom također neizbježno utječu i na šumarsko-drveni sektor, koji skupa s vlastitim tehnološkim, organizacijskim, proizvodnim, uslužnim, rekreacijskim i drugim inovacijama mora postati konkurentniji i profitabilniji na globalnoj razini.

Na razini pak poduzeća za mnoge uspješne tvrtke inovacije su ključni čimbenik njihova rasta i razvoja. Osnovni razlog zašto tvrtke inoviraju leži u poboljšanju njihove poslovne izvedbe, npr. povećanjem potražnje ili smanjenjem troškova. Djelovanje inovacija na poslovanje tvrtke može se kretati od učinaka na prodaju i tržišni udio do promjena u produktivnosti i djelotvornosti. Inovacije također mogu

unaprijediti izvedbu poduzeća tako da povećaju njihovu sposobnost inoviranja (OECD 2005). Važni utjecaji na razini nacionalnih gospodarstava i pojedinih gospodarskih grana su (pozitivne) promjene u međunarodnoj konkurentnosti i ukupnoj proizvodnosti, prelijevanje znanja iz inovacija u tvrtkama i povećanje ukupne količine znanja u mrežama (Rametsteiner i dr. 2005).

Inovacije se danas drže temeljem uspješne poslovne prakse i pokretačkom snagom suvremene ekonomije. Ekonomska su istraživanja pritom potvrdila inovacije kao ključni čimbenik ekonomskoga rasta, konkurentnosti i zapošljavanja (Rametsteiner i Weiss 2006). To je učinilo inovacije, kreativnost i inventivnost sve važnijim te nezaobilaznim pitanjem u analizama učinkovitosti i postignuća tvrtki, industrija, regija i nacionalnih gospodarstva.

2. Problematika i ciljevi istraživanja

Research scope and objectives

Neke stručne zadaće u šumarstvu danas je moguće provoditi upotrebom pametnih telefona i odgovarajućih mobilnih aplikacija. Pametni je telefon mobilni uređaj koji ima svojstva osobnoga digitalnoga asistenta (PDA) i mobilnoga telefona. Današnji se modeli mogu opisati kao mali multimedijски uređaji. Sadrže kamere, ekrane osjetljive na dodir, pristup internetu, navigaciju pomoću GPS-a, Wi-Fi i brojne druge mogućnosti, što omogućuje njihovu široku primjenu u svakodnevnom životu (Podrug 2017).

Aplikacija se može definirati kao primjenjivi program, tj. računalni program dizajniran za pomoć korisnicima u obavljanju jednoga ili više određenih zadataka. Mobilna aplikacija, prema informatičkim stručnjacima, najčešće se spominje kao vrsta aplikacije ili softver dizajniran za rad na mobilnim uređajima poput pametnoga telefona ili tablet računala (Kanižaj 2019). Mobilne aplikacije danas bilježe stalan rast preuzimanja u različitim područjima zabave, informiranja i svakodnevnoga poslovanja. Glavni su razlozi dostupnost (jednostavne su za instalaciju i često besplatne), neprestano jačanje bežične mreže i procesne snage uređaja kojima su namijenjene (dlanovnici i pametni telefoni) te jednostavnost korisničkoga sučelja (ekrani osjetljivi na dodir) (Podrug 2017).

Zbog nagloga razvoja mobilnih uređaja mobilne aplikacije postaju sve važniji dio tržišta softvera pri čemu se uočavaju i aplikacije koje su namjenski razvijene za šumarstvo ili se osim u drugim područjima također mogu koristiti i za obavljanje nekih

šumarskih zadaća. Prema podacima STATISTA-e količina različitih aplikacija u lipnju 2019. godine na servisu Google Play dosegla je broj od 2 700 000, na App Store 2 000 000, Windows store 700 000 i na Amazon appstore 500 000 (www.statista.com). Svi digitalni servisi za skidanje aplikacija pritom imaju pretežno besplatne aplikacije te je omjer oko 95 % prema 5 % u korist besplatnih aplikacija. Broj je mobilnih uređaja u Hrvatskoj prema HAKOM-u (Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti) premašio 4 700 000, što je više od ukupnoga broja stanovnika u državi (www.hakom.hr).

Istodobno s razvojem i napretkom mobilne tehnologije promijenila su se gledišta u prikupljanju, obradi i interpretaciji različitih terenskih podataka u svim strukama, pa tako i u šumarskoj struci. Ono što nas u šumarstvu gura prema upotrebi mobilnih aplikacija jest sve veći broj moguće primjenjivih aplikacija nasuprot dosad korištenih instrumenata, uređaja i softvera, koji su usko specijalizirani samo za jednu operaciju prikupljanja i obrade podataka. Glavni je nedostatak takvih specijaliziranih šumarskih instrumenata njihova visoka nabavna cijena (male serije), što posebno dolazi do izražaja ako se instrumenti nabavljaju za neintenzivne izmjere, pa su oni zbog toga značajan dio vremena zapravo izvan upotrebe.

S obzirom na navedeno, ciljevi ovoga rada vezani su uz pregled mobilnih aplikacija koje je moguće koristiti u šumarstvu. Prikazom odabranih aplikacija želi se ukazati na mogući doprinos takvih rješenja u unapređenju šumskoga gospodarenja te na mogućnost njihova uvođenja i profesionalne primjene u hrvatskom šumarstvu. Glavne su zadaće u radu pri tom:

- ⇒ odabrati odgovarajuće mobilne aplikacije na digitalnim servisima Google Play i App Store
- ⇒ opisati namjenu, način rada i glavne značajke odabranih aplikacija
- ⇒ istaknuti pozitivne i negativne strane svake pojedine aplikacije preko iskustva korisnika
- ⇒ procijeniti mogućnost profesionalne primjene pojedine aplikacije pomoću predložene skale primjenjivosti aplikacija.

Prikazom mobilnih aplikacija kao inovativnih pomagala u radu šumarskih stručnjaka nastoji se upozoriti na mogućnosti i potrebu primjene novih (ICT) tehnologija u šumarstvu. Na primjeru deset različitih mobilnih aplikacija analiziranih u radu pokazuje se prijeko potreban pristup šumarskoga sektora u poticanju inovacija te uvođenju novih, originalnih i inovativnih rješenja u prikupljanju,

obradi i interpretaciji različitih terenskih podataka. Svrha je rada pružiti informacije o mogućnostima primjene mobilne tehnologije šumarstvu te istodobno razviti svijest o važnosti inovacija, potrebi izgradnji inovacijske kulture te nužnosti novih tehnologija u šumarstvu.

3. Metoda rada – *Methods*

Pretraživanjem mobilnih aplikacija dostupnih na digitalnim servisima Google Play i App Store odabrane su aplikacije prikazane u rezultatima rada. Kao kriteriji za odabir aplikacija, uz njihovu namjenu, tj. primjenjivost u šumarstvu, uzeti su ovi parametri:

- ⇒ cijena – težište na besplatnim aplikacijama
- ⇒ broj preuzimanja – učestalije preuzimane (*downloadane*) aplikacije
- ⇒ jezik aplikacije – prednost aplikacija na engleskom i/ili hrvatskom jeziku
- ⇒ ocjene i recenzije korisnika – aplikacije s većim brojem povratnih informacija korisnika.

Na opisani način odabrano je deset mobilnih aplikacija koje uglavnom zadovoljavaju sve ili većinu postavljenih kriterija. Nakon kratkoga opisa namjene i načina rada odabranih aplikacija prikazana su njihova glavna obilježja te posebno istaknute pozitivne i negativne strane svake pojedine aplikacije. Glavna obilježja promatranih aplikacija obuhvatila su njihovu cijenu, jezik sučelja, broj preuzimanja, prosječna ocjena i recenzije korisnika, podržani operativni sustav (Android, iOS), zemlju razvoja aplikacije i godinu objave. U preglednoj tablici sa skupnim podacima o aplikacijama dodatno su pridane opisne ocjene o mogućoj profesionalnoj primjeni određenih aplikacija u šumarstvu prema predloženoj skali autora rada sa stupnjevima: 1) neprimjenjivo, 2) slaba primjenjivost, 3) dobra primjenjivost, 4) vrlo dobra primjenjivost, 5) izvrsna.

4. Rezultati – *Results*

Provedenim proučavanjem tržišta mobilnih aplikacija, mogućih u primjeni u šumarskoj struci, izdvojeno je deset mobilnih aplikacija uz kratak opis prema parametrima definiranim u metodama rada.

Aplikacija MOTI



Aplikacija služi za izmjernu visine stabla, izmjernu broja stabala po hektaru, temeljnice po hektaru, obujma po hektaru, udaljenosti od točke interesa. Moguće je korištenje na Android i iOS platformi.

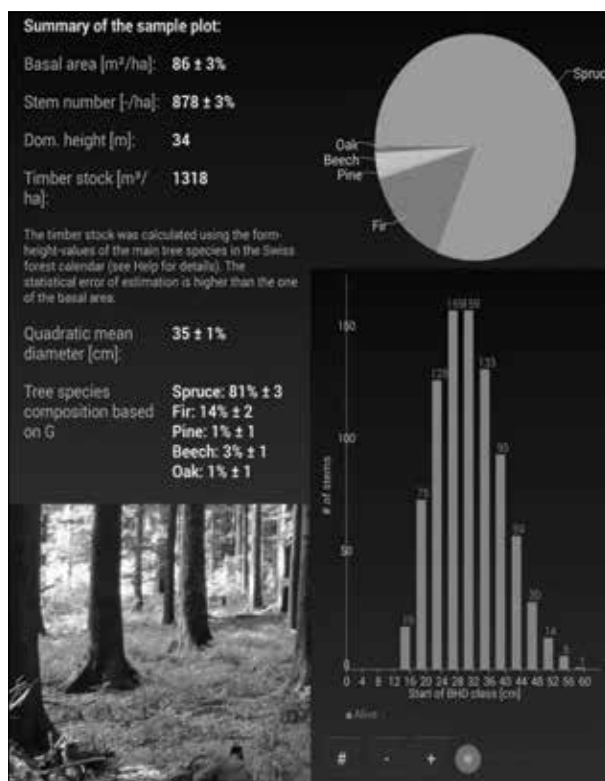
- ⇒ besplatna
- ⇒ ocjena 4,4
- ⇒ skidanja 10 000+
- ⇒ recenzije uglavnom pozitivne
- ⇒ englesko sučelje.

Pozitivne strane

- ⇒ precizna izmjerna visine stabla pri dobroj preglednosti i kvalitetnom kamerom.

Negativne strane

- ⇒ preveliko odstupanje pri izmjeri udaljenosti, temeljnice i obujma. Za izmjeru potreban stativ za mobilni radi mirnoće i radi bolje preciznosti mjerenja.



Slika 1. Obrada podataka u aplikaciji MOTI
Fig. 1 Data processing in the MOTI application

Aplikacija IFOVEA



Određuje broj trupaca u složaju te obujam drva na vrlo jednostavan i brz način. Aplikacija omogućuje automatsko prebrojavanje do 1000 trupaca u složaju, a optimizirana je za drvo promjera iznad 12 cm. Moguće je korištenje na Android i iOS platformi.

- ⇒ besplatna (Pro verzija je uz naknadu)
- ⇒ ocjena 3,8 (Pro verzija 4,6)
- ⇒ skidanja 5000+
- ⇒ recenzije pozitivne
- ⇒ hrvatsko i englesko sučelje.

Pozitivne strane

- ⇒ brza izmjera obujma i broja trupaca u složaju te pojedinačno, pozicija trupaca pomoću GPS-a.

Negativne strane

- ⇒ teško određivanje za promjer ispod 12 cm te nemogućnost točne izmjere za cijepano drvo.



Slika 2. Prikaz zbrajanja obujma složaja u aplikaciji IFOVEA
Fig. 2 Volume summation of timber stack in the IFOVEA application

Aplikacija TIMBERPOLIS



Kalkulator za drvo, za snimanje/zapise (trupci i rezana građa), upravljanje zalihama te baza podataka o komercijalnim tipovima drva. Moguće je korištenje na Android platformi.

- ⇒ besplatna probna verzija dva tjedna (Pro verzija je uz naknadu)
- ⇒ ocjena 4,2
- ⇒ skidanja 100 000+
- ⇒ recenzije pozitivne
- ⇒ hrvatsko i englesko sučelje.

Pozitivne strane

- ⇒ kalkulator obujma s 21 načinom mjerenja drva, pretvarači težine i obujma drva, oblovine i drvene građe, pretvarač mjernih jedinica, izrada barkoda i izvještaja, pozicioniranje pomoću GPS-a, fotografija trupaca.

Negativne strane

- ⇒ inventar na zalihama, pregled i ispis pripremljenih dokumenata i obrazaca te nove opcije i usluge dostupne samo u Pro verziji nakon registracije (5 eura).



Slika 3. Izbornik aplikacije TIMBERPOLIS
Fig. 3 TIMBERPOLIS application menu

Aplikacija ALTIMETER



Mjeri nadmorsku visinu u bilo koje vrijeme i s visokom preciznošću određuje visinu ili koordinate te je moguć rad i bez pristupa internetu. Moguće je korištenje na Android i iOS platformi.

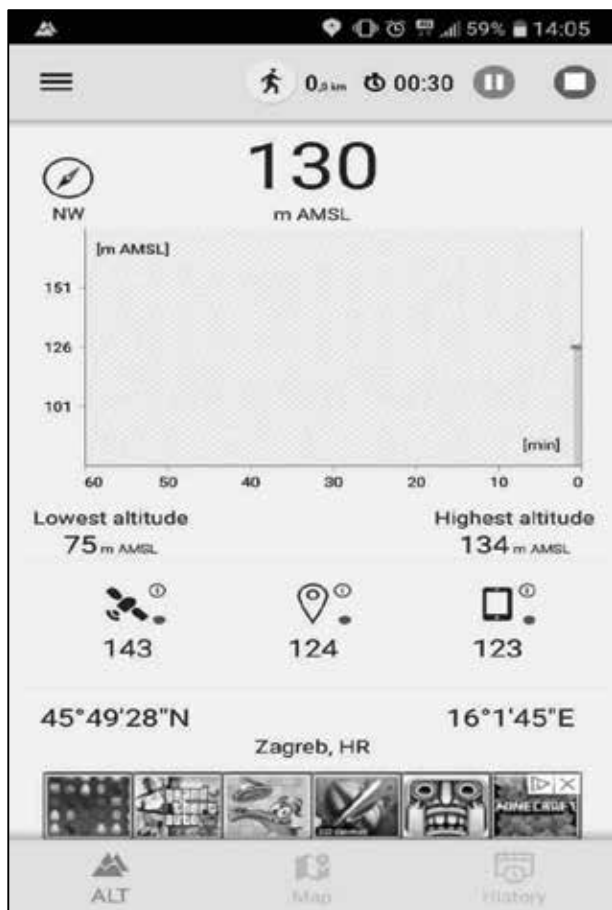
- ⇒ besplatna
- ⇒ ocjena 4,6
- ⇒ skidanja 1 000 000+
- ⇒ recenzije uglavnom pozitivne
- ⇒ englesko sučelje.

Pozitivne strane

- ⇒ GPS-ova triangulacija satelita radi bez internetne veze, visoka točnost podataka, ako je internetna veza dostupna, ona sama kalibrira za poboljšanje točnosti.

Negativne strane

⇒ određivanje otežano kod nedostupnosti internet-ske mreže i dovoljnoga broja satelita, velik broj oglasa.



Slika 4. Prikaz nadmorske visine u aplikaciji ALTIMETER
Fig. 4 Display of elevation in the ALTIMETER application

Aplikacija MAP MEASURE



Aplikacija za mjerenje duljina, površina i visinskih razlika između definiranih točaka. Moguće je korištenje na Android i iOS platformi.

- ⇒ besplatna
- ⇒ ocjena 4,4
- ⇒ skidanja 500 000+
- ⇒ recenzije pozitivne
- ⇒ englesko sučelje.

Pozitivne strane

⇒ jednostavno sučelje, osnovni elementi za definiranje površine i duljine u stvarnom mjerilu s odličnom točnošću. Prikaz u različitim mjernim

jedinicama, jednostavno spremanje i slanje podataka.

Negativne strane

⇒ nedostatak dodatnih opcija, visoka osjetljivost na dodir prstom pri unosu točaka te loša mogućnost korekcije.



Slika 5. Izmjera površine u aplikaciji MAP MEASURE
Fig. 5 Surface measurement in the MAP MEASURE application

Aplikacija A-GPS TRACKER



Tracker za teren koji koristi GPS mogućnosti mobilnoga uređaja. Ako je aktiviran, može snimati zapis čak i kad je telefon u stanju pripravnosti. Moguće je korištenje na Android platformi.

- ⇒ besplatna
- ⇒ ocjena 4,4
- ⇒ skidanja 500 000+
- ⇒ recenzije pozitivne
- ⇒ englesko sučelje.

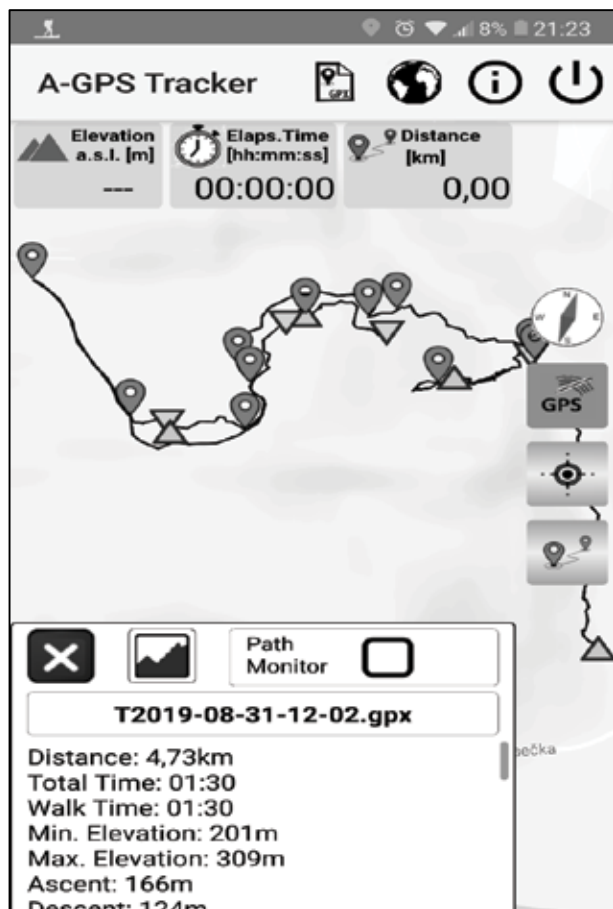
Pozitivne strane

⇒ prihvatljiva točnost podataka, rad aplikacije i u *standby* modu mobilnoga uređaja, jednostavno

sučelje te lagan prijenos snimljenih podataka u trenu preko poruke ili elektroničkom poštom.

Negativne strane

⇒ nedovoljan izbor podloga (topografskih karata), nemogućnost transformacije formata podataka u samoj aplikaciji.



Slika 6. Snimak traga i točaka interesa u aplikaciji A-GPS TRACKER

Fig. 6 Trace record and points of interest in the A-GPS TRACKER application

Aplikacija ALPINEQUEST



Cjelovito rješenje za sve aktivnosti na otvorenom i sport, uključujući planinarenje, trčanje, pješačke staze, lov, *geocaching*, *off-road* navigaciju i sl. Moguće je korištenje na Android i iOS platformi.

⇒ besplatna (plaćanje Pro verzije)

⇒ ocjena 4,5

⇒ skidanja 1 000 000+

⇒ recenzije pozitivne

⇒ englesko sučelje.

Pozitivne strane

⇒ velik broj različitih digitalnih podloga/karata koje rade i u *offline* modu nakon skidanja karte, podržavanje lokalnih projekcija gotovo svih zemalja svijeta, topografske karte s mnogo detalja i ekvidistancije 10 m.

Negativne strane

⇒ za snimanje traga potrebno kupovanje Pro verzije u iznosu od 8 eura.



Slika 7. Prikaz topografske karte s pozicijom GPS-a u aplikaciji ALPINEQUEST

Fig. 7 View of topographic map with GPS position in the ALPINEQUEST application

Aplikacija MAPIT GIS – Map Data Collector & Measurements



Profesionalan, samostalan, ekonomičan alat za mapiranje (GIS). Geodetski osmišljen kako bi povećao produktivnost korisnika u radu na terenu. Moguće je korištenje na Android platformi.

⇒ besplatna (plaćanje Pro verzije)

⇒ ocjena 4,2

- ⇒ skidanja 100 000+
- ⇒ recenzije pozitivne
- ⇒ englesko sučelje.

Pozitivne strane

- ⇒ moguć rad s velikim brojem prijamnika GNSS za dobivanje centimetarske točnosti, velik izbor karata, mogućnost izvoza u više formata (gpx, shp, dxf, kml, csv i dr.), rad s atributnim tablicama.

Negativne strane

- ⇒ precizan rad ovisi o dobrom signalu GPS-a, za precizno snimanje potreban prijamnik GNSS, cijena Pro verzije 17 eura.



Slika 8. Kartiranje poligona u aplikaciji MAPIT GIS
Fig. 8 Polygon mapping in the MAPIT GIS application

Aplikacija Pix4Dcapture



Pix4Dcapture pretvara dronove u profesionalni alat za mapiranje. U kombinaciji s fotogrametrijskim programom Pix4D Pix4Dcapture savršen je alat za automatsko snimanje slikovnih podataka – RGB,

termički, za optimalne 3D modele i karte. Moguće je korištenje na Android i IOS platformi.

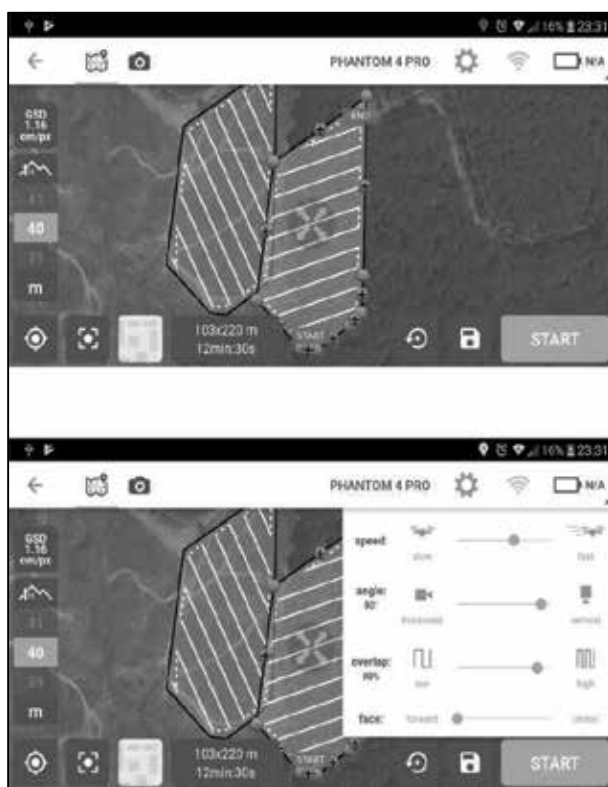
- ⇒ besplatna
- ⇒ ocjena 3,6
- ⇒ skidanja 100 000+
- ⇒ recenzije uglavnom pozitivne
- ⇒ englesko sučelje.

Pozitivne strane

- ⇒ jednostavno sučelje, mogućnost automatskoga i manualnoga upravljanja dronom, spremanje misija za kasnije ponavljanje, programska podrška za kasniju obradu podataka.

Negativne strane

- ⇒ loša vidljivost kamerom pri ručnom upravljanju, nemogućnost finoga namještanja postotka (pomaci su namještanja po 5 %) preklopa fotografija kod automatskih misija.



Slika 9. Izrada misije leta drona u aplikaciji Pix4Dcapture
Fig. 9 Creating a drone flight mission in the Pix4Dcapture application

Aplikacija LITCHI for DJI



Litchi je savršen alat za automatsko i manualno snimanje dronom postavljajući misije preko točaka



Slika 10. Izrada plana letenja pomoću putnih točaka (točaka interesa) u aplikaciji LITCHI for DJI

Fig. 10 Creating a flight plan using waypoints (POIs) in LITCHI for DJI

interesa (*waypoints*). Moguće je korištenje na Android i iOS platformi.

⇒ besplatna

⇒ ocjena 3,9

⇒ skidanja 100 000+

⇒ recenzije pozitivne

⇒ englesko sučelje.

Pozitivne strane

⇒ velik broj opcija letenja i snimanja površine ili pojedinih stabala, izrada misija i preko mrežne stranice, dobra preglednost tijeka misije i kretanja drona, mogućnost snimanja videa, potpuna kontrola nad dronom u svakom trenutku, fino namještanje visine i operacija rada.

Negativne strane

⇒ potrebno je uložiti značajan trud za definiranje većih misija površinski preko točaka interesa.

Podaci o aplikacijama pregledno su prikazani u tablici te su im pridružene opisne ocjene o mogućoj profesionalnoj primjeni u šumarskoj struci prema vlastito definiranoj skali autorâ ovoga rada.

5. Zaključci – Conclusions

Na temelju testiranja odabranih aplikacija u stvarnim uvjetima te potrebe za prikupljanjem terenskih podataka u hrvatskom šumarstvu svakako se može napraviti opći zaključak da je primjena mobilnih aplikacija nužna u šumarstvu u prvom redu radi smanjenja visokih troškova zastarjele i dotrajale opreme, ali i radi veće produktivnosti rada. Razvoj izabranih aplikacija prikazanih u ovom radu tekao je u dobrom smjeru i kod nekih je aplikacija vidljiva uključenost šumarskih stručnjaka u njihovo osmišljavanje, što svakako treba primijeniti prilikom razvoja svake aplikacija koja je specifične namjene za šumarstvo, ali i za neke aplikacije širega spektra korisnika.

Tablica 1. Osnovni podaci o aplikacijama s pridijeljenom ocjenom realne primjenjivosti u šumarstvu

Table 1 Basic data about applications with assigned assessment of real applicability in forestry

Aplikacija Application	Operativni sustav Operative system	Jezik Language	Cijena Price	Zemlja razvoja Country of origin	Godina objave Release year	Ocjena korisnika User ratings	Profesionalna primjenjivost Professional applicability
MOTI	Android, iOS	eng.	besplatna	Švicarska	2013.	4,4	slaba – low
IFOVEA	Android, iOS	eng. + hrv.	plaćanje Pro verzije	Njemačka	2016.	4,6	dobra – good
TIMBERPOLIS	Android	eng. + hrv.	plaćanje Pro verzije	Slovačka	2015.	4,2	izvrsna – excellent
ALTIMETER	Android, iOS	eng.	besplatna	Poljska	2016.	4,6	vrlo dobra – very good
MAPS MEASURE	Android, iOS	eng.	besplatna	Njemačka	2014.	4,4	izvrsna – excellent
A-GPS TRACKER	Android	eng.	besplatna	Italija	2016.	4,4	izvrsna – excellent
ALPINEQUEST	Android, iOS	eng.	plaćanje Pro verzije	Velika Britanija	2014.	4,5	vrlo dobra – very good
MAPIT GIS	Android	eng.	plaćanje Pro verzije	Švicarska	2014.	4,2	vrlo dobra – very good
Pix4Dcapture	Android, iOS	eng.	besplatna	Švicarska	2015.	3,6	izvrsna – excellent
LITCHI for DJI	Android, iOS	eng.	besplatna	Velika Britanija	2015.	3,9	izvrsna – excellent

Pojedine aplikacije od korisnika zahtijevaju višu razinu informatičkoga znanja pa bi hrvatsko šumarstvo, a pritom mislimo ponajprije na Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatski šumarski institut, Hrvatsku komoru inženjera šumarstva i drvne tehnologije (HKIŠDT), Hrvatske šume d.o.o. i dr., trebalo nastojati provoditi izobrazbu o radu s aplikacijama u sklopu stručnih predavanja HKIŠDT-a, fakulteta, veleučilišta i srednjih škola preko radionica, tečaja i nastavnih predmeta i sl.

Prilikom analiziranja i odabira aplikacija za testiranje i ocjenjivanje primijećen je nedostatak kvalitetnih rješenja koja bi unutar jedne aplikacije objedinjavala više operacija koje se provode u šumarstvu te postoji potreba za izradom takvih aplikacija, što bi šumarskim stručnjacima uvelike olakšalo terenski i uredski posao.

Sva iskustva stečena testiranjem aplikacija i dobiveni rezultati navode na općeniti zaključak da je prošlo vrijeme čekanja i skeptičnosti za uvođenje novih tehnologija u hrvatsko šumarstvo te da se u tom smislu nikako ne smije dopustiti da šumarstvo (p)ostane začelje inženjerskih struka.

6. Literatura – References

- European Commission (EC), 2010: Europe 2020 strategy. Available at: http://ec.europa.eu/europe2020/documents/related-document-type/index_en.htm
- European Commission (EC), 2011: Horizon 2020 – The EU Framework Programme for Research and Innovation. Available at: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>
- European Commission (EC), 2013: EU Forest Strategy. Available at: https://ec.europa.eu/agriculture/forest/strategy_en
- Kanižaj, M., 2019: Inovativne aplikacije i alati u šumarstvu. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 30 str.
- MCPFEE, 2003: Vienna Resolution 2 „Enhancing Economic Viability of Sustainable Forest Management in Europe“. 4th Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 28–30 April 2003, Vienna, Austria. Available at: http://www.foresteurope.org/docs/MC/MC_vienna_resolution_v2.pdf
- MCPFEE, 2015: Madrid Ministerial Resolution 1 »Forest sector in the center of Green Economy«. 7th Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 20–21 October 2015, Madrid, Spain. Available at: http://www.foresteurope.org/sites/default/files/ELM_7MC_2_2015_MadridResolution1_GreenEconomy_adopted.pdf
- Mihanović, A., 2016: Stanje, trendovi i mogućnosti informacijsko-komunikacijskih tehnologija u hotelskoj industriji. Završni rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu, 39 str.
- OECD, 2005: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. Oslo Manual, 3rd edition. OECD, Statistical Office of the European Communities, Luxembourg, 10 Nov 2005, 162 str.
- Podrug, I., 2017: Mogućnosti primjene mobilnih aplikacija u nastavi prirode i biologije. *Educatio Biologiae* 3(1): 165–176.
- Rametsteiner, E., G. Weiss, 2006: Innovation and innovation policy in forestry: Linking innovation process with systems models. *Forest Policy and Economics* 8: 691–703. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2005.06.009>
- Rametsteiner, E., G. Weiss, K. Kubeczko, 2005: Innovation and entrepreneurship in forestry in central Europe. Leiden Brill Academic Publishers, 179 str.
- Sokolar, S., 2016: Primjenjivost »Moti« aplikacije za mobilne telefone u izmjeri šuma. Završni rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 26 str.
- Šporčić, M., S. Posavec, M. Landekić, T. Pentek, T. Poršinsky, K. Lepoglavec, 2014: Development and implementation of innovations in Croatian forestry. Proceedings of JOINT 5th Forest Engineering Conference (FEC) & 47th International Symposium on Forestry Mechanisation (FORMEC) »Forest Engineering: Propelling the Forest Value Chain«, Gerardmer, France, 23–26 September 2014, 8 str.
- Šporčić, M., M. Landekić, A. Đuka, M. Bakarić, 2018: Development and promotion of Innovation in Forestry – Innovation awarding programs and situation in Croatia. Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo 1: 79–98.
- <https://www.statista.com/topics/1729/app-stores/>
- <https://www.hakom.hr/default.aspx?id=9411>

Abstract

Mobile Applications: Useful Innovation in Forestry?

With the development and advancement of mobile technology, approach to collection, processing and interpretation of various field data in all professions, including forestry, has changed. In performing professional forestry work, mobile applications have not replaced traditional forestry instruments and procedures so far. However, an increasing number of applications are emerging on the market that have been specifically developed for forestry or that, in addition to other areas, can also be used to perform some forestry tasks. In this regard, the paper provides an overview of mobile applications that can be used in forestry. The applications presented in this paper were selected based on set criteria by searching Google Play and App Store digital services. After describing the purpose and mode of operation of the selected applications, their main features were presented with the emphasis on the positive and negative sides of each individual application. The aim of the paper is to assess the extent to which mobile applications can truly be a useful innovation in forestry. The presentation of the selected applications provides insights into whether professional use of mobile applications is possible in forestry.

Keywords: ICT, mobile applications, innovation, forestry

Adrese autorâ – Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Kruno Lepoglavec
e-pošta: klepoglavec@sumfak.hr
Doc. dr. sc. Matija Landekić *
e-pošta: mlandekic@sumfak.hr
Doc. dr. sc. Hrvoje Nevečerel
e-pošta: hnevecerel@sumfak.hr
Prof. dr. sc. Mario Šporčić
e-pošta: sporcic@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
HRVATSKA
Marijana Kanižaj, mag. ing. silv.
e-pošta: marijana02041993@gmail.com
Cvjetna 1
34334 Kaptol
HRVATSKA

Primljeno (Received): 03. 10. 2019.

Prihvaćeno (Accepted): 16. 11. 2019.

* Glavni autor – Corresponding author



Međunarodna licitacija vrijednih sortimenata drva, Slovenj Gradec, Slovenija, 2019.

U slovenskom gradu Slovenj Gradec u veljači 2019. godine održana je 13. međunarodna licitacija drva iz privatnih šuma u suorganizaciji Saveza vlasnika privatnih šuma, Društva vlasnika privatnih šuma Mislinjske doline te Zavoda za šume Slovenije. Bilo je izloženo 3420 sortimenata od 29 vrsta

drveća. Brojčano najzastupljenija vrsta bio je hrast kitnjak (tablica 1) s 1732 primjerka raznih sortimenata i prosječnom postignutom cijenom od 1002 €/m³. Najviša postignuta cijena po kubnom metru ostvarena je za gorski javor (tablica 1) u iznosu od 9275 €.

Tablica 1. Zbroj ostvarenih rezultata licitacije po pojedinoj vrsti
Table 1 Bidding results achieved by individual species

Vrsta drveta	Broj sortimenata	Obujam, m ³	Srednja postignuta cijena, €/m ³	Najviša postignuta cijena, €/m ³
gorski javor	390	389,82	645	9275
orah	98	83,30	371	3212
ariš	216	232,89	220	1375
gorski brijest	114	109,49	251	1234
hrast lužnjak	126	198,42	507	1054
hrast kitnjak	1732	1626,31	313	1002
jabuka	11	2,73	497	811
crni grab	5	3,19	371	811
smreka	310	502,54	201	787
tisa	2	0,32	751	751
obični bor	12	15,55	178	602
kruška	60	28,36	246	600
kesten	24	18,67	235	538
bijeli jasen	189	181,91	194	535
trešnja	27	22,32	264	451
brekinja	18	11,05	286	427
šljiva	1	0,09	421	421
obična bukva	20	23,96	123	389
čempres	2	0,94	316	371
oskoruša	1	0,89	371	371
obična jela	20	23,65	113	350
javor mliječ	2	2,21	196	280
poljski brijest	7	4,24	148	232
obični grab	1	1,19	189	189
lipa	19	22,27	116	188
crveni hrast	1	1,99	152	152
panjevi	3	3,00	108	152
crna joha	8	6,60	90	111
crni orah	1	0,96	108	108
UKUPNO	3420	3518,86	325	9275

Na licitaciji drva u Slovenj Gradecu može sudjelovati svatko tko posjeduje stabla iznimne kvalitete (slika 1). Pripreme za licitaciju započinju u prethodnoj godini. Prvi je korak identifikacija stabala koja imaju visokokvalitetno drvo i koja su pogodna za sječu. Približno dva mjeseca pred licitaciju djelatnik savjetodavne službe ili nadležni revirnik pregledava odgovarajuća stabla. Savjetuje šumoposjednike kako pravilno oboriti stabla da bi se izbjegle štete nastale nestručnim obaranjem i samim time smanjenje vrijednosti sortimenta. Minimalna nadmjera sortimenta iznosi 10 cm. Stablo se siječe tek nakon pregleda i izdavanja svih popratnih dokumenata. Dostava se trupaca organizira mjesec dana prije li-

citacije, a prijevoz organizira i plaća sâm vlasnik. Troškovi sudjelovanja na licitaciji iznose (na primjeru 2018. godine): 14 €/m³ za ostvarenu cijenu do 400 €/m³ ili 5 % od postignute cijene za licitirane iznose iznad 400 €/m³, dok vlasnici neprodanih trupaca plaćaju 14 €/m³. Potencijalni kupci imaju 14 dana za pregled ponuđene drvne građe. Za trupce koje žele kupiti moraju podnijeti ponudu u zatvorenoj omotnici, nakon čega slijedi otvaranje omotnica i odabir najboljega ponuđača koji ima rok od mjesec dana za plaćanje trupaca koje su kupili i za njihovu otpremu. Prije odvoza svih trupaca na »Dan otvorenih vrata« javnost može vidjeti zapisnike i postigute cijene.



Slika 1. Prikaz vrijednih drvnih sortimenata pripremljenih za licitaciju

Fig. 1 Review of valuable wood assortments prepared for bidding



Međunarodno znanstveno savjetovanje »Šumsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi«, Nacionalni park Kozara, Bosna i Hercegovina, 12–14. rujna 2019.

U organizaciji Katedre za korištenje šumskih resursa Šumarskoga fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci održano je 6. međunarodno savjetovanje »Šumsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi« od 12. do 14. rujna 2019. godine u Nacionalnom parku Kozara, Republika Srpska (jedan od dvaju entiteta Bosne i Hercegovine). Tim je savjetovanjem završen prvi šestogodišnji ciklus okupljanja znanstvenika i stručnjaka (slika 1) koji se bave problematikom šumarskoga inženjerstva u jugoistočnoj Europi, koje je potaknuto prvim održavanjem u travnju 2014. godine na Nastavno-pokusnom šumskom objektu Zalesina u organizaciji Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Šesto po redu savjetovanje organizirano je u hotelu Monument, koji se nalazi u srcu Nacionalnoga parka Kozara na visoravni Mrakovica, gdje je podignut Memorijalni kompleks (spomenik, memorijalni zid i muzej) u znak sjećanja na poginule borce iz okolnih područja tijekom II. svjetskoga rata.

Savjetovanje je okupilo šezdesetak sudionika iz znanstvene i stručne zajednice jugoistočne Europe. Aktivni sudionici savjetovanja bili su djelatnici Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Šumarskoga fakulteta Univerziteta u Beogradu, Biotehničkoga fakulteta Univerziteta u Ljubljani, Šumarskoga fakulteta Univerziteta u Sarajevu, Šumarskoga fakulteta Univerziteta »Sveti Kiril i Metodij« u Skoplju te Šumarskoga fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci (slika 1).

Program međunarodnoga savjetovanja sadržavao je tri sesije u kojima je izloženo deset znanstvenih, stručnih i preglednih radova (slika 2) te kratko predstavljanje šest glavnih sponzora savjetovanja: HI »Destilacija« Teslić, JasminM d.o.o. Žepče, PK d.o.o. Palfinger Kran Rijeka, Šumooprema d.o.o. Banja Luka, Thor d.o.o. Doboj i Grube d.o.o. Banja Luka. Tematika je izloženih radova na savjetovanju obuhvaćala tehnike i tehnologije u pridobivanju



Slika 1. Grupna fotografija sudionika savjetovanja
Fig. 1 Group photo of Conference participants

drva, otvaranje šuma prometnom infrastrukturom, mehanizaciju i daljinski transport drva te primjenu mobilnih aplikacija u šumarskoj praksi. Sedam djelatnika Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na savjetovanju je izložilo tri rada:

- ⇒ T. Poršinsky, D. Vusić, A. Đuka: Izvoženje drva šestokotačnim ili osmokotačnim forvarderom iz nizinskih šuma – težnja za djelotvornošću i ekološkom pogodnošću
- ⇒ M. Šušnjar, M. Bačić, T. Horvat, K. Lepoglavec, H. Nevečerel, Z. Pandur: Analiza kamionskih skupova za prijevoz drva
- ⇒ K. Lepoglavec, H. Nevečerel, Z. Pandur, M. Bačić, M. Šušnjar: Je li moguća profesionalna primjena mobilnih aplikacija u šumarstvu?



Slika 2. Izlaganje radova tijekom savjetovanja (A i B)

Fig. 2 Presentation of papers at the Conference (A and B)

Drugoga dana savjetovanja u poslijepodnevним satima održana je stručna ekskurzija na aktivnom radilištu u šumi. U sklopu pokazne terenske ekskurzije demonstriran je rad dvaju tipova harvesterâ na sječi i izradi te jedan tip šestokotačnoga forvardera na izvo-

ženju sortimenata. Na oglednoj mehaniziranj sječi i izradi prikazan je rad »tipičnoga« šestokotačnoga harvesterâ Valmet 941 te bagerske kompozicije na gusjenicama tipa Volvo s harvesterâskom glavom Kesla.



Slika 3. Terenska ekskurzija u sklopu 6. međunarodnog savjetovanja (A i B)

Fig. 3 Field trip in the framework of the 6th international conference (A and B)

Treći dan održan je završni sastanak sudionika 6. međunarodnog savjetovanja »Šumsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi«. U sklopu predmetnog sastanka doneseni su sljedeći zaključci prvog ciklusa savjetovanja: (a) drugi ciklus savjetovanja nastavlja se istim tempom jednom godišnje, (b) novi, drugi, ciklus savjetovanja započinje 2020. godine u organizaciji i domaćinstvu Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, (c) optimalan termin održavanja savjetovanja je sredina rujna mjeseca unutar radnog tjedna od srijede do petka te (d) dosadašnji sadržaj programa savjetovanja potrebno je nadopuniti okruglim stolovima kroz koje bi se razmatrale aktualne teme šumskog inženjerstva, edukacije studenata šumarstva, stanje i položaj šumarskih fakulteta u okruženju i dr.

Matija Landekić, Kruno Lepoglavec



Međunarodno znanstveno savjetovanje FORMEC »Exceeding the Vision: Forest Mechanisation of the Future«, Sopron, Mađarska – Forchtenstein, Austrija, 6–9. listopada 2019.

U Sopronu je od 6. do 9. listopada 2019. godine održano 52. međunarodno znanstveno savjetovanje udruženja FORMEC pod naslovom »Exceeding the Vision: Forest Mechanisation of the Future«. Uz redoviti program savjetovanja također je, prvi put u Europi, održan sastanak COFE-a (Council on Forest Engineering), dok je posljednji dan savjetovanja bio rezerviran za posjet sajmu AUSTROFOMA u Forchtensteinu. Organizatori su bili Sveučilište u Sopronu, BOKU u Beču i Državno sveučilište u Oregonu.

Uz predstavljanje znanstvenih i operativnih spoznaja na području tehnika i tehnologija u šumarstvu, druženja i razmjene iskustava među znanstvenicima i stručnjacima, glavni je motiv ovoga savjetovanja bio naglasak na budućnost i sve što ona donosi. Na savjetovanju je bilo oko 150 znanstvenika, sedam je pozvanih predavanja bilo, zatim 101

usmeno priopćenje i 56 e-postera. Izlaganja su bila organizirana u dva dana u deset sesija po danu, dok je treći dan bio namijenjen za posjet sajmu šumskih strojeva AUSTROFOMA. Članovi Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu sudjelovali su s dva usmena priopćenja, tri e-postera i s jednim moderiranjem sesije. U nastavku su naslovi radova i imena njihovih autora.

A. Đuka, M. Sertić, T. Pentek, D. Vusić, T. Poršin-sky: *European Standard for Round and Sawed Timber (Method of Measurement of Dimensions) – Influence on Volume Losses*; usmeno izlaganje, izlagač doc. dr. sc. Dinko Vusić

M. Bačić, M. Landekić, M. Šušnjar, M. Šporčić, Z. Pandur: *Analysis of Movement of a Worker in Forest Cleaning*; usmeno izlaganje, izlagač Marin Bačić, mag. ing. silv.



Slika 1. Usmeno izlaganje na međunarodnom znanstvenom savjetovanju
Fig. 1 Oral presentation at international scientific conference

D. Vusić, D. Kajba, I. Andrić, I. Gavran, T. Tomić, I. Plišo Vusić, Ž. Zečić: *Biomass Yield and Fuel Properties of Different Poplar SRC Clones*; e-poster

M. Landekić, I. Martinić, M. Šporčić: *Dosing of Physical Load for Hiking Infrastructure Users in the Forests of the Krka National Park*; e-poster

M. Franjević, A. Kolar, A. Đuka, B. Hrašovec: *Oak Lace Bug in Eastern Slavonia (Croatia), Integrated Forest Protection in FSC Certified Forests and Precautions in Oak Timber Production*; e-poster

Doc. dr. sc. Dinko Vusić moderirao je sesiju 15 pod naslovom *Standards, Conversion, Measurement Speak the Same Language*.

Suradnjom Šumarskoga fakulteta u Zagrebu i Sveučilišta BOKU iz Beča (Austrija) istom je prigodom organizirana i terenska nastava za 20 studenata 1. i 2. godine diplomskoga studija Šumarstvo, smjer Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu te

za 25 studenata diplomskoga studija Šumarstvo sa Sveučilišta BOKU. Terenska je nastava trajala ukupno tri dana, od ponedjeljka (7. listopada) do srijede (9. listopada 2019). Prvi dan terenske nastave bio je predviđen za putovanje od Zagreba do Istraživačkoga centra Rosalia, koji je u vlasništvu Sveučilišta BOKU, gdje su studenti bili smješteni tri noći, te za upoznavanje naših i austrijskih studenata. Drugi dan terenske nastave proveden je u Mađarskoj u gradu Sopronu, u kojem su studenti prisustvovali izlaganju znanstvenih radova u trima sesijama u sklopu međunarodnoga znanstvenoga savjetovanja FORMEC 2019. Trećega dana terenske nastave studenti su u Austriji u mjestu Forchtenstein razgledali sajam šumarske mehanizacije AUSTROFOMA 2019. Taj se sajam održava svake četvrte godine u Austriji i zgodna je prilika da studenti vide najnovija tehnička dostignuća šumarskih strojeva uživo, a većinu tih strojeva i u radu, tj. u radnim uvjetima.



Slika 2. Zajednička fotografija hrvatskih i austrijskih studenata
Fig. 2 Group photo of Croatian and Austrian students



Slika 3. Sajam šumarske mehanizacije - Austrofoma 2019
Fig. 3 Forestry machinery fair - Austrofoma 2019

Marin Bačić, Zdravko Pandur

EcoTrac – skidder tvrtke Hittner, proizveden prije 18 godina u suradnji s Hrvatskim šumama i Šumarskim fakultetom iz Zagreba, može konkurirati i najvećim inozemnim proizvođačima skiddera!

Tvrtka Hittner nastupila je na jednom od najpoznatijih događaja u segmentu šumarstva u Francuskoj u mjestu Les Gets. Navedeni događaj ili bolje rečeno natjecanje okuplja veliki broj profesionalaca i strastvenih šumskih stručnjaka iz cijele Francuske i susjednih zemalja (oko 30 000 posjetitelja).

Tvrtka Hittner ove je godine u suradnji sa svojim poslovnim partnerom, zastupnikom za Francusku – Groupe Bernard Maurice u sklopu već tradicionalnog i poznatog natjecanja Les Cognees demonstrirala rad svojeg najopremljenijeg zglobnog traktora EcoTrac 140 V, kojeg je francuski partner nazvao LATIL. Natjecanju je pristupilo 18 profesionalnih vozača velikog broja svjetskih proizvođača skiddera: CAMOX, HSM, TCI, CATERPILLAR, HITTNER i NOE.

Ovo natjecanje, jedinstveno u svijetu, uključivalo je 18 šumskih traktora (skiddera) kojima su upravljali iskusni vozači. Cilj natjecanja bio je u najkraćem

mogućem vremenu proći obilježenom stazom (poligonom) s najmanjim brojem grešaka, a prilikom čega su traktori privlačili 5 kubika drveta. Također, prilikom prolaska poligonom traktorom i trupcima nije dozvoljeno dotaknuti ogradu, postavljene stupiće i prirodna stabla u šumi. Nadalje, mjerilo se vrijeme prolaska poligonom koji je bio pripremljen istovjetno teškim uvjetima u šumi. Za vrijeme prolaska poligonom zapaženo je kako Hittner skidder EcoTrac 140 V može konkurirati inozemnim proizvođačima, tj. snažnijim skidderima.

Zbog svoje manje težine, pokazalo se da je puno brži na velikim uzbrdicama na teškom terenu dok su robusniji i snažniji skidderi imali poteškoća (proklizavanje) i puno su sporije savladavali uspone, a neki su morali otpustiti pola tereta kako bi prošli predmetnu dionicu. Teren na kojem se odvijala demonstracija, tj. natjecanje, bio je blatnjav i raskopan. Velika količina kiše koja je pala prvi dan omogućila



je da se natjecanje odvija u najtežim mogućim uvjetima, što je također pogodovalo Hittner skidderu koji se pokazao konkurentnijim spram većih i snažnijih inozemnih skiddera pošto je puno brže prolazio poligonom, dok su inozemni snažniji skidderi privlačili nešto veću težinu trupaca.

Treba naglasiti da je veliki broj stručnjaka i posjetitelja bio izrazito zadovoljan performansama, mogućnostima i rezultatima što je rezultiralo i prodajom Hittner skiddera EcoTrac 140 V kupcu iz Francuske.

Francuski kupci zadovoljni kupnjom HITTNER skiddera EcoTrac 140 V, 120 V i 55 V

Jedan od kupaca, poduzeće Abies-bois u travnju 2018. kupilo je hrvatski model šumskog traktora – skiddera Hittner, uz posredovanje zastupnika tvrtke Hittner za Republiku Francusku – Grupa Maurice. U šumi u podnožju zaseoka Grandris općine Saint - Bonner-le-Courrear, u srcu gorja Forez, šumskim traktorom Hittner EcoTrac 140 V eksploatiraju se debla duglazije tijekom drugog razrjeđivanja šume. Taj lagani traktor teži oko osam tona, na 2,10 metara širi-

ne, a opremljen je dvobubanjnim vitlom snage 2x10 tona te vrlo uskim gumama Trayal Best 16,9-30.

Šumski traktor Hittner EcoTrac 140 V stabilan je pod težinom tereta

Šumski traktor Hittner EcoTrac 140 V posebno je prikladan za izvlačenje malih trupaca, naročito tijekom razrjeđivanja. U drugom razrjeđivanju duglazije prosječan obujam stabla je 0,750 m³ s korom za proizvodnju paleta: »Izvučena su stabla duljine 16 metara s gornjim dijelom debla od 4,20 metara«, objašnjava Oriol Jean-Michel. Minimalno upotrebljava priveznice jer lako ispadaju sa zrele duglazije koja se može oguliti. Iako je snaga vitla vrlo učinkovita, stručnjak radije ograničava težinu na 4–5 m³ radi dugoročne održivosti stroja. Traktor Hittner EcoTrac 140 ponaša se vrlo zadovoljavajuće tijekom privlačenja i stabilan je pod težinom tereta. Šumski traktor Hittner EcoTrac 140 V karakterizira vrlo dobar odnos težine i snage s motorom Cummins od 140 konjskih snaga. Vitlo, koje je također dizajnirala i proizvela tvrtka Hittner, dolazi s dvije 14-milimetarske sajle od 70 metara. Uz vitlo ide i mali daljinski



radio-upravljač koji ne treba puniti: »Uz jamstvo na dvije godine, ovaj model upravljača nazvan Ecocontroller može trajati četiri do pet godina«, zadovoljan je Jean-Michel Oriol. Na bočnoj strani upravljača nalazi se potencijometar kojim se aktivira namotavanje i odmotavanje sajle.

Potrošnja traktora Hittner EcoTrac 140 V smanjena na samo 30 litara/dan

Mala težina traktora Hittner EcoTrac 140 V omogućuje visok ekološki standard – očuvanje flore i faune te šumskih puteva i nisku potrošnju goriva. U kabini, šumskim dvostrukim vitlom upravlja se s joystickom. Kabina je dobro zaštićena obročima i bočnim mrežama, udobna je, opremljena je klima uređajem i kamerom za pregled područja iza traktora. »Vidljivost je dobra, posebno kod slaganja trupaca snažnom prednjom daskom koja je nešto šira od samog traktora«, smatra Jean-Michel Oriol te naglašava i dugoročnu pouzdanost: »Bez elektronike i s tek nešto malo hidraulike, traktor Hittner znatno smanjuje troškove održavanja, kao i troškove goriva, uz potrošnju smanjenu na samo 30 litara/dan«.

Na temelju provedenog testiranja zaključeno je da Hittner skidder posjeduje sve potrebne funkcionalnosti za privlačenje trupaca, a u isto vrijeme konkurira povoljnijom cijenom i jeftinijim održavanjem te je ekološki prihvatljiviji. Prema tome, početno ulaganje u Hittner skidder pokazalo se višestruko jeftinijim od ulaganja u ostale šumarske strojeve drugih proizvođača, pošto isti posjeduje i ekonomske i ekološke prednosti, a posebno pri radu u šumama u planinskim područjima.

* Članak je preuzet iz francuskog časopisa specijaliziranog za šumarstvo – Le Bois International.



HITTNER d.o.o. Bjelovar
Pakračka ulica 10
43000 Bjelovar
HRVATSKA
tel. +385 43 244 111
e-pošta: info@hittner.hr
web: www.hittner.hr



Specijalizirana rješenja za napredno upravljanje flotom

MOBILISIS uz korisnika na svakom kilometru!

Fleet management

- Precizno praćenje potrošnje goriva i alarmi
- Navigacija i komunikacija
- Tahograf - preuzimanje i analiza podataka
- Automatski putni račun u 3 koraka
- Automatsko plaćanje cestarine (Mađarska)
- Automatski podsjetnici i alarmi o istecima servisa, osiguranja, baždarenja i sl.
- Identifikacija i prijava vozača
- Napredni izvještaji
- Integracija poslovnih procesa



REVOLUCIJA ZVANA MS 500i

Tvrtka STIHL i opet postavlja nove standarde u razvoju ručnih motornih uređaja za šumarstvo. Novost se ovog puta zove elektroničko ubrizgavanje goriva - STIHL Injection.

Profesionalna motorna pila za šumarstvo MS 500i zasad je jedina motorna pila na svijetu s elektroničkim ubrizgavanjem goriva, što ju čini bržom, jačom i učinkovitijom od dosad razvijenih pila u klasi.

Takav snažni pogonski uređaj zahtijeva i mogućnost podešavanja uljne pumpe za veće protoke maziva, što je još samo jedna od mnogih naprednih značajki ove revolucionarne pile.

MS 500i



unikomercUVOZ

www.unikomerc-uvoz.hr

Potražite nas na facebooku!



STIHL®